Coloquio de Investigación Multidisciplinaria

VOLÚMEN 8 Núm.1 OCTUBRE 2020

Revista Periódica

latindex

OpenAIRE



JOURNAL CIM - REVISTA DIGITAL

ISSN: 2007 - 8102

DIFUSIÓN VÍA RED DE CÓMPUTO
https://www.cim-tecnm.com/articulos

EDUCACIÓN
SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA

TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO

COLOQUIO DE INVESTIGACIÓN MULTIDISCIPLINARIA
JOURNAL CIM
Science, Technology and Educational Research

VOLUMEN 8, NÚMERO 1, OCTUBRE 2020 **ISSN: 2007-8102**

COMITÉ EDITORIAL

Dr. Mario L. Arrioja Rodrìguez
Responsable General

Dr. Fernando Ortìz Flores
Responsable Tècnico

M.C Marìa Elena Garcìa Reyes
Responsable de Logìstica

Dr. Fernando Aguirre y Hernaández
Ingeniería Administrativa

Dra. Ma. Eloísa Gurruchaga Rodríguez
Ingeniería Industrial

Dr. José de Jesús Agustín Flores Cuautle
Ingeniería Electrónica y Eléctrica

Dr. Oscar Osvaldo Sandoval González
Ingeniería Mecánica y Mecatrónica

M.S.C. Luis Ángel Reyes Hernández
Ingeniería en Sistemas Computacionales

Dra. Leticia López Zamora
Ingeniería Química

Dra. Martha Elena Fernández Ramírez
Investigación Educativa

COORDINACIÓN EDITORIAL

M.C. Gabriela Cabrera Zepeda
Dr. Ignacio López Martínez

COLOQUIO DE INVESTIGACIÓN MULTIDISCIPLINARIA
JOURNAL CIM
Science, Technology and Educational Research

VOLUMEN 8, NÚMERO 1, OCTUBRE 2020 **ISSN: 2007-8102**

© D.R. Tecnológico Nacional de México /I.T. Orizaba
Av. Oriente 9 No. 852
C.P. 94320
Orizaba, Veracruz México
http://www.cim-tecnm.com/journal-cim-open-access
http://www.itorizaba.edu.mx

Coloquio de Investigación Multidisciplinaria, Vol. 8, Núm. 1, octubre 2020, es una publicación anual, publicada y editada por el Tecnológico Nacional de México dependiente de la Secretaría de Educación Pública, a través del Tecnológico Nacional de México /I.T. Orizaba, Avenida Universidad No. 1200, 5to. Piso, Colonia Xoco, Alcaldía Benito Juárez, C.P. 03330, Ciudad de México, Tel. 5536002500 Ext. 65064, d_vinculacion05@tecnm.mx, Editores Responsables M.C. Gabriela Cabrera Zepeda y Dr. Ignacio López Martínez. Reserva de derecho al Uso Exclusivo NO. 04 - 2013 - 093010380600 – 203, ISSN 2007-8102, ambos son otorgados por el Instituto Nacional del Derecho de Autor.

Responsables de la última actualización de este número M.C. Gabriela Cabrera Zepeda y Dr. Ignacio López Martínez, en la División de Estudios de Posgrado e Investigación del Tecnológico Nacional de México /I.T. Orizaba, Oriente 9, No. 852, Col. Emiliano Zapata, Orizaba Veracruz, México, C.P. 94320, Tel. 012727257056. Fecha de término de la última actualización, 19 de Octubre del 2020.

Su objetivo principal es difundir resultados de proyectos de investigación de personal adscrito a diversas instituciones nacionales y extranjeras.

Queda prohibida la reproducción parcial o total de los contenidos e imágenes de la publicación sin previa autorización del Instituto encargado, salvo que sea citada la fuente de origen.



Revista Indexada en LATINDEX

MENSAJE EDITORIAL

La Revista Coloquio de Investigación Multidisciplinaria, CIM 2020, tiene como finalidad difundir y divulgar hallazgos científicos y tecnológicos que documentan los conocimientos en áreas multidisciplinarias de investigadores procedentes de diversas instituciones tales como Universidades Públicas y Privadas, así como Centros Investigación Nacionales e Internacionales.

En esta Edición del CIM 2020 se presentan 310 artículos que corresponden a diferentes temáticas distribuidas en:

- Ingeniería Administrativa
- Ingeniería Industrial
- Ingeniería Electrónica
- Ingeniería en Sistemas Computacionales
- Investigación Educativa
- Ingeniería Mecatrónica
- Ingeniería Química

En el Coloquio de Investigación Multidisciplinaria, 2020, debido a la pandemia, los trabajos no fueron presentados de manera física o virtual, como ocurrió en el evento del año pasado. En este coloquio, como en coloquios anteriores, se recibieron trabajos tanto nacionales como de otros países lo cual contribuyó a refrendar uno de los objetivos de la revista: establecer lazos de colaboración entre investigadores difundiendo sus resultados de trabajos de investigación.

Para el desarrollo de la Revista Coloquio de Investigación Multidisciplinaria, CIM 2020, se ha mejorado el proceso de revisión y selección, haciéndose cada vez más estricto debido al incremento del número de revisores de reconocido prestigio en cada uno de los comités de arbitraje y a la utilización de software antiplagio para garantizar la originalidad de los artículos.

Una vez más refrendamos nuestro propósito de consolidar la calidad de lo publicado en la revista y ampliar su difusión. Cabe mencionar que esta edición, además de estar dentro del índice LATINDEX, también se encontrará en el índice Open Aire, días después de su publicación.

El CIM 2020 se enriquece con las valiosas participaciones de todos los autores, así mismo de los comentarios de los participantes a las Conferencias Magistrales, que se realizaron de forma complementaria. Las aportaciones nos permitirán continuar mejorando la calidad y pertinencia del CIM y de la revista en todas sus facetas.

ATENTAMENTE
COMITÉ ORGANIZADOR

COMITÉ DE ARBITRAJE

INGENIERÍA ADMINISTRATIVA

Dr. Jesús Martín Cadena Badillo	Universidad de Sonora
M.C. Guillermina Pérez González	Tecnológico de Estudios Superiores de Chimalhuacán
Dr. Roberto González Acolt	Universidad Autónoma de Aguascalientes
Dr. Felipe de Jesús Salvador Leal Medina	Universidad Autónoma de Aguascalientes
Dr. Luis Emiro Belloso Araujo	Universidad Nacional Experimental Rafael María Baralt (UNERMB) / Universidad Privada Dr. Rafael Belloso Chacin (URBE)
Dr. Joel Everardo Valtierra Olivares	Universidad de Guanajuato.
Dr. Carlos Medina Tello	Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico de Zitácuaro
Dr. Noel Enrique Rodríguez Maya	Instituto Tecnológico de Zitácuaro
Dra. Alicia Águeda Conde Islas	Consultora en Servicios profesionales y Empresariales
Dr. Guillermo Mejía Méndez	El Instituto Tecnológico de Zacapoaxtla
Dra. Corina Guillermina Ocegueda Mercado	Instituto Tecnológico de Matamoros
Dr. Guillermo Cortes Robles	Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico de Orizaba
Dra. Edna Romero Flores Profesor	Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico de Orizaba
Dr. Eduardo Roldan Reyes Profesor	Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico de Orizaba
Dr. Fernando Aguirre y Hernández	Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico de Orizaba
M.C. Marcos. Salazar Medina Profesor	Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico de Orizaba
M.C. Nuria Ortega Peterson	Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico de Orizaba
M.B.A. Maricela Gallardo Córdova	Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico de Orizaba
M. C. Gabriela Cabrera Zepeda	Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico de Orizaba

COMITÉ DE ARBITRAJE

INGENIERÍA ELECTRÓNICA

Dra. Argelia Rivera Vargas	Escuela Nacional De Ciencias Biológicas
Dra. Jessica Cantillo-Negrete	Instituto Nacional De Rehabilitación
Dra. Citlalli Trujillo Romero	Instituto Nacional De Rehabilitación
Dra. Rocío Ortega Palacios	Universidad Politécnica De Pachuca
Dra. Nayda Patricia Arias Duque	Universidad de Boyacá
M.C. Humiko Yahaira Hernández Acosta	Universidad Politécnica del Valle de México
Ing. Lina Susana Trujeque	Instituto Tecnológico De Orizaba
Ing. Ingrid Lizette Sánchez Carmona	Instituto Tecnológico De Orizaba
Dr. Carlos Omar González	Universidad Autónoma Del Estado De México
Dr. Mario Espinosa	Universidad Politécnica De Puebla
Dr. Mario Ibrahim Gutiérrez	Instituto Nacional de Rehabilitación
M.C. César Hernández Brito	Universidad Popular Autónoma Del Estado De Puebla
M.C. Alejandro Miranda Cid	Universidad Politécnica del Valle de México
M.I. Carlos Aguilar Lazcano	Universidad Veracruzana
Ing. Marco Antonio Arrollo Ramírez	Instituto Tecnológico De Orizaba
Luis Humberto Sánchez Medel	Instituto Tecnológico Superior de Huatusco
José Ignacio Vega Luna	Universidad Autónoma Metropolitana-Azcapotzalco
Armando Hernández Machuca	Instituto Tecnológico Superior De Pánuco

COMITÉ DE ARBITRAJE
INGENIERÍA INDUSTRIAL

Dr. Fernando Salazar Arrieta	Pontificia Universidad Javeriana, Colombia
Dr. Luis Alberto Barroso Moreno	Universidad de las Américas Puebla
Dr. Ramón Arturo Vega Robles	Universidad de Sonora, Campus Caborca
Dr. Rafael Hernández León	Universidad de Sonora, Campus Caborca.
Dr. Jesús Martín Cadena Badilla	Universidad de Sonora, Unidad Norte
Dra. Karla Díaz Castellanos	Universidad Veracruzana, Facultad de Ciencias Químicas
	Universidad Veracruzana, Facultad de Ciencias Químicas
Dra. Elizabeth Eugenia Díaz Castellanos	Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores De Monterrey, CCV, Tecnológico Nacional de México/ Instituto Tecnológico de Orizaba
Dr. Carlos Díaz Ramos	Universidad Veracruzana/ Facultad de Ciencias Químicas
	Tecnológico Nacional de México/ Instituto Tecnológico de Orizaba
Dr. Joel Everardo Valtierra Olivares	Universidad de Guanajuato
Dr. Rubén Posada Gómez	Centro Regional de Optimización de Desarrollo y Equipo, Tecnológico Nacional de México/Orizaba
Dr. Carlos Eleazar Pérez Pucheta	Centro Regional de Optimización de Desarrollo y Equipo, Tecnológico Nacional de México/Orizaba
Dr. José de Jesús Agustín Flores Cuautle	Cátedra Conacyt
Dr. Fernando Marcos Pérez Pucheta	Universidad de Durham
M.I.I. Fernando Ortiz López	Grupo Crown
Dr. Hugo Carrillo Rodríguez	Tecnológico Nacional de México /Instituto Tecnológico de Celaya
M.I.I. Héctor Jesús Juan Santiago	Tecnológico Nacional de México/ Instituto Tecnológico Superior de Poza Rica.

M.I.I. César Argüelles López	Tecnológico Nacional de México/ Instituto Tecnológico Superior de Martínez de la Torre
M.I.I. Rosa Isela Castro Salas	Universidad Veracruzana, Facultad de Ciencias Químicas
M.I.I Luis Alberto Hernández Sánchez	Tecnológico Nacional de México/ Instituto Tecnológico Superior de Cd. Serdán
M.I.I. Antonio Calderón Jiménez	Tecnológico Nacional de México/ Instituto Tecnológico Superior de Cd. Serdán
M.I.I. María Antonieta Rosas Trinidad	Tecnológico Nacional de México/ Instituto Tecnológico Superior de Cd. Serdán
M.I.I Sinuhé Ginés Palestino	Tecnológico Nacional de México/ Instituto Tecnológico Superior de Cd. Serdán
M.I.I. Graciela Elizabeth Nani González	Tecnológico Nacional de México/ Instituto Tecnológico de Misantla
M.C. Luis Enrique García Santamaría	Tecnológico Nacional de México/ Instituto Tecnológico de Misantla
M.I.I. Julia Krystel López Orduña	Tecnológico Nacional de México/ Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez
M.I.I. Bruno Adolfo Villalobos Martínez	Tecnológico Nacional de México/ Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez
M.I.I. Missael Alberto Román Del Valle	Centro De Tecnología Avanzada. CIATEQ, A.C. Unidad Tabasco
M.I.I. José Carlos Hernández González	Centro De Tecnología Avanzada. CIATEQ, A.C. Unidad Tabasco
M.C. Jorge Luis Hernández Mortera	Tecnológico Nacional de México/ Instituto Tecnológico de Orizaba
M.C. Constantino Gerardo Moras Sánchez	Tecnológico Nacional de México/ Instituto Tecnológico de Orizaba
Dr. Fernando Ortiz Flores	Tecnológico Nacional de México/ Instituto Tecnológico de Orizaba
Dr. Mario Leoncio Arrioja Rodríguez	Tecnológico Nacional de México/ Instituto Tecnológico de Orizaba
Dr. Cuauhtémoc Sánchez Ramírez	Tecnológico Nacional de México/ Instituto Tecnológico de Orizaba
M.C. Magno Ángel González Huerta	Tecnológico Nacional de México/ Instituto Tecnológico de Orizaba
Dr. Alberto Alfonso Aguilar Lasserre	Tecnológico Nacional de México/ Instituto Tecnológico de Orizaba

Dr. Luis Carlos Flores Ávila	Tecnológico Nacional de México/ Instituto Tecnológico de Orizaba
M.C. Guadalupe García Monterrosas	Tecnológico Nacional de México/ Instituto Tecnológico de Orizaba
Dr. Hilarión Muñoz Contreras	Tecnológico Nacional de México/ Instituto Tecnológico de Orizaba
Dr. Mauricio Romero Montoya	Tecnológico Nacional de México/ Instituto Tecnológico de Orizaba
Dr. Guillermo Cortés Robles	Tecnológico Nacional de México/ Instituto Tecnológico de Orizaba
M.A.E. Jorge Alberto Galán Montero	Tecnológico Nacional de México/ Instituto Tecnológico de Orizaba
Dra. Ma. Eloísa Gurruchaga Rodríguez	Tecnológico Nacional de México/ Instituto Tecnológico de Orizaba

COMITÉ DE ARBITRAJE

INGENIERÍA MECATRÓNICA

Dr. Paolo Tripicchio	Scuola Superiore Sant'Anna Pisa
Dr. Otniel Portillo Rodríguez	Universidad Autónoma del Estado de México
Dr. Jose Pastor Rodriguez Jarquín	Instituto Tecnológico de Orizaba
M.I.E. Daniel Ramón Rangel Peñuelas	Instituto Tecnológico de Querétaro
Dr. Carlos Alberto Aguilar Lazcano	Universidad Veracruzana
M.I.E. Gabriel Navarrete	Universidad Tecnológica del Centro de Veracruz
Dr. Jose Luis Oviedo Barriga	Universidad Veracruzana
Dr. Ignacio Herrera Aguilar	Instituto Tecnológico de Orizaba
Dr. Juan Manuel Jacinto Villegas	Universidad Autónoma del Estado de México
Dr. Gerardo Aguila Rodríguez	Instituto Tecnológico de Orizaba
M.I.E. Emmanuel Acosta Montalvo	Centro de Ingeniería y Desarrollo Industrial
M.I.E. Patrice Humblot Niño	John Deere

COMITÉ DE ARBITRAJE

SISTEMAS COMPUTACIONALES

Dr. Manuel Mejía Lavalle	Centro Nacional de Investigación y Desarrollo Tecnológico CENIDET
Dr. Raymundo Buenrostro Mariscal	Universidad de Colima
Dr. René López Flores	Universidad Autónoma de Yucatán
Dr. Asdrúbal López Chau	Universidad Autónoma del Estado de México
Dr. Noel Enrique Rodríguez Maya	Instituto Tecnológico de Zitácuaro
Dr. Juan Carlos Rojas Pérez	Centro Nacional de Investigación y Desarrollo Tecnológico CENIDET
Dra. María Karen Cortés Verdín	Universidad Veracruzana
M.S.C. Norma Leticia Hernández Chaparro	Instituto Tecnológico Superior de Zongolica
Dr. Humberto Marín Vega	Instituto Tecnológico Superior de Zongolica
Dr. Iván Gallardo Bernal	Universidad Autónoma de Guerrero
Dr. Fevrier Adolfo Valdez Acosta	Instituto Tecnológico de Tijuana
Dr. Benjamin Moreno Montiel	Universidad Autónoma Metropolitana (UAM)
Dr. Giner Alor Hernández	Instituto Tecnológico de Orizaba
Dr. Ulises Juárez Martínez	Instituto Tecnológico de Orizaba
M.C. María Antonieta Abud Figueroa	Instituto Tecnológico de Orizaba
M.C. S. Gustavo Peláez Camarena	Instituto Tecnológico de Orizaba
Dr. Hilarión Muñóz Contreras	Instituto Tecnológico de Orizaba
M.C.E. Beatriz Alejandra Olivares Zepahua	Instituto Tecnológico de Orizaba
M.R.T. Ignacio López Martínez	Instituto Tecnológico de Orizaba
M.C. Celia Romero Torres	Instituto Tecnológico de Orizaba
Dra. Lisbeth Rodríguez Mazahua	Instituto Tecnológico de Orizaba
Dr. José Luis Sánchez Cervantes	Instituto Tecnológico de Orizaba
M.S.C. Luis Angel Reyes Hernández	Instituto Tecnológico de Orizaba
Dra. Viviana Yarel Rosales Morales	Instituto Tecnológico de Orizaba
M.C. Isaac Machorro Cano	Instituto Tecnológico de Orizaba

COMITÉ DE ARBITRAJE

INGENIERÍA QUIMICA

Dra. Ana Laura Martínez Hernández	Tecnológico Nacional de México. Instituto Tecnológico de Querétaro
Dra. Beatriz Gutiérrez Rivera	Tecnológico Nacional de México. Instituto Tecnológico Superior de Tierra Blanca
Dr. Carlos Manuel Astorga Zaragoza	CENIDET
Dr. Carlos Velazco Santo	Tecnológico Nacional de México. Instituto Tecnológico de Querétaro
Dr. Eduardo Pérez Ramírez	Tecnológico Nacional de México. Instituto Tecnológico de Querétaro
Dr. Emmanuel Flores Huicochea	CEPROBI-IPN
Dr. Erasmo Herman Y Lara	Tecnológico Nacional de México. Instituto Tecnológico de Tuxtepec
Dr. Francisco Hernández Rosas	Colegio de Posgraduados. Unidad Córdoba
Dr. Javier Gómez Rodríguez.	Tecnológico Nacional de México. Instituto Tecnológico de Veracruz
Dr. José Amir González Calderón	Universidad Autónoma de San Luis Potosí
Dr. Juan Enrique Ruiz Espinoza	Universidad Autónoma de Yucatán
Dr. Kelvyn Baruc Sánchez Sánchez	Tecnológico Nacional de México. Instituto Tecnológico de Celaya
Dr. Leo Alvarado Perea	Universidad Autónoma de Zacatecas
Dra. Miriam Noemí Moreno Montiel	E S I Q I E - I P N
Dra. Sandra Trinidad del Moral	Tecnológico Nacional de México. Instituto Tecnológico de Veracruz
Dr. Alejandro Alvarado Lassman	Tecnológico Nacional de México. Instituto Tecnológico de Orizaba
Dr. Eusebio Bolaños Reynoso	Tecnológico Nacional de México. Instituto Tecnológico de Orizaba
Dr. Denis Cantú Lozano	Tecnológico Nacional de México. Instituto Tecnológico de Orizaba
Dra. Rosalía Cerecero Enriquez	Tecnológico Nacional de México. Instituto Tecnológico de Orizaba
MC María Elena García Reyes	Tecnológico Nacional de México. Instituto Tecnológico de Orizaba

Dra. Ofelia Landeta Escamilla	Tecnológico Nacional de México. Instituto Tecnológico de Orizaba
Dra. Leticia López Zamora	Tecnológico Nacional de México. Instituto Tecnológico de Orizaba
Dra. Guadalupe Luna Solano	Tecnológico Nacional de México. Instituto Tecnológico de Orizaba
Dr. Juan Manuel Méndez Contreras	Tecnológico Nacional de México. Instituto Tecnológico de Orizaba
MIA Adrián Reyes Benítez	Tecnológico Nacional de México. Instituto Tecnológico de Orizaba
Dr. Erik Samuel Rosas Mendoza	Tecnológico Nacional de México. Instituto Tecnológico de Orizaba
Dr. Galo Rafael Urrea García	Tecnológico Nacional de México. Instituto Tecnológico de Orizaba
MIQ Norma Alejandra Vallejo Cantú	Tecnológico Nacional de México. Instituto Tecnológico de Orizaba

COMITÉ DE ARBITRAJE

INVESTIGACIÓN EDUCATIVA

Grado Nombre del Revisor	Institución
Dr. José Luís Méndez Navarro	TecNM, Campus Tuxtla
Dra. Gabriela Alejandra Ríos Zúñiga	TecNM, Campus Tuxtla
M.I. José Luís Méndez Lambarén	TecNM, Campus Tapachula
M.T.E. Antonio Yáñez Figueroa	UGM, Campus Cd. Mendoza *Doctorante, USAL, España*
Dr. Osbaldo Hernández Guevara	Universidad Veracruzana
Dr. Rodrigo Urcid Puga	Tecnológico de Monterrey, campus Puebla.
Dra. Luisa Isabel Vélez Soltero	Independiente
Dra. Leticia Ontiveros Moreno	Universidad Juárez del estado de Durango
Jossue Lara Menéndez	Doctorante de la Universidad Veracruzana
Dr. Arnulfo Lara Menéndez	Universidad Veracruzana
Dr. José Andrés Castillo Hernández	Universidad Americana de Europa
Dra. Bertha Leticia Gonzales Becerra	Universidad de Guadalajara
Dr. Manuel Pio Rosales Almendra	Universidad de Guadalajara
Dra. Berenice Castillejos López	Universidad del Mar, Oaxaca
Dra. Karlena María Cárdenas Espinosa	Universidad Nacional Autónoma de México
Dra. Corina Guillermina Ocegueda Mercado	TecNM, Campus Matamoros
Dr. Carlos Arturo Torres Gastelu	Universidad Veracruzana
Dra. Nohemí Fernández Mojica	Universidad Veracruzana
Dr. Javier Contreras Ruiz	TecNM-Campus Orizaba
M.C. Concepción Nava Arteaga	TecNM-Campus Orizaba
M.C. Patricia Quitl González	TecNM-Campus Orizaba
M.C. Ignacio López Martínez	TecNM-Campus Orizaba
Dra. Rita Hernández Flores	TecNM-Campus Orizaba
M.C. Luis Ángel Reyes Hernández	TecNM-Campus Orizaba
M.C. Elvira López Venegas	TecNM-Campus Orizaba
Dr. Gustavo Alvarado Kinnell	TecNM-Campus Orizaba
Dra. Martha Elena Fernández Ramírez	TecNM-Campus Orizaba

ÍNDICE GENERAL

Ingeniería Administrativa	**1**
Ingeniería Eléctrica y Electrónica	**657**
Ingeniería Industrial	**793**
Ingeniería Mecánica y Mecatrónica	**1141**
Ingeniería Química	**1313**
Ingeniería en Sistemas Computacionales	**1873**
Investigación Educativa	**2085**

 ISSN 2007-8102

INGENIERÍA ADMINISTRATIVA

IA01 **Medición de la cultura de innovación en una institución educativa de orden privado** **8**
Noé Chávez Hernández

IA02 **La influencia del método del Estado de Máxima Trascendencia** **17**
Fernando Ariza de la Fuente, *José Pablo Nuño De La Parra*, *Héctor Meneses Galvan*, *Ma. Guadalupe López Molina.*

IA03 **Perspectiva sobre las políticas públicas de desarrollo y competitividad empresarial** **26**
P. Tamayo Contreras.

IA04 **Innovación al Modelo de Negocios Canvas para una empresa turística ante la emergencia del COVID-19** **35**
E. Mendoza Ramírez, J. Garnica González, E. Cruz Coria, N. Escamilla Toboada.

IA05 **Gestión empresarial sobre los precios de transferencia en la industria automotriz y de autopartes** **43**
P. Tamayo Contreras, A. Jiménez Rico.

IA06 **El impacto económico que deja el COVID-19 en las MIPyMES pertenecientes al municipio de Zacapoaxtla.** **51**
D. Gómez Bonilla, G. Mejía Méndez, L.E. Hernández Galindo.

IA07 **La cultura organizacional de empresas familiares en Aguascalientes. Estudio de casos** **59**
M. Mendoza Esparza, L. Romo Rojas, M. Rocha López, R. Hernández Torres y P. Salcedo L.

IA08 **Estudiantes de Administración y su percepción sobre la responsabilidad social empresarial** **67**
B. Antonio Pacheco , M. G. Aguirre Alemán , M. A. Clara Zafra , Ma. T. de la L. Sainz Barajas , J.J. Chiñas Valencia.

IA09 **Validación de un instrumento de medición para evaluar el efecto de la Inteligencia Competitiva en empresas de la Región Lagunera de Coahuila** **75**
Eduardo Rafael Poblano-Ojinaga, Francisco Agustín Poblano Ojinaga, Elva Rosaura Pineda Armendáriz, Héctor Aurelio Moreno Casillas y Máximo Vitela González.

IA10 **Análisis de rotación del personal mediante la evaluación del clima laboral en una empresa logística.** **84**
R. Chávez Rodriguez, Ma. G. Trujillo Espinoza, Ma. R. Acevedo Serrano, C.R. Hernández Reyes.

IA11 **CARAMELO** **92**

Rebozos Rodríguez de Santa María del Río, S.L.P., gestionando con innovación y tecnología móvil
G. Rendón Sustaita , P. Rivera Acosta , E. Martínez Sánchez , R. Martínez Torres , J. Rodríguez Loredo.

IA12 **Características de las empresas rurales productoras de café** **100**
G. Mejía Méndez , D. Gómez Bonilla, L.E. Hernández Galindo, L. Munguía Inés.

IA13 **Uso de la mercadotecnia en las PyME comerciales de la zona centro de Orizaba, Veracruz**. **106**
B. Andrade Carbaja , G. Ruiz Contrera , M. E. Quezada Fadanelli, C. H. Dimas García.

IA14 **Propuesta de Plan de Desarrollo Empresarial para Restaurante en Huatusco de Chicuellar, Veracruz.** **113**
D. I. Jiménez Castro, G. Ruiz Contreras, M. E. Quezada Fadanell, C. H. Dimas García.

IA15 **Estrategia administrativa para la toma de decisiones en MIPYMES Texcoco Estado de México** **121**
E.A. Domínguez Pére, G. Pérez González.

IA16 **Modelo algebraico como estrategia administrativa para optimizar insumos en MiPyMES** **129**
E. A. Domínguez Pérez, G. Pérez González.

IA17 **Diagnóstico de necesidades de capacitación en MiPyMEs del municipio de Zongolica, Veracruz.** **137**
U.A. Morales-Carrera, J.A. Bonilla-Gutiérrez, L.A. Cosme-Reyes, S. López-Loyo, R. Limón-Rivera.

IA18 **Análisis de riesgo de los factores psicosociales en un Ingenio azucarero basado en la NOM-035-STPS-2018** **144**
L.M. Hernández Mendoza, M. S. Flores Serrano, M. R. Acevedo Serrano, B. Cruz Utrera.

IA19 **Gestión del conocimiento y la transición a la industria 4.0 en Latinoamérica: Caso Yucatán, México** **151**
A. M. Canto Esquivel N. O. Peña Avila, L. P. Murillo Tova , R. M. Canul Alcocer F. Cima Cohuo.

IA20 **Contenidos televisivos y educación informal: dos programas de Radiotelevisión de Veracruz** **159**
G. H. Mar Vázquez, Ma. T. Arroyo Gopar, E. G. Barrios Pérez, M. A. Barragán Villarreal y J. L. Cerdán Díaz.

IA21 **Diagnóstico para el análisis de la cadena de suministro de una empresa de Ticul, Yucatán.** **167**
T. Navarrete Castillo y F.Y. Parra Argüello.

IA22 **Administración armónica; herramienta administrativa para fomentar el compromiso organizacional en empresas automotrices Edo. de Querétaro** **174**
S. Mata Zamores, G. Maldonado Guzmán, R. García Ramirez, G. Cruz Salas, D. Devesa Hidalgo .

IA23 **Benchmarking Interno aplicado al resort Villa del Palmar "Los Cabos" para mejorar el Pre-Check in** **181**

J. I. Mayo Zúñiga , A. J. Hernández Peralta.

IA24 **Competencias blandas en los dirigentes pertenecientes a distintas generaciones de una industria con tendencia 4.0** **190**
M. García León, A. Casique Guerrero, A. Alejos Gallardo, Y D. Hernández Soto.

IA25 **Plan de Negocios para la Producción, Cría y Comercialización de Cerdo a Rastros TIF** **197**
Ing. J.A. Vega Cervantes, Dr. D. Hernández Soto, Dra. A.A. Alejos Gallardo Y MGA. A. Casique Guerrero.

IA26 **Ingeniería aplicada a inteligencia emocional. Caso operadores de transporte público.** **205**
E. Rodríguez Barranco, M. Pérez Castañeda, E. Berra Villaseñor.

IA27 **Comportamiento de la producción de limón persa en la región centro del Estado de Veracruz** **213**
S. I. Castillo-Martínez, A. P. Solano Varela, Y. Xochicale Pacheco, *R. Limón-Rivera*, *J. Díaz- José.*

IA28 **Análisis del impacto financiero-administrativo al implementar un sistema de gestión de calidad en PYMES celayenses** **221**
C.P. A. Rodríguez Balcázar, Dra. S. Cano Ibarra,

IA29 **Análisis del potencial exportador de Pymes que fabrican cerámica artesanal en Temascalcingo, México** **230**
Alberto Garduño Martíne , Yenit Martínez Garduñ , Carlos Alberto Baltazar Vilchis, Antonio Sámano Ángeles y Mónica Romero Gante.

IA30 **Análisis de la viabilidad financiera y económica del limón persa en la región centro del estado de Veracruz** **238**
M. C. Arenas López, M. del C. Quintana Torres, S. I. Castillo-Martínez, *J. A. Bonilla-Gutiérrez*, *J. Díaz-José.*

IA31 **Gobierno corporativo y valor de mercado de empresas cotizadas en la BMV** **244**
L.C. Ortuño Barba1, A. Heredia González, L. E. Olguín Gil2, *N. Arellano Carrasco.*

IA32 **Análisis de factibilidad económica de una Apps para determinar control de producción en tiempo real** **252**
A.D. Hernández Vargas, G. Robles Calderón, J.A. Reyes Martínez, G.E. Romero Peralta.

IA33 **Construcción de una escala para conocer la relación del *mobbing* en la competitividad laboral docente** **260**
P. Tamayo Contrera, M.Marcela Orozco, M. Isela Padilla Contreras, Y. De Jesús Méndez Camarillo.

IA34 **Estado actual del concepto de democratización energética** **268**
M. Islas

IA35 **Un análisis a las repercusiones en el sector turístico provocados por el embate del COVID-19** **276**
E. M. Pulido Balandra y L.E. Balandra Aguilar.

IA36 **Establecimiento de indicadores dentro de un sistema de gestión ambiental en una empresa de agroquímicos** **283**
G. B. Carmona Casazza, M. T. de la Garza Carranza,E. Guzmán Soria, J. P. González Farías.

IA37 **Estudio preliminar del consumo energético en la Universidad Tecnológica de Nogales Sonora empleando analizador fluke435** **290**
M. B. Rodríguez Arenas, N. A. Torres Alvarez, O. Velarde Anaya, J. L. Coronado Palomares.

IA38 **Generación de un Plan de Acción para reducir la rotación de personal** **298**
L. Fuentes Rosas, L. Rojas Mora1, L. Vázquez Tzitzihua.

IA39 **Tecnologías de calidad para la gestión y control de pedidos mediante el análisis de riesgos** **306**
Luis Fernando Dávila Pérez y Leticia Dávila-Nicanor.

IA40 **Cultura organizacional como un factor en la productividad laboral de los trabajadores de la Universidad Politécnica de Atlautla.** **314**
A.AlonsoReyes, J.L.MarínVillanueva.

IA41 **Diagnóstico Estratégico para la Optimización de Procesos de un Laboratorio Clínico.** **322**
A. Guevara Franco, C. Domínguez Hernández.

IA42 **Inclusión FinTech en las universidades: Una propuesta para el desarrollo de credenciales digitales** **334**
M. P. Vargas Maldonado , F. J. Pozos Texon , G. A. Maldonado Berea.

IA43 **Estudio de la carga térmica y su impacto en el uso eficiente de la energía** **340**
M. de J. Oregan Silva, O.Trinidad Guzmán, J.C. Vásquez Jiménez, S. Reyes García, M.Macías Garza.

IA44 **Índice de competitividad para medir la eficiencia microeconómica de las MiPyMES manufactureras de Tehuacán.** **348**
A. Heredia González, L. C. Ortuño Barba, R. E. Ortiz Saucedo, F. Merlo Magaña, D. Altamirano Cruz.

IA45 ***Salud emocional. Una mirada desde sus tipos en instituciones de Previsión social*** **355**
Elizabeth Garcia, Edison Perozo, Judeira Batista, Mario Restrepo.

IA46 **La aplicación de la tecnología y el conocimiento metodológico en la estructura de cursos virtuales** **363**
L.A. Viñas Meza, A.D. Hernández Varga, P. Ochoa Trujillo.

IA47 **Análisis de factores de riesgo psicosocial, en una empresa del sector industrial** **371**
R. L. P. E. Franco González , E. Contreras González , A. Zavala Martínez , M. E. Rabadán Serrano , L. Hernández García.

IA48 **Impacto productivo de una empresa disminuyendo el producto no conforme** **382**
E. Covarrubias Ramírez , E. Cerda Rocriguez , B. Guerrero Vázquez , M. Gallegos López A.V. Velez.Martinez.

IA49 **La utilización del marketing 2.0 para el fomento de las ventas en las empresas restauranteras del centro de Tecomán** **390**
A. Salvador Cárdenas Villalpando, F. Preciado Álvarez , O. Mares Bañuelos1, E. Macías Calleros1, A. Arcega Ponce.

IA50 ***Salud emocional. Una mirada desde sus tipos en instituciones de previsión social*** **398**
E. García Rincón, E. Perozo Martínez y J. Batista Ojeda.

IA51 **Gestión de la Información 4.0 a través de Machine Learning en Empresas del Sector Automotriz** **406**
M. Sánchez Galván, J. P. González Farías, M. T. de la Garza Carranza y E. Guzmán Soria.

IA52 **Gestión Estratégica: experiencia para un alto desempeño en una Institución de Educación Superior** **413**
L. Venegas Michel, O. F. Guzmán, N.E. Rodríguez Maya, B. Ortuño Vaca.

IA53 **Propuesta de Modelo para un Sistema de Acuaponía en la región de Pátzcuaro Michoacán.** **422**
M. Tapia Salazar, M. Villanueva Pimentel, L. Adame Rodríguez, A. Soto Castro

IA54 **Los proyectos Integradores, primer escalón en el campo laboral del Ingeniero Informático** **430**
P. Ochoa Trujillo, L.A. Viñas Meza, E. Vázquez Benito

IA55 **Uso de redes sociales en aspirantes a una institución de educación superior: Caso TecNM/IT Colima** **438**
M.A. Rivas Lozano, F.A. Velázquez Mejía, M.C. Pedraza Marín, Y.K. Córdova Hernández, A. Ávalos Venegas

IA56 **Evaluación de competencias laborales de técnicos de mantenimiento de una empresa automotriz en Guaymas, Sonora** **447**
D. Maytorena García, M. D. Astorga Ahumada, M. L. López-Roa, R. Reyes Valenzuela, E. E. Lanz Sánchez

IA57 **Metodología de medición para intervención comunitaria como estrategia de crecimiento empresarial del sector turístico de Pátzcuaro, Michoacán** **454**
M. Villanueva Pimentel , L. Adame Rodríguez M. Tapia Salazar.

IA58 **Simulación financiera de estrategias de marketing con impacto en la rentabilidad en una MIPYME** **463**
A. Manrique Santos, E. A. Romero Flores, N. Ortega Petterson, E. Roldan Reyes, M. Panzi Utrera

IA59 **Productividad humana: Factor de efectividad para la competitividad en las pymes del sector quesero** **471**
N.TassSalinas, E.Macías Calleros, B. Rivas Fernández

IA60 **Análisis del comportamiento de los resultados de torque de equipos Switchboard de baja** **478**

tensión en una empresa manufacturera
H. Dorantes Benavidez , M. A. Acosta Mendizabal, F. de J. Dorantes Benavidez, V. I. Jiménez Jarqui, B. S. López Razo

IA61 **Proceso de Ejecución del Presupuesto: caso sector salud Departamento de la Guajira-Colombia** **486**
Sulmira Payares Medina, Casta Peñalver Venegas, Boris Romero

IA62 **Diseño de una cartera de servicios para un dispositivo de supervisión cardiaco** **493**
C. E. Argüelles Téllez, G. Cortés Robles, E. Roldán Reyes, M. Hernández Bonilla, H. D. García Manilla

IA63 **Modelo de gestón de la innovación para empresas ecoturisticas** **501**
J.Rodríguez Lázaro, M.R. Barradas Martínez

IA64 **Modelos de movilidad académica en el CUMex Centro Occidente enfoques en la praxis** **509**
O. Mares Bañuelos, A. Arcega Ponce, E. Macías Calleros, A. Cárdenas Villalpando, J. Larios Montelongo

IA65 **Implementación de la metodología PDCA enfocado en el indicador clave de desempeño eficiencia de decorado.** **517**
G. Sánchez Martínez, M. S. Flores Serrano, M. R. Acevedo Serrano

IA66 **Las TIC y el estrés tecnológico en estudiantes universitarios UV, UNACAR y TEC Mérida** **524**
L. Peraza Perez, M. López Noriega, M. Aguirre Alemán, P. Ortiz Sánchez, L. Zalthen Hernandez

IA67 **Análisis comparativo CACECA–CIEES, para la acreditación de un programa educativo en el ITSTB** **532**
C. R. Reyes Hernández, Ma. G. Trujillo Espinoza, Ma. R. Acevedo Serrano, R. Chávez Rodriguez, J.Estevez Lavín

IA68 **Implementación de un sistema de gestión en empresa de control de plagas mediante software especializado** **539**
L. Sandoval Arellano, N. Ortega Petterson, E. A. Romero Flores, F. Aguirre y Hernández M. Panzi Utrera.

IA69 **Plan de acción para mejorar el clima organizacional dentro del Sector Salud: Municipio de Chimalhuacán** **547**
M. D. Coria Lorenzo, Pérez González, A.E. Márquez Ortega.

IA70 **Análisis de la factibilidad del uso de herramientas analíticas en una industria fabricante de autopartes** **555**
J. P. González Farías, L.G. Vázquez Lara de la Cruz, E. Guzmán Soria, M.T. de la Garza Carranza, M. C. Ramírez Salgado

IA71 **El estrés laboral y su impacto en la efectividad gerencial. Un estudio de caso** **563**

S. Sarmiento-Paredes, J. Carro-Suárez, J. George-Zecua, A. R. Méndez-Flores, A. L. Tizapan-Mendoza

IA72 **Decisiones Financieras en las Empresas de Servicios en el Municipio Riohacha, Departamento de la Guajira** **570**
I.J.Sanchez, M.Saray Rojas, J.SánchezGonzalez

IA73 **Implementación de CANVAS y Service Blueprint para formalizar procesos internos de servicio en una MiPyME** **576**
G. Sánchez Morales, G. Cortés Robles, E.A. Romero Flores, F. Aguirre y Hernánde , M. Gallardo Córdova

IA74 **Desarrollo de herramientas administrativas para mejorar los procesos internos de una empresa de servicios** **584**
E. López Lozada, E.A. Romero Flores, N. Ortega Petterson, G. Cortés Robles O. Juárez Rivera

IA75 **Aplicación de directrices de gestión de riesgos en un laboratorio de ensayos** **593**
R. Reyes Valenzuela, *M. L. López-Roa, I. G. Polanco Valenzuela, J. C. González Núñez, M. Vega Castillo*

IA76 **Problemática de fugas de aire en faros frontales en vehículo automotor** **601**
E. Cerda Rodríguez, E. Covarrubias Ramírez, B. Guerrero Vázquez, *D.F. Reynoso Hernández M. Cabrera Vega*

IA77 **Determinación y cuantificación de subproductos de residuos sólidos urbanos en el Estado de Veracruz, México** **609**
Y. De la Cruz Elizondo, M. A. Velasco Pérez ,V. R. Soto Pol , Páez Rodríguez M. y M. C. Ramírez Benítez

IA78 **Análisis de discriminación de género en empresas de servicios del Oriente del Estado de México.** **617**
V. Jiménez Jarquin , J. C. Navarrete Narvaez , A. Iniestra Medrán , H. Dorantes Benavidez

IA79 **Análisis del Rendimiento del IPC y el Tipo de Cambio peso/dólar en 2019** **627**
B. I. Pérez Méndez, G. L. Martel Campos, A. Martín Rodríguez, V. Guzmán Díaz de León M. R. Esparza Durón

IA80 **Clima Organizacional bajo el Modelo Litwin y Stringer, Perspectiva Psicosocial en CIES A.C.** **633**
E.E. Díaz López, J.A. Bañuelos Arcos , E.R. Poblano Ojinaga, R. Reyes Valenzuel, J. Alanís Villaseñor .

IA81 **ITIL Configuration Management TI** **641**
M. Gallegos López , D.F. Reynoso Hernández , J.M. Capetillo Gómez , E. Covarrubias Ramírez , A.C. Artea González

IA82 **Estrategia informática en la atención del servicio del seguro facultativo** **649**
H. Díaz Rincón, J.A. Navarrete Prieto, N.P. Flores Azcanio, J.R. Sánchez García, *L. G. Galeana Victoria*

 ISSN 2007-8102

Medición de la cultura de innovación en una institución educativa de orden privado

N. Chávez Hernández[1]

[1]Subdirección de Estudios Profesionales A, Tecnológico de Estudios Superiores de Coacalco, Estado de México.
nocahe@gmail.com

Área de participación: *Ingeniería Administrativa*

Resumen

El cociente de innovación mide la cultura de innovación en organizaciones desde una perspectiva integral de valores tangibles e intangibles. Este trabajo se encaminó a medirla con el modelo de Rao y Weintraub en una universidad privada, para conocer si la interacción entre factores emocionales y racionales, han desarrollado estos rasgos culturales, para enfrentar incertidumbre y cambios en el ambiente competitivo en que se desarrolla. Se utilizó un enfoque cuantitativo de alcance descriptivo, correlacional e inferencial y corte transversal para medir los componentes del cociente de innovación. Se identificó que la universidad en análisis necesita invertir en el desarrollo y gestión de sus procesos de innovación y recursos, además de, mejorar las capacidades, comportamientos y clima que los estimule; ya que los procesos de innovación están fuertemente conectados con el factor de éxito de una organización e influyen en los comportamientos internos de la misma.

Palabras clave: *cultura de innovación, coeficiente de innovación, valores emocionales, valores racionales.*

Abstract

The innovation quotient measures the innovation culture in organizations from tangible and intangible values perspectives. This work aimed to measure this culture with the Rao and Weintraub's model in a private university, to know if the interaction between emotional and rational factors have developed these cultural features, to face uncertainty and changes in the competitive environment in which it develops. A descriptive, correlational, inferential, and cross-sectional quantitative approach was used to measure the innovation in quotient components. I identified it that the university in analysis needs to invest in the development and management of its innovation processes and resources, besides improving the capacities, behaviors, and climate that stimulates them; since it connects, the innovation processes with the success factor of an organization and influences its internal behaviors.

Key words: innovation culture, innovation quotient, emotional values, rational values.

Introducción

La cultura juega un papel importante en la innovación [1], porque estimula el comportamiento innovador y el compromiso con el progreso entre los colaboradores de una organización [2]. De manera particular, una cultura de innovación se caracteriza porque sus creencias, actitudes y valores compartidos entre los miembros de una organización, se orientan a crear un ambiente de trabajo que acepta el pensamiento crítico y creativo para facilitar el proceso de innovación [3].

La cultura de innovación está estructurada por valores orientados hacia: creatividad, emprendimiento, innovación y aprendizaje, además de promover comportamientos que insten a la experimentación y asunción de riesgos, para enfrentar incertidumbre y cambios. Con la idea de este constructo, se argumenta que la innovación crea una cultura que aminora la dificultad de los desafíos ante un ambiente competitivo y exigente que genera constantes cambios [4].

Se han realizado diversos estudios separados sobre innovación y cultura [5]. Las investigaciones sobre estos constructos han virado por dos caminos [6]: uno que mide la cultura de innovación y los

 ISSN 2007-8102

tipos de cultura que mejoran o inhiben la innovación [7]; otro, que plantea la medición de los determinantes de la innovación como elementos representativos para innovar en una empresa [8].
Jay Rao y Joseph Weintraub [9], proponen un "Cociente de innovación" como índice para definir y medir la cultura de innovación en la organización desde una perspectiva sistémica donde sus componentes que lo integran tienen vinculación dinámica.
En la figura 1 se esquematiza el modelo de Rao y Weintraub para visualizar los bloques, dimensiones y factores que lo componen.

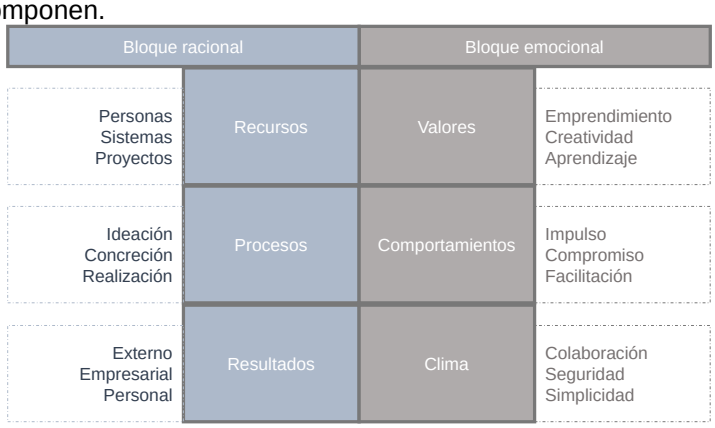


Figura 1 Modelo de la cultura de innovación según Rao y Weintraub. Elaboración propia.

Como puede observarse en la figura 1, el modelo de medición se compone de dos grandes bloques integrados por una parte emocional orientada a las personas y, una parte racional enfocada a las herramientas. Específicamente, el bloque emocional integra tres dimensiones: valores, comportamientos y clima, mientras que, el bloque racional comprende otras tres: recursos, procesos y resultados. Cada bloque contribuye al autodiagnóstico para describir la cultura de innovación en la organización.
Además, el modelo presenta en cada dimensión tres factores (18 en total); y en cada factor tres elementos (54 en total). En tal sentido, el cociente de innovación se obtiene de la media de cada elemento, factor y dimensión, mismos que conducen al total final del resultado promedio de innovación.
A continuación, se sintetizan las dimensiones que integran el modelo de Rao y Weintraub:

- *Valores*. – Manifiestan los comportamientos de las personas. Y es reflejo de la manera en que la organización impulsa las prioridades y decisiones encaminadas al emprendimiento, promoción de la creatividad y aprendizaje continuo. Sus elementos son: emprendimiento, creatividad y aprendizaje.
- *Comportamientos*. – Describen la actuación de las personas hacia la innovación. Pueden presentarse acciones de perseverancia, superación, mejora continua. Sus elementos son: impulso, compromiso, facilitación.
- *Clima*. – Se caracteriza por la simplicidad, colaboración, entusiasmo y confianza para aceptar desafíos y asumir riesgos dentro de un ambiente seguro; además de fomentar el aprendizaje y pensamiento independiente que cultiva el desempeño productivo de las personas. Sus elementos son: colaboración, seguridad, simplicidad.
- *Recursos*. – Representan la manera de apoyar los esfuerzos de innovación. Involucra a las personas como factor básico que impacta en los valores y clima de la organización; además de los sistemas de comunicación e interrelación con el ambiente para crear y colaborar conjuntamente en un ecosistema para realizar proyectos innovadores. Sus elementos: personas, sistemas, proyectos.
- *Procesos*. – Explican la ruta que sigue una organización para desarrollar innovación, desde la captura y examinación de ideas, la revisión y priorización de proyectos, hasta la creación e implementación. Sus elementos: ideación, concreción, realización.
- *Resultados*. – Describe cómo se mide el logro y recompensa a las personas como resultado de la innovación, así como, su reconocimiento a nivel externo, empresarial y personal. Sus elementos son: externo, empresarial, personal.

De esa manera, la interacción de todo lo intangible y tangible de una organización, permite definir y medir su cultura de innovación [10]. Porque sus elementos multifactoriales permiten evaluar las experiencias vividas de los miembros de la organización sobre su capacidad de innovación [9].
Ante este conocimiento acerca de la posibilidad de medir la cultura de innovación desde la perspectiva de lo tangible e intangible, despierta el interés por aplicar el modelo de Rao y Weintraub para analizar el estatus de desarrollo del cociente de innovación en el entorno de instituciones educativas.
Como un avance del proyecto de investigación, este trabajo tiene el objetivo de medir la cultura de innovación en una universidad de orden privado para analizar si la interacción entre factores emocionales y racionales del modelo, han permitido desarrollar estos rasgos culturales en la institución para enfrentar incertidumbre y cambios en el ambiente competitivo en que se desarrolla.

Metodología

Desde el paradigma epistémico positivista se evidenció el análisis objeto de estudio. Así, mediante un enfoque cuantitativo de alcance descriptivo, correlacional e inferencial y corte transversal, se realizó el diagnóstico de la cultura de innovación en una institución de educación superior durante los meses de enero y febrero de 2020.

Técnica y herramienta

Mediante la técnica de la encuesta, se utilizó el instrumento propuesto por Rao y Weintraub. Se hizo la traducción y adaptación al contexto organizacional de la unidad de análisis y se hizo una revisión por expertos en el ámbito académico a fin de asegurar el entendimiento de los 54 ítems del modelo. El instrumento empleó una escala tipo Likert de cinco niveles con los valores: 1. Totalmente en desacuerdo, 2. En desacuerdo, 3. Ni de acuerdo-ni en desacuerdo, 4. De acuerdo, 5. Totalmente de acuerdo. Según el modelo, los resultados promedio del cociente de innovación contemplan el siguiente criterio de valoración:

a) Si estuviera entre 1.00 y 1.99, entonces es un riesgo.
b) Si se encuentra entre 2.00 y 2.99, se requiere mejorar.
c) Si oscila entre 3.00 y 3.99, la cultura de innovación es regular.
d) Si se mueve entre 4.00 y 4.49, entonces es una fortaleza.
e) Si fuese entre 4.5 y 5.00, la cultura de innovación es excelente.

Adicionalmente, al final del cuestionario, se incluyó una pregunta de tipo ordinal para conocer la percepción con respecto a los puntos clave a jerarquizar en la construcción de una cultura orientada a la innovación en su institución educativa. Así, se incluyó una escala para enumerar de 1 a 7 los aspectos con mayor prioridad de atención (1 el mayor y 7 el menor).

Tratamiento de los datos

Se consideraron los componentes que integran el modelo de cultura de innovación de Rao y Weintraub y, se les asignó una notación para su análisis:

a) Cociente de innovación: Y_{CI}.
b) Bloques: X_1 = emocional y X_2 = racional.
c) Dimensiones: X_{11} = valores; X_{12} = comportamientos; X_{13} = clima; X_{21} = recursos; X_{22} = procesos y, X_{23} = resultados.
d) 18 factores del modelo

Para el análisis descriptivo de los datos, se calculó el promedio de cada bloque, dimensión y factor; además de la media final que representó la puntuación global denominada cociente de innovación (Y_{CI}).
Adicionalmente, para analizar las prioridades de atención que contribuyan en la construcción de la cultura de innovación, se utilizó un diagrama de Pareto para identificar el 20% de las situaciones que más impactan al objeto de estudio, para resolver el 80% de las necesidades [11].
En lo que respecta al análisis correlacional e inferencial de los datos, se remitió a los argumentos de Rao y Weintraub quienes plantean que la cultura organizacional es el componente que guía los procesos generales de la organización y contribuyen a fomentar o desalentar la innovación, según la manera de gestionar los componentes que integran el modelo [9].

 ISSN 2007-8102

Para tal comprobación, se contemplaron como variables, las dimensiones que integran el modelo. Se utilizó el estadístico de Spearman (Rho) para identificar el valor de correlación significativa entre las variables. Además, se utilizó el estadístico de Chi Cuadrada (X^2) y su coeficiente de contingencia (C), para conocer el grado de asociación entre los procesos de innovación, como factor esencial en la gestión de innovación y generación de ventajas competitivas organizacionales [2].
En consecuencia, se establecieron cinco hipótesis estadísticas. Para ser aceptadas deberían tener un valor p menor que alfa ($p < \alpha = 0.05$), que representaría la relación significativa entre las variables:

H_1: X_{11} <--> X_{22} H_2: X_{12} <--> X_{22} H_3: X_{13} <--> X_{22}
H_4: X_{21} <--> X_{22} H_5: X_{23} <--> X_{22}

Unidad de análisis y muestreo

El diagnóstico se realizó en una institución educativa de orden privado, catalogada como “universidad absorción de la demanda” caracterizada por ser una entidad pequeña con bajo margen competitivo y poca calidad de servicios académicos e infraestructura en el mercado [12], tienen alta demanda de sus servicios por ofrecer cuotas accesibles a un público rezagado o no colocado en instituciones educativas públicas y/o privadas de mayor reconocimiento [13].
La población objetivo se integró por todo el personal de la unidad de análisis, a fin de tener una visión más completa sobre la percepción del objeto de estudio y, sobre todo, tener una fiabilidad estadística con relación a la cultura de innovación en la institución. En tal sentido se consideró un muestreo censal integrado por 67 colaboradores, compuesto por: personal de mando (10%), docentes (83%) y administrativos (7%).

Resultados

La tabla 1 presenta los rasgos demográficos de los 67 participantes:

Tabla 1 Características demográficas de los colaboradores de la unidad de análisis.

Rasgo demográfico		FR	%
Sexo	Masculino	24	36
	Femenino	43	64
Nivel	Bachillerato	6	9
máximo de	Licenciatura	49	73
estudio	Maestría	12	18
Edad	27-31 años	10	15
	32-36 años	9	13
	37-41 años	17	24
	42-46 años	31	46
	47-51 años	1	1

Análisis descriptivo

De manera global, el cociente de innovación (Y_{CI}) registró un promedio de 2.98. Específicamente, el bloque emocional (X_1) obtuvo una media de 3.21 y el bloque racional (X_2) 2.76. En términos generales, según la interpretación de las medias, requiere mejorar la cultura de innovación.
Los resultados del modelo evidenciaron que las dimensiones emocionales: comportamientos, valores y clima, fueron los mejor valorados por el personal de la universidad participante (X_{12}=3.31, X_{11}=3.22 y X_{13}=3.09 respectivamente). Mientras que las dimensiones racionales: resultados, procesos y recursos, obtuvieron un promedio inferior a 3.00 (X_{23}=2.85, X_{22}=2.75 y X_{21}=2.68 correspondientemente). La tabla 2 presenta los resultados obtenidos.

 ISSN 2007-8102

Tabla 2 Cociente de innovación y promedios de los valores y bloques del modelo en la universidad participante.

	$\bar{x}$	Valores	$\bar{x}$	Bloques	$\bar{x}$
Cociente de innovación	2.98	Emocional	3.21	Valores	3.22
				Comportamientos	3.31
				Clima	3.09
		Racional	2.76	Recursos	2.75
				Procesos	2.68
				Resultados	2.85

De manera particularizada, la figura 2 muestra la valoración de los 18 factores que componen el modelo de cultura de innovación de Rao y Weintraub.
De acuerdo con el gráfico, los factores del bloque emocional se posicionaron con mayor puntuación: Impulso (3.67), seguridad (3.31), creatividad (3.29), facilitación (3.21), emprendimiento (3.17); estos componentes representaron una valoración regular respecto a la cultura de innovación.
Por lo contrario, los factores del bloque racional se ubicaron con cantidades inferiores que sugieren la necesidad de una mejora en la cultura de innovación: Concreción (2.59), realización (2.64), proyectos y sistemas (ambos con 2.67), ideación (2.80).

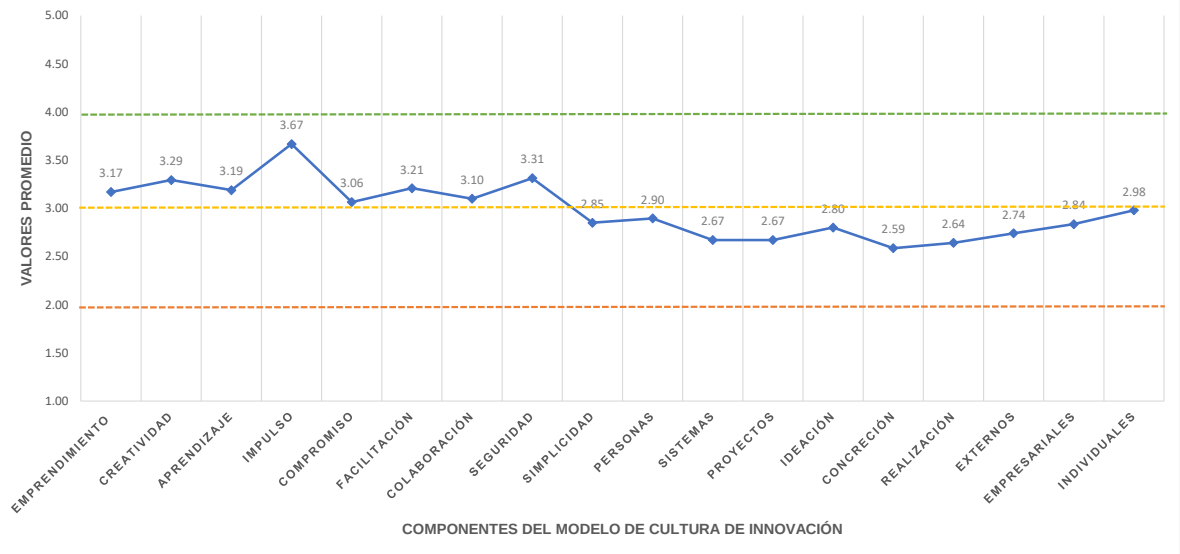


Figura 2 Resultados de los 18 factores que integran el modelo de la cultura de innovación. Elaboración propia partiendo de los datos obtenidos.

Evaluación de las prioridades a desarrollar

Sobre la identificación de necesidades por atender para favorecer el desarrollo de la cultura de innovación en la universidad participante, los resultados apuntaron hacia la necesidad de desarrollar actividades que impulsen la innovación, contemplando con ello, que las demás carencias podrían solventarse.
Este resultado se esquematiza con el diagrama de Pareto (figura 3) que ilustra el énfasis de atender la principal necesidad y por antonomasia involucrar el desarrollo de capacidades para innovar, la vinculación con empresas y la inversión a instalaciones y recursos necesarios que inducen a innovar en los procesos de gestión, además de recompensar en el involucramiento del personal en la transformación organizacional.

 ISSN 2007-8102

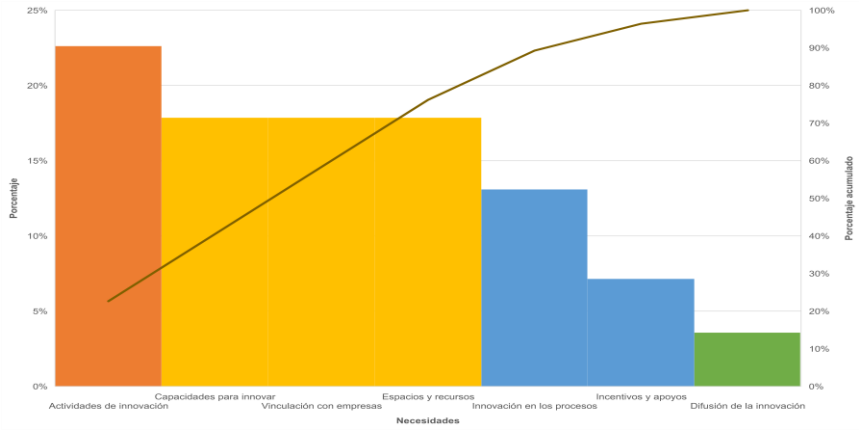


Figura 3 Prioridades a desarrollar para construir una cultura de innovación

Análisis inferencial

A fin de aceptar o rechazar la dependencia de las variables en las hipótesis estadísticas planteadas, se consideró el criterio que el valor p fuera mayor que $\alpha = 0.05$ para aceptar las hipótesis estadísticas nulas (Ho= p>0.05), las cuales representarían que las variables fueran independientes.

Así entonces, el nivel de significación chi cuadrada (X^2) se calculó mediante el método exacto; se utilizó el estadístico C (coeficiente de contingencia) para conocer la relación y magnitud de la asociación de las variables. La tabla 3 resume los resultados en cuanto a la relación y magnitud de asociación entre las dimensiones del modelo de Rao y Weintraub.

Tabla 3. Concentrado de los resultados de correlación y pruebas de hipótesis entre las variables del modelo de cultura de innovación según Rao y Weintraub.

Relación entre las variables del modelo	Correlación de Spearman		Prueba Chi cuadrado			Coeficiente contingencia		Dictamen Ho
	Rho	Valor	R^2	gl	Nivel Sig	C	Sig	
H_1: X_{11} <--> X_{22}	0.554	Moderada	40.934	12	0.000	0.616	0.000	Rechaza
H_2: X_{12} <--> X_{22}	0.627	Buena	56.003	16	0.000	0.675	0.000	Rechaza
H_3: X_{13} <--> X_{22}	0.597	Moderada	45.36	16	0.000	0.635	0.000	Rechaza
H_4: X_{21} <--> X_{22}	0.753	Buena	59.943	16	0.000	0.687	0.000	Rechaza
H_5: X_{23} <--> X_{22}	0.711	Buena	84.314	12	0.000	0.746	0.000	Rechaza

De acuerdo con los resultados expuestos en la tabla 3, en los cinco casos, se identificó una correlación (Rho), a un nivel de significancia de 0.01, con valores moderados y buenos entre las variables. Se manifestó mayor correlación entre las dimensiones racionales del modelo, es decir: entre los procesos de innovación (X_{22}) con los recursos organizacionales (X_{21}) (Rho=.753), y con los resultados organizacionales (X_{23}) (Rho=.711). En igual forma, se identificó buena correlación entre los procesos de innovación (X_{22}) con una de las dimensiones emocionales del modelo (comportamientos organizacionales X_{12}) (Rho=.627).

En ese mismo sentido, con los valores obtenidos en los estadísticos X^2 y C, se evidenció empíricamente, la relación entre las variables del modelo al 95% de confianza. Considerando que, entre las cinco, el p-valor de significancia (p=.000) fue menor a alfa (p<0.05). Además, la asociación fue estadísticamente significativa con valores altos y directamente proporcionales entre las variables. Por lo que se aceptaron las cinco hipótesis estadísticas.

Se resalta que el mayor valor de relación fue entre los resultados organizacionales y los procesos de innovación (H_5: X_{23} <--> X_{22}), donde $X^2(16) = 84.314$, p<0.05. y C= 0.746; p<0.05.

 ISSN 2007-8102

Discusión y conclusiones

Se presenta a continuación, los argumentos concluyentes derivados de los resultados del estudio descriptivo y del inferencial. En ese orden de ideas, se exhiben las siguientes consideraciones.

Partiendo de la explicación teórica del modelo de Rao y Weintraub y con base en los resultados descriptivos se presentan las siguientes deducciones:

Se identificó que la percepción de los colaboradores se concentra en la inseguridad de poseer una cultura de innovación dentro de la universidad participante. El cociente de innovación obtenido manifestó la necesidad de mejorar en ese sentido ($Y_{CI} = 2.98$).

Las dimensiones emocionales presentaron mayor valor promedio que las dimensiones racionales ($X_1 > X_2$), manifestando con ello, la concepción de valores, comportamientos y clima organizacional con potencial para desarrollar la innovación, aún y cuando sus medias estuvieron en un rango que induce a visualizar un reducido nivel de aplicación de los componentes que integran la cultura de innovación.

Con relación a los aspectos identificados en el bloque intangible del modelo (X_1=3.71) se discute:

La dimensión mejor evaluada fue *Comportamientos* ($X_{12} = 3.31$), esto sugiere la existencia de algunos escenarios en los que se tiene mayor impulso y motivación para realizar actividades innovadoras, además de tener la facilitación del personal de mando para enfrentar situaciones de mejora y superación, aún y cuando se tengan limitantes en los recursos. De esta manera, es que el personal considera tener, medianamente, el compromiso para desarrollar nuevos proyectos encomendados.

En la dimensión *Valores* ($X_{11} = 3.22$), se manifestó la creencia de tener una moderada orientación hacia el desarrollo de la creatividad como consecuencia del ejercicio libre y autónomo de sus actividades, además de la estimulación hacia el aprendizaje continuo y emprendimiento de tareas.

Y finalmente, la dimensión *Clima* ($X_{13} = 3.09$) mostró la existencia de un regular ambiente humano y físico para estimular el desarrollo de la innovación. Los participantes manifestaron reserva en que haya seguridad y confianza que les permita realizar sus actividades académicas y administrativas con mayor apertura, además de un trabajo colaborativo. Lo que limita este escenario fue la percepción hacia la existencia de mayor burocracia y menor simplicidad en los procesos, contribuyendo a una restricción en el emprendimiento de nuevos proyectos.

En lo que respecta a las dimensiones que integran el bloque racional o tangible (X_2= 2.76), se halló mayor certeza en la necesidad de mejorar, luego de conocer que las opiniones de los participantes se orientan más hacia un desacuerdo en la aplicación de escenarios que contribuyan a la innovación dentro de la universidad. En seguida, se discurren los argumentos:

La dimensión *Resultados* ($X_{23} = 2.85$) evidenció una pobre participación de los individuos en los procesos de crecimiento e innovación, luego de que sus percepciones se inclinaron a estar en desacuerdo respecto a que la institución retribuya al personal por colaborar en asunción de riesgos o tener nuevas iniciativas de crecimiento. Por ello, es que no conciben la idea de haber desarrollado capacidades de innovación, lo que revela la necesidad de promover y reconocer los esfuerzos para innovar en los servicios académicos, administrativos y escolares de la universidad participante.

La dimensión *Recursos* ($X_{21} = 2.75$) reveló la necesidad de asignar tangibles para desarrollar la innovación en la institución, además de destinar tiempo, dinero y espacio que coadyuven en la creación de nuevos proyectos de índole académico y de gestión, que contribuyan al clima y valores orientados a la cultura de innovación. Además, de tomar en cuenta el potencial del personal para aprovechar sus talentos y capacidades hacia el desarrollo de la innovación en sus procesos, servicios y productos.

Procesos fue la dimensión menos valorada ($X_{21} = 2.68$), lo que instó a deducir que hay una ausencia de rutas formalizadas que permitan alinear los recursos necesarios para desarrollar capacidades, además de fortalecer valores que fomenten la cultura de innovación caracterizada por: estimular ideas, asumir riesgos, aprovechar oportunidades, comunicar y colaborar entre todos integrantes de la institución.

Ante estos resultados, se fortaleció y explicó la prioridad externada por los participantes, quienes demandan invertir en las actividades de innovación y con ello, iniciar el proceso de desarrollo de capacidades orientadas a: emprender, innovar y aprender, para potencializar habilidades estratégicas que encaminen las actividades: organizacionales, grupales e individuales, hacia la adaptación desarrollo y competitividad del ambiente cambiante.

Rao y Weintraub manifestaron que los procesos se convierten en la ruta para innovar [14] porque armonizan la secuencia de una transformación, desarrollo y mejora en las capacidades organizacionales y personales para tomar decisiones encaminadas a generar valor y niveles de competitividad que contribuyan a alcanzar los objetivos. Esto se logra, si se involucran los factores tangibles e intangibles que integran el modelo de cultura de innovación.

Continuando con las exposiciones teóricas del modelo de Rao y Weintraub y con base en los resultados inferenciales se presentan las siguientes deducciones:

Las pruebas de hipótesis contribuyeron a confirmar que cada una de las dimensiones del modelo están significativamente asociadas y que, si no se hace una especial inversión en los procesos orientados a promover la gestión de la innovación (idear, concretar y realizar), no habrá un desarrollo importante de los recursos, capacidades y valores que estimulen la existencia de los rasgos culturales propicios para el progreso competitivo de la institución.

Tanto los estadísticos de Rho, Chi cuadrada y Coeficiente de contingencia, permitieron evidenciar empíricamente que los procesos de innovación (X_{22}) actúan como factor de éxito en la innovación, al influir significativamente en los resultados (X_{23}), y recursos organizacionales (X_{21}), necesarios para estimular la innovación. [Según la correlación X_{22} < -- >X_{23} donde: Rho=.711, R^2=84.314, C=746; y la correlación X_{21} < -- >X_{22} donde: Rho=753, R^2=59.943, C=687, respectivamente].

Con base en los valores entre la correlación X_{12} < -- >X_{22} [Rho=.627, R^2=56.003, C=675], se infiere que, al formalizar y gestionar los procesos (X_{22}) se contribuye a estimular los comportamientos del personal (X_{12}), para encaminar sus: creencias, valores y actitudes, hacia el compromiso de innovar en sus procesos, actividades, servicios y productos, en un clima que favorezca la: confianza, flexibilidad, creatividad y, el aprendizaje, en los procesos de transformación y crecimiento de la institución. Por lo que se concluye que los procesos de innovación están fuertemente conectados con el factor de éxito de una organización y que influyen en los comportamientos internos de la misma.

De esta manera, se deduce que medir el estatus de desarrollo de una cultura de innovación en una organización, permite cuantificar la percepción real que tienen los colaboradores respecto al grado de aplicación de un sistema de valores, creencias, actitudes, comportamientos y recursos, orientados a desarrollar procesos de gestión orientados a la innovación, como factor fundamental en el crecimiento competitivo de la entidad.

Al analizar los resultados en esta universidad privada, además de confirmar la interacción entre los dimensiones emocionales y racionales del modelo de cultura de innovación de Rao y Weintraub, se confirmó que este tipo de instituciones pequeñas, necesitan definir e impulsar los procesos de innovación, como base fundamental para el desarrollo competitivo y sostenible en el entorno.

Por todo ello, se sugieren crear acciones convenientes para mejorar las capacidades creativas, de aprendizaje y generación de valor, para que los procesos de gestión de innovación se encaminen a robustecer aspectos emocionales y racionales que insten a un desarrollo integral de la innovación dentro de la organización.

Trabajo a futuro

Esta investigación propone ampliar el conocimiento con otras universidades de estas mismas características y compararlas con instituciones de orden público donde los recursos y capacidades de desempeño son mayores. Y sobre ello, crear acciones de gestión que contribuyan a desarrollar una cultura de innovación que oriente sus esfuerzos hacia la creación de valor, competitividad y desarrollo integral de la organización.

Referencias

[1] C.B. Dobni, “Measuring innovation culture in organizations: The development of a generalized innovation culture construct using exploratory factor analysis,” *European Journal of Innovation Management*, vol. 11, no. 4, pp. 539 – 559, 2008.

[2] A. Hartmann, “The role of organizational culture in motivating innovative behavior in construction firms,” *Construction Innovation,* vol. 6, no. 3, pp. 159 – 172, 2006.

[3] M. Dabic, J. Laznjak, D. Smallbone, and J. Svarc, “Intellectual capital, organisational climate, innovation culture, and SME performance: Evidence from Croatia,” *Journal of Small Business and Enterprise Development*, pp. 1-24, 2018.

[4] L. Kwan, “Institutional and value support for cultural pluralism is stronger in innovative societies with demanding climate,” *Journal of Cross-Cultural-Psychology*, vol. 49, no. 2, pp. 323 – 335, 2018.
[5] N.M. O’Reilly, P. Robbins and J., Scanlan, “Dynamic capabilities and the entrepreneurial university: a perspective on the knowledge transfer capabilities of universities,” *Journal of Small Business & Entrepreneurship,* vol. 31, no. 3, pp. 243 – 263, 2018.
[6] C.B. Dobni and M. Klassen, “Linking innovation measurement to an implementation framework: A case study of a financial services organization at the front end of innovation,” *Journal of Innovation Management*, vol. 6, no. 1, pp. 80 – 110, 2018.
[7] K.S. Cameron and R.E. Quinn, *Diagnosing and changing organizational culture: based on the competing values framework.* 3rd. ed. San Francisco: Jossey-Bass, 2011.
[8] E.C. Martins and F. Terblanche, “Building organizational culture that stimulates creativity and innovation,” *European Journal of Innovation Management,* vol. 6, no. 1, pp. 64 – 74, 2003.
[9] J. Rao and J. Weintraub, “How innovative is your company’s culture?” *MIT Sloan Management Review,* vol. 54, no. 3, pp. 28 – 37, 2013.
[10] R. Salman, D. Arshad and L.J. Abu, “Factors contributing to SMEs innovative culture in Punjab, Pakistan: A pilot study,” *International Journal of Academic Research in Business and Social Sciences,* vol. 6, no. 8, pp. 54 – 64, 2016.
[11] S. Hernández and A. Pulido, *Fundamentos de gestión empresarial. Enfoque basado en competencias*. México: McGraw Hill, 2020.
[12] A. Acosta and A. Buendía, “Perspectivas institucionales y educación superior desde miradas globales a espacios locales: el caso de México,” *Revista de la Educación Superior*, vol. 45, no. 179, pp. 9 – 23, 2016.
[13] D.A. Márquez, “Aproximación a un modelo analítico para la toma de decisiones en la transición a la universidad privada dentro de contextos estratificados” M.S. thesis, El Colegio de México, Méx., 2018.
[14] A. Kostoulas and S. K. Kondaveeti, “Successful Organizational Innovation and Key Driving Factors” M.S. thesis, Department of Industrial Economics, Blekinge Institute of Technology, Swedish, 2018.

 ISSN 2007-8102

La influencia del método del Estado de Máxima Trascendencia

F. Ariza de la Fuente , J.P Nuño De La Parra[2], H, Meneses Galvan[3], Ma. G. López Molina[4]

[1]Director general, Grupo CARF, Puebla, Pue, México. ferarizaacademia@gmail.com,
[2]UPAEP,Puebla, México, pablo.nuno@upaep.m .
[3]Puebla, México,IBERO, rotcewolf@yahoo.com.mx.
[4]Puebla, México, UPAEP, musilopez@gmail.com ,

***Área de participación**: Ingeniería Administrativa*

Resumen

El siguiente artículo presenta la implementación del Estado de Máxima Trascendencia, que es una metodología desarrollada por los autores de manera propia que tendrá como objetivo proponer que el empleado consiga darle un sentido de trascendencia a su vida, desde el punto de vista individual. Se presenta cómo fueron empleadas diferentes herramientas, que permitieron equilibrar distintos ejes fundamentales en la vida de la persona para que éstas tenga una experiencia plena y con un éxito integral. De esta forma se alcanzará niveles de satisfacción y rendimiento en sus diferentes actividades incluyendo la laboral.

El diseño del método se basa en el reconocimiento del ser humano, primero como persona, para que éste logre darle el sentido de trascendencia a su vida mediante el trabajo, dándole las herramientas necesarias que por consciencias darán resultado a la empresa, todo esto en un círculo virtuoso, una constante que intentará no romperse. Dicho resumen presenta los resultados que se consiguieron luego de casi un año de investigación y desarrollo de la metodología de manera positiva, logrando una implementación optima en los grupos trabajados.

***Palabras clave**: Metodología empresarial, Desarrollo integral, Metodologías mixtas, Subjetividades.*

Abstract

The following article presents the implementation of the State of Maximum Transcendence, which is a methodology developed by the authors in their own way that will aim to propose that the employee manages to give a sense of significance to his life, from the individual point of view. It is presented how different tools were used, which allowed balancing different fundamental axes in the life of the person so that they have a full experience and with comprehensive success. In this way, levels of satisfaction and performance will be achieved in their different activities, including work.

The design of the method is based on the recognition of the human being, first as a person, so that he or she manages to give a sense of transcendence to his life through work, giving him the necessary tools that by consciences will give results to the company, all this in a virtuous circle, a constant that will try not to break. This summary presents the results that were achieved after almost a year of research and development of the methodology in a positive way, achieving an optimal implementation in the working groups.

***Keywords:** Business methodology, Comprehensive development, Mixed methodologies, Subjectivities.*

 ISSN 2007-8102

Introducción

Las personas tenemos una intención, ansiamos la trascendencia en este lugar. Pero remamos contra corriente en los diferentes escenarios hedonistas y materialistas. El Estado de Máxima Trascendencia busca contribuir a través de las empresas a la sociedad, al implementar una cultura de trabajo que ponga “Dios” en el centro de la persona y se logre un equilibrio en los principales aspectos y valores que dan sentido a la vida y hacen de ésta un don inmensamente atractivo y lleno de posibilidades.

Lograr crear e implementar el Estado de Máxima Trascendencia fue un trabajo arduo, ya que son escasas las investigaciones empíricas sobre este tipo de intervenciones, la mayor parte hacen mención en la necesidad de tener profundos conocimientos y experiencia en la aplicación de intervenciones sobre el cambio de comportamiento de los gerentes, según esto sólo así se consiguen mejores resultados, sin embargo este trabajo demuestra que es importante no sólo contar con datos cualitativos y cuantitativos, sino que hay que triangularlos para conseguir resultados óptimos, es decir, no sólo ver los datos, sino los sentimientos (subjetividades) de nuestros empleados.

Por ello se desarrollo una metodología propia, basados en métodos mixtos de investigación que nos permitieron adecuarla para que los resultados obtenidos lograran visibilizarse de manera adecuada y contundente en los empleados a través de todas las áreas de su vida, no sólo la laboral, para ello se tomaron en cuenta aspectos cualitativos y cuantitativos.

¿Qué es el Estado de Máxima Trascendencia?

El Estado de Máxima Trascendencia proporciona datos importantes para crear y realizar las intervenciones de cada área específica, de manera técnica, emocional y genérica. En cuanto a los comportamientos, es importante que los gerentes tengan una comunicación efectiva, oportuna y creciente, y una empatía con los empleados. Necesario para obtener el cambio en la empresa y a nivel personal, en cuanto a prácticas, actitudes y competencias de todo el personal de la empresa.

Lo que se espera es que el Estado de Máxima Trascendencia conciba resultados de cambio o mejora, como el crecimiento de las personas dentro de la empresa en cuanto a sus relaciones interpersonales, un clima laboral productivo, con sus compañeros de trabajo, pero principalmente sea vean mejorados en 7 áreas principales: Social, Emocional, Físico, Espiritual, Intelectual, Familiar | Pareja y Profesional | Económico.

 ISSN 2007-8102

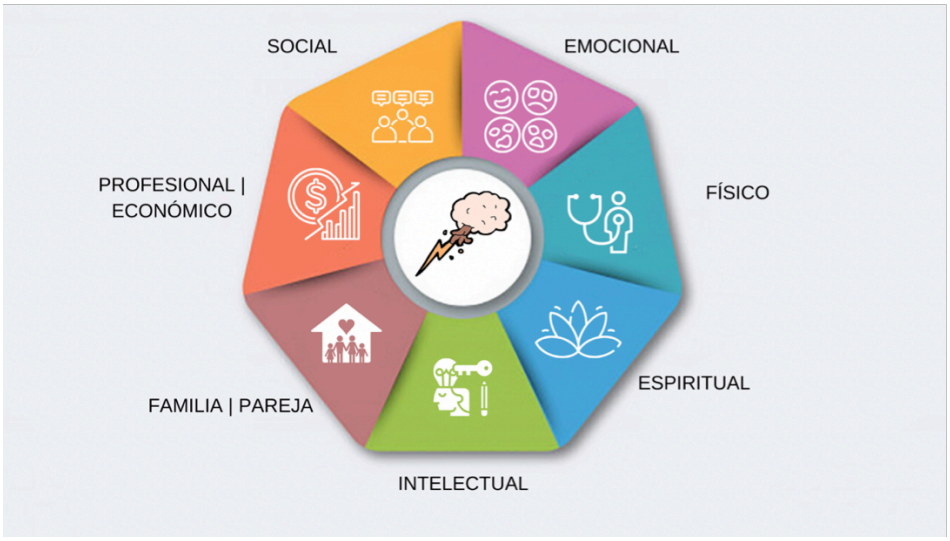


Figura 1

Medición de las siete áreas, elaboración de los autores.

Se trata de que el Estado de Máxima Trascendencia genere situaciones de cambio en la empresa, una mayor dosis de confianza con el gerente y con la empresa, siendo los empleados los que construyen el nuevo modelo de funcionamiento de su organización, que los impacte de manera positiva como “seres humanos integrales”, a la sociedad misma y por ende se vea beneficiada la empresa. Existen muchos libros sobre teorías y métodos de cómo mejorar el Clima laboral, incentivos, dinámicas de integración, bonos etc., pero muy pocos que hablen de Dios y de ponerlo en el centro de la vida de las personas. (Oumet, J-Robert., 2010.)

El Estado de Máxima Trascendencia tiene un sinfín de aplicaciones de las que las empresas también pueden beneficiarse, esto como conjunto de acciones que persiguen alcanzar el pleno potencial de una persona y de la organización en una o varias facetas, como lo requiera la empresa y el “ser humano integral”.

Su flexibilidad, nos permite una aplicación efectiva a la hora de responder a las necesidades de la empresa, y esta puede aplicarse a cualquier sector y tamaño. No podía ser de otra manera, en sobre todo si tenemos en cuenta que se trata de metodología dirigida al desarrollo del ser humano integral, mediante la motivación de empleados y directivos a nivel personal y como equipo, dotándolos de herramientas que faciliten el trabajo, pero sobre todo su vida diaria. Se trata de elaborar planes de acción a partir de las necesidades de los empleados para que los resultados sean lo más específicos posible, y se vean reflejados de manera positiva en la empresa y en su vida diría, es importante hacer hincapié en este aspecto porque nos preocupa de manera importante crear una sinergia entre la empresa, el “ser humano integral”, y la sociedad.

Considerar la opinión de los empleados es trascendental, debido a que en muchas ocasiones ellos pueden ver y vivir situaciones con otros ojos, que los gerentes o dueños no perciben. En este contexto, escuchar activamente y tener una comunicación asertiva contribuirá al ambiente laboral y a la productividad, que se verá evidenciada en su vida diaria, en dónde se refleja de manera positiva, creando una sinergia entre la sociedad, la empresa y el ser humano, impactar de manera trascendental es lo que buscamos. Sin duda alguna no debemos olvidar que el reconocimiento proporciona de forma constante una retroalimentación positiva. Demostrar reconocimiento no cuesta

nada, pero tiene un gran significado porque el empleado siente que su esfuerzo merece la pena. De esta forma se sentirá importante dentro del grupo de trabajo y en la empresa, lo que le motivará a seguir trabajando de ese modo.

El proceso del Estado de Máxima Trascendencia es dinámico y fluido, en donde se configura se configura de manera objetiva y subjetiva la actividad laboral del empleado, en todos los aspectos. De esta manera se intenta de reconciliar los aspectos del trabajo con las experiencias humanas.

Metodología

La información metodológica para la elaboración del Estado de Máxima Trascendencia es partir de dos formas; aquellas que tienen que ver con el ambiente en el que se realizan las actividades de trabajo (condiciones objetivas) y con la forma de vida de los trabajadores y el verlos como seres humanos integrales (condiciones subjetivas). De esta manera se puede comprender de forma integral todos los aspectos del empleado, no sólo la forma en la que vive en la empresa sino en su día a día, impactando en sus 7 áreas de “ser humano integral” que benefician a la empresa de manera significativa, debido a la sinergia de la que ya hemos hablado anteriormente.

Dado que el Estado de Máxima Trascendencia incluye variados aspectos relacionados con la parte laboral, es necesario considerar al referirnos a éste, que se compone de dos grandes dimensiones que separadas solamente darían un resultado sesgado y parcial de la vida en el trabajo. La objetiva (aspectos cuantitativos) y la subjetiva (aspectos cualitativos) se refieren, por una parte, a elementos obtenidos del ambiente de trabajo, a la parte organizacional y al desempeño del puesto; y, por otro, a los acontecimientos psico-sociales por los cuales el trabajador experimenta no sólo su ambiente de trabajo, sino su vida misma.

La parte laboral se ve impactada no solamente por factores intrínsecos al entorno de trabajo, sino también por todo lo que sucede en la cotidianidad del ser humano (la familia, los amigos, la red de contactos, tiempo libre). Esta interdependencia provoca un estrecho vínculo entre lo laboral y lo social que, no solo determina la calidad de vida laboral, sino los modos de vida y el estatus social de los individuos (Gerdtham, U. y M. Johannesson, 2001).

El Estado de Máximo Trascendencia no se refiere únicamente a las condiciones físicas del lugar de trabajo, o solamente a la subjetividad de los empleados, sino que es la relación dialéctica que el individuo mantiene con su ambiente de trabajo. Producto de esta interacción el individuo construye y modifica su lugar de trabajo y es este carácter interactivo el que le permite desempeñar su rol como trabajador (que, por ende, afectará a su papel y estatus como agente social). El carácter interactivo del Estado de Máxima Trascendencia, lo convierte en una totalidad integrada (holística y sistémica) de elementos interdependientes e interrelacionados que, articulados entre sí, conforman un todo indisociable, núcleo de estudio y análisis.

Por lo tanto, fue necesario tomar en cuenta que para el desarrollo de la metodología para implementar el Estado de Máxima Trascendencia fue necesario realizar mediciones en el ámbito cualitativo y el ámbito cuantitativo, de esta manera se podrán aplicar las intervenciones necesarias, además de que las mediciones al ser trianguladas, nos permitieron ser mucho más certeras.

 ISSN 2007-8102



Gráfica del desarrollo metodológico elaborada por los autores.

Se visualiza patentar e institucionalizar el método para convertirlo en una empresa que dé este servicio de manera profesional en las empresas a nivel nacional. Los retos que se presentan son sin duda grandes, cambiar la mentalidad de los empresarios no es nada sencillo, que ellos entiendan que el empleado no es parte de la empresa, sino que lo es todo. Al entenderlo se puede comprender la sinergia que ellos crean con la empresa y con su vida misma que impacta de manera positiva en la sociedad y por ende regresa a la empresa.

El Estado de Máxima Trascendencia no es una varita mágica que ayudará a la empresa y al empleado, es un método que permitirá que esto ocurra, debido a que depende de su correcta implementación para que esto suceda, trabajo en todas las vertientes es la clave para que el método sea efectivo cuando se implementa.

El proceso productivo se ve beneficiado cuando se evalúa el trabajo utilizando guías de gestión que midan y den respuesta a factores tangibles como rotación de personal, el ausentismo laboral y el nivel de productividad por empleado. La asistencia del empleado dependerá de la supervisión que recibe, de las compensaciones económicas, de las relaciones interpersonales que tiene, y de muchos más factores que sólo el hecho de tener un trabajo y recibir un salario.

Por lo tanto, se pretende aplicar el Estado de Máxima Trascendencia como una herramienta, que previamente se considere en la planificación de las actividades principales de las empresas, donde se logré la implementación para todos los procesos empresariales y no solamente para solucionar problemas que se hayan generado, es necesario tomar en cuenta que desde el inicio de la contratación de un empleado debería ser implementado, de esta manera se lograrán mejorar los resultados en la empresa y disminuir la rotación de Personal, el estrés laboral e incrementar la lealtad empresarial (Segurado A. Agull, E. 2002).

La intervención

La base que sostiene gran parte de la investigación del Estado de Máxima Trascendencia es la intervención realizada a lo largo de 6 meses, en dicha intervención se desarrolló un plan de trabajo en donde de manera conjunta con especialistas se atendieron las 7 áreas en las que se ve al ser humano como ser integral dentro de una empresa. Conformar un equipo de especialistas en cada área fue parte crucial del éxito de este proyecto.

 ISSN 2007-8102

Proceso de intervención del Estado de Máxima Trascendencia, elaborado por los autores.

Se calcula que, tras el EMT, el rendimiento laboral de la empresa se eleva un 62.5%, la autoconfianza de los empleados mejora hasta un 80% y el balance vida-trabajo se perfecciona hasta en un 67%.

ASPECTO FÍSICO	PROFESIÓN Y ECONOMÍA	ESPIRITUALIDAD	FAMILIA Y PAREJA	INTELIGENCIA EMOCIONAL	INTELECTUAL
- Intervención rápida y de forma más general. - Correos. - Recordatorios. - Carteles. - Espacios de reflexión. - Rutinas. - Exámenes médicos. - Platicas sobre enfermedades (tabaquismo, alcoholismo, obesidad).	- Correos con material de finanzas. - Cursos básicos sobre finanzas. - Reflexiones sobre profesionalización. - Carteles. - Ahorro.	- Reflexiones en espacios. - Platicas sobre temas específicos. - Elaboración de guías con especialistas. - Literatura. - Cuestionarios	- Espacios de reflexión sobre el tema familia. - Correos con vídeos del tema. - Carteles. - Cuestionarios. - Ejercicios de integración. - Dinámicas.	- Espacios de reflexión. - Correos sobre autocuidado. - Guías de ayuda con especialistas - Lectura. - Dinámicas.	- Espacios de reflexión. - Correos con contenido de especialistas. - Platicas sobre esta área. - Programas con empresa. - Programas de regularización de estudio.

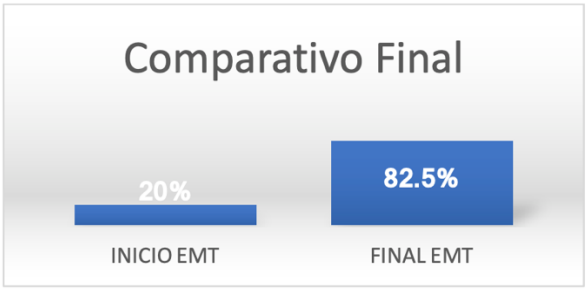
Esto nos da un claro reflejo de la importancia del ser humano en la empresa, pero sobre todo de la eficacia que ha sido para el proyecto la aplicación de la metodología del Estado de Máxima Trascendencia en la empresa.

Es notable el avance que hubo después de 6 meses de los empleados tomaran el cuestionario, que les permitió reflexionar sobre lo que estaba sucediendo en sus vidas en ese momento, mismo avance que se vio reflejado en subida cotidiana, permitiendo generar un cambio significativo en la empresa, mejorando los niveles de productividad y confianza en nuestros empleados, me es satisfactorio ver estos resultados, el esfuerzo de más de tres meses de trabajo con el personal, ver a éste como parte vital de la empresa y sobre todo como parte importante de la sociedad.

Gráfica comparativa del avance de los empleados, elaborada por los autores.

La aplicación del Estado de Máximo Trascendencia genera beneficios al trabajador, a la empresa y a la sociedad misma, entre los principales podemos observar que la investigación demuestra una positiva relación entre las prácticas de innovación en los lugares de trabajo y el éxito empresarial; y la relación de los empleados con su vida diaria, el impacto que tiene en sus 7 áreas y a su vez los beneficios para la empresa, que incluyen en diversos aspectos.

 ISSN 2007-8102



Gráfica comparativa del avance de los empleados, elaborada por los autores.

El carácter interactivo del Estado de Máxima Trascendencia, lo convierte en todo perfectamente bien añadido (sistémica y holística), conformado de componentes interdependientes e interrelacionados que, en conjunto, conforman un todo, que no podría dar los mismos resultados si es analizado y estudiado por separado.

Su método y los resultados que se comprobaron dejan ver que es una herramienta que ayuda a diferentes empresas e instituciones a fomentar con sus plantillas laborales, valores que den sentido a la vida y al trabajo de las personas, ayudándoles a alcanzar un equilibrio mediante una escala de valores y medios concretos, para los más importantes ámbitos de la vida de un ser humano.

Al mismo tiempo está investigación beneficiará el ambiente laboral de las empresas, la identificación de los trabajadores con su empresa, fomentando el rendimiento personal y de grupo y evitando la rotación. En la medida que se vaya implementando en diferentes empresas y organizaciones y tratando casos específicos, se irá mejorando y perfeccionando el método y sus herramientas de apoyo para que lleguen a ser aún más eficiente. Utilizaremos medios electrónicos e involucraremos a especialistas en las diferentes áreas, con el fin de alcanzar la trascendencia de los que participan.

Se visualiza patentar e institucionalizar el método para convertirlo en una empresa que de este servicio de manera profesional en las empresas a nivel nacional.

Trabajo a futuro

Para asegurar beneficios persistentes, se necesitan más investigaciones que puedan controlar a largo plazo el progreso hecho por los facilitadores. Las futuras investigaciones podrían incluir las perspectivas de los gerentes, de sus iguales, de clientes e informes, para producir nuevas percepciones y una mejor comprensión del proceso del Estado de Máxima Trascendencia de cara a una mejora en los resultados.

Se seguirá buscando con esta investigación; su método y los resultados que fueron comprobados, que ésta sea una herramienta que ayude a diferentes empresas e instituciones a fomentar con sus plantillas laborales, valores que den sentido a la vida y al trabajo de las personas, ayudándoles a alcanzar un equilibrio mediante una escala de valores y medios concretos, para los más importantes ámbitos de la vida de un ser humano. Al mismo tiempo esta investigación beneficiará el ambiente laboral de las empresas, la identificación de los trabajadores con su empresa, fomentando el rendimiento personal y de grupo y evitando la rotación. En la medida que se vaya implementando en diferentes empresas y organizaciones y tratando casos específicos, se irá mejorando y perfeccionando el método y sus herramientas de apoyo para que lleguen a ser aún más eficiente. Utilizaremos medios electrónicos e involucraremos a especialistas en las diferentes áreas, con el fin de alcanzar la trascendencia de los que participan.

Conclusiones

El resultado de la investigación fue alentador, las mejoras en los aspectos de la vida de los empleados y de la empresa se han notado de manera significativa, aunque debo reconocer que esta Metodología debe ser aplicada a quienes queramos impactar a la sociedad, ya que lleva tiempo y esfuerzo, pero me recuerdo siempre que el principal compromiso como humanista es hacia la sociedad, el crecer solamente como empresa en términos económicos no impactaría de la manera en la que se espera, hay que considerar que para que todo cambio sea posible, se necesita tiempo y paciencia y eso es quizás lo que muchos empresarios hemos perdido o se nos ha olvidado, que toda inversión en nuestro personal trae ganancias para la sociedad y por ende para la empresa misma.

El conocimiento genera crecimiento dentro de las empresas y los dueños y gerentes deben aceptarlo, ya que para alcanzar el éxito hoy día, éstas deben visualizar que toda la gente sin excepción posee conocimiento y respuestas y creando un contexto oportuno, se logrará liberar el conocimiento, compartir sus ideas e impulsar el aprendizaje al hacer esto una empresa impulsará la innovación. Y es ésta a través de nuevos productos y servicios, procesos y conocimientos, lo que impulsa el crecimiento de la misma y por ende el individuo y la sociedad

Es de vital importancia para que las empresas funcionen de manera eficaz y productiva que las relaciones interpersonales que se establezcan en la empresa, se potencien a través de la eficacia en reuniones y dinámicas que se lleven a cabo en la empresa, de esta manera se estimula la satisfacción laboral y mejora el clima laboral.

Mediante una adecuada distribución de roles los trabajadores ganan en una concientización acertada de sus funciones en sus puestos de trabajo y se evita a sobrecarga de roles, de esta manera se evita la falta de energía en las labores que han sido asignadas por el gerente, mismo que debe estar abierto al cambio.

Los valores en empresas y en los empleados tendrán que cambiar de una visión individual a una de trabajo en equipo y abierta, buscando maniobras cada día más eficaces, tomando en cuenta factores al grupo y al individuo, que nos den una evaluación de los niveles de desempeño individual y grupal para mejorar e innovar.

Es por ello que surge esta necesidad de replantearnos la importancia de ver las capacitaciones en las relaciones humanas, no solo en la parte laboral, sino en la forma en cómo se manejan las emociones de nuestros empleados, de esta manera se tendrá sentido de permanencia por parte de ellos y nuestras empresas verán resultados verdaderamente satisfactorios.

Referencias

. [1] Alén, M. E. y Fraiz, J. A. (2006). *Evaluación de la relación existente entre la calidad de servicio, la satisfacción y las intenciones de comportamiento en el ámbito del turismo termal*. Revista Europea de Dirección y Economía de la Empresa, 15 (3), pp. 171-184.

. [2] Beresford, R and Saunders, N.K. (2003) *Evaluation of the Mentors to Small Business Programme*, (accessed 4th August 2006).

. [3] Gerdtham, U. y M. Johannesson. (2001): “The relationship between happiness, health, and socio-economic factors: results based on Swedish microdata”, *The Journal of Socio-Economics,* Vol. 30 (6).

. [4] OUIMET, J-Robert. *Todo les ha sido prestado, Conversaciones con Yves Semen. Instituto Mexicano de Doctrina Social Cristiana*, México, 2010.

. [5] Rampersad, H. (2004). *Cuadro de mando integral, personal y corporativo* (Total Performance Scorecard, TPS). España: Mac Graw Hill.

. [6] Q Rodríguez, A. (1999). Introducción a la Psicología del Trabajo y de las Organizaciones. España: Ediciones Pirámide.

. [7] Rosenbaum, P. y D. Rubin (1983): "The central role of the propensity score in observational studies for causal effects", Biométrica 70(1).

. [8] Segurado A. Agull, E. (2002). Calidad de vida laboral: hacia un enfoque integrador desde la Psicología Social. Psicothema, 14, (4), pp. 828-836.

. [9] Stutzer, A. (2007). "Limited self–control, obesity and the loss of happiness", IZA DP No 2925.

. [10] Taylor, S. A. (1997). Assessing regression-based importance weights for quality perceptions and satisfaction judgments in the presence of higher order and/or interactions effects. Journal of Re- tailing, 73 (1), pp. 135-159.

. [11] I Wirtz, J.; Mattila, A. S. and Tan, R. L. P. (2000). The moderating role of target-arousal on the impact of effect on satisfaction–an examination in the context of service experiences. Journal of Re- tailing, 76 (3), pp. 347-365.

. [12] WOLK, Leonardo. Coaching: El arte de soplar las brasas. 2 ed. Buenos Aires: Gran aldea editores, 2007, p. 224.

Perspectiva sobre las políticas públicas de desarrollo y competitividad empresarial

P. Tamayo Contreras
Departamento de Gestión y Dirección de Empresas de la División de Ciencias Económico-Administrativas de la Universidad de Guanajuato. Fraccionamiento el Establo, Guanajuato, Gto. C.P. 36250.
**aeinegocios1@gmail.com*
Área de participación: *Ingeniería administrativa*

Resumen
Las políticas públicas en materia de desarrollo y competitividad empresarial deben buscar el máximo beneficio económico de México y ser capaces de proteger los intereses de la comunidad mediante un compromiso entre el estado, las instituciones y el sector económico. El objetivo de esta investigación es conocer la percepción, desde un análisis factorial, de los directivos de las empresas de la industria del calzado de León, Guanajuato, México de qué políticas públicas son necesarias para conseguir un desarrollo y competitividad empresarial sostenida. Colaboraron 400 directivos pertenecientes a diferentes empresas del sector calzado del estado de Guanajuato, México. Los resultados mostraron tres factores: tecnología con 14 variables; desarrollo económico con 10; y competitividad con 9. Los resultados son significativos en promover el desarrollo de la tecnología en todos los campos de la administración pública, e implementar una educación basada en la calidad y competencias con un enfoque hacia la investigación.

Palabras clave: *Desarrollo, competitividad, empresarial y políticas públicas.*

Abstract
Public policies on business development and competitiveness must seek the maximum economic benefit from Mexico and be able to protect the interests of the community through a compromise between the state, institutions and the economic sector. The objective of this research is to know the perception, from a factorial analysis, of the managers of the companies in the footwear industry in León, Guanajuato, Mexico of what public policies are necessary to achieve sustained business development and competitiveness. 400 managers from different companies in the footwear sector in the state of Guanajuato, Mexico collaborated. The results showed three factors: technology with 14 variables; economic development with 10; and competitiveness with 9. The results are significant in promoting the development of technology in all fields of public administration, and implementing quality-based education and skills with a focus on research.

Key words: *Development, competitiveness, business and public policies.*

Introducción
Uno de los temas de mayor realce en la actualidad tiene que ver con el cómo administrar el sistema del estado mexicano, mediante políticas públicas. Para este fin, se entenderá como política pública las acciones que el gobierno mexicano ha de considerar con el objetivo de fomentar y consolidar el desarrollo y competitividad empresarial, las que deben surgir de decisiones sustentadas en un proceso de diagnóstico y análisis de factibilidad, para su atención efectiva con la participación empresarial en la definición de problemas y soluciones.

En esta conceptualización las acciones de política pública tienen dos características fundamentales: 1) buscar un crecimiento económico con base en la competitividad empresarial; y 2) ser resultado de un proceso de investigación que implica el uso de un método para asegurar que la decisión tomada es la mejor alternativa posible para resolver el problema de desarrollo y competitividad empresarial.

Entre los temas básicos a los cuales se refieren las políticas públicas se encuentran: estructura de la producción, la competitividad y el empleo en la economía nacional. En ellos se analizan variables como la movilidad de la fuerza de trabajo y la transferencia de conocimiento que

conlleva la necesidad de apropiación de las nuevas tecnologías por parte de los trabajadores, mediante el aprendizaje, para optimizar su aplicación. Un elemento fundamental es el análisis de la política económica en materia de innovación tecnológica por medio de las políticas públicas encaminadas a la productividad, y sus efectos en el mercado de trabajo ante los cambios estructurales en las cadenas productivas, el empleo productivo y la movilidad salarial [1],[2],[3], [4],[5],[6],[7] 7 [8].

Asimismo, se encuentran el de la participación estatal, la competitividad internacional, la innovación tecnológica, la economía del cambio tecnológico, la internacionalización de la producción y las políticas de innovación. Se caracteriza el perfil de la fuerza de trabajo calificada y la productividad por medio de la evaluación del impacto económico de la transferencia de conocimiento ligada al sector manufacturero. Se destaca la importancia de la calificación del trabajo en la difusión del conocimiento, el incremento de la productividad y el crecimiento económico, sin dejar a un lado el manejo del estado en la impartición de la justicia, en la seguridad nacional, en los asuntos hacendarios y financieros [9] y [10].

La manera en que el estado mexicano actual aborda las políticas públicas han tenido varios efectos, entre ellos, haber registrado una de las caídas más pronunciadas entre los países de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE) con una contracción del producto interno bruto de un 6.6% y un aumento sensible del desempleo y la informalidad. Si bien, en los últimos años el país ha logrado avances muy importantes en materia de estabilidad macroeconómica, política monetaria y transparencia fiscal, aún no ha sido capaz de generar un crecimiento endógeno fuerte, impulsado por un mercado interno vibrante y una economía competitiva [11], [12], [13] y [14].

Se requiere construir un sistema fiscal robusto que fomente la competitividad; un presupuesto que respalde lo anterior enfocado en resultados en el mediano y largo plazo; un mercado laboral eficiente, incluyente y en sintonía con las exigencias del futuro; un sistema educativo de vanguardia; un marco de políticas e incentivos para impulsar la competencia, el gobierno corporativo y la innovación; un crecimiento verde promotor de una nueva cultura ecológica; y un sistema de salud integral que atienda fenómenos como el COVID 19 que merman la competitividad empresarial, además que los servicios que presten sean de calidad y sostenibles [15] y [16].

Por tanto, esta investigación tiene como objetivo conocer la percepción, desde un análisis factorial, de los directivos de las empresas de la industria del calzado de León, Guanajuato, México de qué políticas públicas son necesarias para conseguir un desarrollo y competitividad sostenida.

Metodología

Participantes

Colaboraron 400 directivos pertenecientes a diferentes empresas del sector calzado del estado de Guanajuato, México. La muestra fue seleccionada de manera aleatoria simple de una población de 4,000 compañías, utilizando como base el Directorio Nacional de Calzado [17]. Para determinar el tamaño y la composición, se aplicó el método probabilístico. El margen de error fue de 0.04 con un nivel de confianza del 95% bajo la fórmula de error simplificada. La muestra estuvo conformada por 256 hombres y 194 mujeres con una edad media de 44 años, en su mayoría casados (82%) y con un nivel educativo de licenciatura (52%), maestría (42%) y doctorado (6%).

Instrumento

El diseño del instrumento de medición tuvo como apoyo la guía metodológica del proceso recursivo de desarrollo, análisis y comprobación de medida [18], se generaron 33 reactivos. Los ítems se construyeron tomando en cuenta la revisión bibliográfica y cuidando el cumplimiento del código deontológico; después fueron sometidos a un análisis de jueces expertos en el tema y a una prueba de comprensión de la población objeto de 40 participantes siendo 23 hombres y 17 mujeres, con una edad promedio de 44 años, con un nivel educativo predominante de licenciatura (52.5%). En el estado civil, el de casado fue el de porcentaje más alto (82.5%). Posteriormente, se realizaron los ajustes correspondientes. Se obtuvo un alfa de Cronbach de 0.96, la escala utilizada fue la de Likert, de 1 a 6 con los criterios de: «un poco de acuerdo» con valores de 1, «de acuerdo» 2, «totalmente de acuerdo» 3, «un poco en desacuerdo» 4, «en desacuerdo »5 y «totalmente en desacuerdo »6.

Diseño y procedimiento

Se utilizó un diseño de investigación transversal, se contactaron vía telefónica y por correo electrónico a los directores de las organizaciones a quienes se les informó sobre la investigación y sus implicaciones. Los ejecutivos que aceptaron participaron de manera voluntaria y respondieron de forma anónima a los cuestionarios de evaluación. El proceso de aplicación del cuestionario se realizó mediante correo electrónico garantizando la confidencialidad y el anonimato. Asimismo, aclarando en cualquier momento la estructura de la prueba y la forma de responder a cada reactivo. La devolución del instrumento de medición duró en promedio 5 días.

Análisis de los datos

El tratamiento estadístico se realizó con el programa SPSS® 25.0 para Windows® siendo el primero el análisis factorial bajo el método de atracción de componentes principales, y de rotación normalización varimax con Kaiser quedando agrupados los 33 ítems. El nombre asignado a cada grupo se etiquetó utilizando como referencia el marco teórico. A los factores concluyentes se les aplicó el alfa Cronbach. Determinados los factores se empleó el análisis de medias para conocer el nivel de percepción sobre las políticas públicas de los directivos seleccionados, así como la prueba de discriminación t de *Student* para la igualdad de medias con el fin de conocer la percepción de los grupos bajo y alto. Por último, se usó la correlación de Pearson entre los factores.

Resultados y discusión

El análisis factorial generó tres factores con autovalor mayor de 1 y una varianza acumulada de 96.09 lo que significa que los puntos abordados explican en un porcentaje muy significativo las percepciones. A los factores se les asignó los nombres de tecnología compuesto de 14 reactivos, desarrollo económico integrado por 10 *ítems*; y competitividad con 9.

En el orden de los ítems resalta en el factor tecnología atender el ahorro nacional; asistencia técnica en investigación y desarrollo, perfeccionamiento del diseño y elaboración de productos, mejoramiento de normas y calidad.; promover un sistema de salud de calidad con cobertura nacional y gratuito; hasta la opinión de mantener unas finanzas equilibradas y sanas.

El factor desarrollo económico muestra como primer punto a considerar promover el desarrollo de la tecnología en todos los campos de la administración pública. Y termina con promover y apoyar más la creación de microempresas. En el caso del factor competitividad se manifiesta implementar una educación basada en la calidad y competencias con un enfoque hacia la investigación y desarrollo tecnológico. Asimismo, gratuita y obligatoria en todos los niveles educativos. Hasta la percepción de reducir los subsidios y mantener una política económica competitiva. (Tabla 1).

Tabla 1. Distribución de las variables por factores con las cargas correspondientes (análisis de componentes; método de rotación: normalización Varimax con Káiser; n = 450).

Ítems	Factor tecnología	Factor desarrollo económico	Factor competitividad
6.- Fomentar el ahorro nacional	0.797		
22.- Asistencia técnica en investigación y desarrollo, perfeccionamiento del diseño y elaboración de productos, mejoramiento de normas y calidad.	0.782		
19. Promover un sistema de salud de calidad con cobertura nacional y gratuito.	0.779		
3.- Implementar las auditorias electrónicas. Y reformar las leyes tributarias que tiendan a promover la competitividad y protección de los trabajadores contra pandemias como el COVID 19.	0.752		
9.- Reducir la dependencia de combustibles fósiles	0.747		
18.- Enfrentar la delincuencia con el uso de la tecnología, mediante la educación y la aplicación de la Ley.	0.728		
14.- Otorgar más autonomía a los municipios y a los estados. Así como desconcentrar en los mismos más funciones pertenecientes a las secretarías del gobierno federal.	0.726		
1.- Implementar un solo impuesto al valor agregado para todos los bienes y servicios, sin excepciones. Y destinar un porcentaje de este a la capacitación de trabajadores de cada sector.	0.724		
24.- Promover la especialización en los distintos sectores económicos.	0.715		

 ISSN 2007-8102

15.- Ejercer un mejor control del gasto público hacia los estados y municipios por medio del uso de la tecnología.	0.713		
30.- Mantener una política de relaciones internacionales activa y acorde a la realidad nacional e internacional.	0.712		
16.- Ejercer un mejor gasto programable mediante el uso de herramientas electrónicas.	0.707		
31.- Establecer pensiones dignas	0.695		
29.- Mantener unas finanzas equilibradas y sanas.	0.690		
7.- Promover el desarrollo de la tecnología en todos los campos de la administración pública.		0.798	
8.- Promover el desarrollo de fuentes de energía limpias		0.78	
2.- Reducir en todo el territorio nacional la tasa del ISR a un nivel competitivo tanto para personas físicas como morales.		0.748	
11.- Reducir el gasto social con fines paternalistas. Y en su lugar promover el espíritu empresarial, así como la capacitación.		0.73	
28.- Promover una justicia expedita, proporcional, equitativa y apegada a derecho.		0.716	
4.- Eliminar la entrega de documentos en cualquier trámite de la Administración pública. Y sólo realizar la solicitud correspondiente.		0.708	
17.- Enfrentar la corrupción con el uso de la tecnología y la aplicación de la Ley.		0.687	
32.- Establecer una política de salarios dignos y competitivos en todos los sectores.		0.685	
23.- Promover un transporte que utilice energías limpias y con capacidad masiva, tal es el caso de un tren rápido.		0.625	
25.- Promover y apoyar más la creación de microempresas.		0.587	
10. Implementar una educación basada en la calidad y competencias con un enfoque hacia la investigación y desarrollo tecnológico. Asimismo, gratuita y obligatoria en todos los niveles educativos.			0.645
26.- Promover la competencia en los distintos campos de las comunicaciones.			0.631
5.- Promover y facilitar la inversión nacional y extranjera.			0.603
13.- Promover la especialización y competencia entre los municipios y los estados para generar sus propios recursos económicos.			0.592
21.- Mantener una política de protección ambiental.			0.584
27.- Proveer servicios de adiestramiento, asesoría, asistencia técnica y de laboratorio en áreas de la productividad industrial			0.564
12.- Reducir mediante el uso de la tecnología los gastos del gobierno.			0.55
20.- Promover la construcción de viviendas ecológicas, con espacios amplios y dignos.			0.549
33.- Reducir los subsidios y mantener una política económica competitiva.			0.519
% de la varianza	40.405	33.343	22.350
% acumulado	40.405	73.748	96.098
Total	13.334	11.003	7.376
Autovalor	92.905	2.068	1.125

Fuente: Elaboración propia

Los tres factores obtuvieron una consistencia interna significativa, el coeficiente alfa de Cronbach para el factor tecnología fue de 0.996, en el factor desarrollo económico de 0.992 y para el factor competitividad 0.994.

Los promedios de calificación de las variables del factor tecnología cayeron en un rango de una media de 2.82 (DE = 1.580) en la percepción de estar de acuerdo en promover la especialización en los distintos sectores económicos, hasta una media de 3.74 (DE = 1.549) en estar totalmente de acuerdo en otorgar más autonomía a los municipios y a los estados. Así como desconcentrar en los mismos más funciones pertenecientes a las secretarías del gobierno federal.

Los promedios de calificación de las opiniones para el factor desarrollo económico tuvieron un rango de una media de 2.37 (DE =1.014) en estar de acuerdo en la promoción y desarrollo de fuentes de energía limpias, hasta la opinión en el mismo sentido y con una tendencia a totalmente de acuerdo en enfrentar la corrupción con el uso de la tecnología y la aplicación de la ley ($\overline{X}$ 2.99; DE = 1.507). En el caso del factor competitividad el rango vario de una media de 2.42 (DE =1.486) en estar de acuerdo en reducir los subsidios y mantener una política económica competitiva, hasta la percepción de mantener una política de protección ambiental ($\overline{X}$ 2.96; DE = 1.424).

El análisis de discriminación de las opiniones resultó en la dirección esperada, las valoraciones promedio del grupo bajo fueron menores que las otorgadas por el grupo alto, en todos

 ISSN 2007-8102

los casos la diferencia fue estadísticamente significativa. Además, se observó que el grupo alto manifestó menos variabilidad en comparación con el grupo bajo (Tabla 2).

Tabla 2. Análisis descriptivo y de consistencia interna por factores de las opiniones de los directivos. Así como de discriminación y comparación del grupo bajo con el grupo alto por factores (n=450)

Factor tecnología *ítems* 14 α_{total} =0.996, M_{total} = 3.27 y DE_{total} =1.601 (n Grupo bajo =117 y n Grupo alto =117, con 95% de intervalo de confianza y gl =232).								
Ítems	**Alfa si se elimina el *ítem***	$\overline{X}$	**SD**	**M_b**	**DE**	**M_a**	**DE**	***t de Student***
6.- Fomentar el ahorro nacional	0.996	3.05	1.861	1.00	0.000	5.58	0.495	-100.010
22.- Asistencia técnica en investigación y desarrollo. perfeccionamiento del diseño y elaboración de productos, mejoramiento de normas y calidad.	0.995	3.41	1.660	1.46	0.501	5.58	0.495	-63.261
19. Promover un sistema de salud de calidad con cobertura nacional y gratuito.	0.996	3.47	1.775	1.20	0.399	5.77	0.423	-85.032
3.- Implementar las auditorias electrónicas. Y reformar las leyes tributarias que tiendan a promover la competitividad y protección de los trabajadores contra pandemias como el COVID 19.	0.995	3.27	1.590	1.38	0.489	5.43	0.497	-62.755
9.- Reducir la dependencia de combustibles fósiles	0.996	3.70	1.618	1.62	0.489	5.58	0.495	-61.645
18.- Enfrentar la delincuencia con el uso de la tecnología, mediante la educación y la aplicación de la Ley.	0.995	3.18	1.612	1.31	0.464	5.35	0.620	-56.472
14.- Otorgar más autonomía a los municipios y a los estados. Así como desconcentrar en los mismos más funciones pertenecientes a las secretarías del gobierno federal.	0.996	3.74	1.549	1.66	0.684	5.58	0.495	-50.226
1.- Implementar un solo impuesto al valor agregado para todos los bienes y servicios, sin excepciones. Y destinar un porcentaje de este a la capacitación de trabajadores de cada sector.	0.996	3.73	1.613	1.50	0.638	5.58	0.495	-54.580
24.- Promover la especialización en los distintos sectores económicos.	0.996	2.82	1.580	1.35	0.479	5.09	0.877	-40.439
15.- Ejercer un mejor control del gasto público hacia los estados y municipios por medio del uso de la tecnología.	0.995	3.13	1.588	1.23	0.423	5.32	0.667	-56.043
30.- Mantener una política de relaciones internacionales activa y acorde a la realidad nacional e internacional.	0.995	3.02	1.658	1.00	0.000	5.27	0.761	-60.711
16.- Ejercer un mejor gasto programable mediante el uso de herramientas electrónicas.	0.996	2.93	1.623	1.12	0.326	5.20	0.790	-51.576
31.- Establecer pensiones dignas	0.996	3.48	1.690	1.27	0.448	5.58	0.495	-69.777
29.- Mantener unas finanzas equilibradas y sanas.	0.996	2.90	1.568	1.23	0.423	5.12	0.800	-46.459
Factor desarrollo económico ítems 10 α_{total} =0.992, M_{total} = 2.58 y DE_{total} =1.248 (n Grupo bajo =117 y n Grupo alto =126, con 95% de intervalo de confianza y gl =241).								
Ítems	**Alfa si se elimina el *ítem***	$\overline{X}$	**SD**	**M_b**	**DE**	**M_a**	**DE**	***t de Student***
7.- Promover el desarrollo de la tecnología en todos los campos de la administración pública.	0.992	2.40	1.080	1.15	0.362	3.54	0.952	-25.446
8.- Promover el desarrollo de fuentes de energía limpias	0.992	2.37	1.014	1.15	0.362	3.44	0.795	-28.435
2.- Reducir en todo el territorio nacional la tasa del ISR a un nivel competitivo tanto para personas físicas como morales.	0.991	2.49	1.217	1.08	0.268	3.83	1.081	-26.740

 ISSN 2007-8102

11.- Reducir el gasto social con fines paternalistas. Y en su lugar promover el espíritu empresarial, así como la capacitación.	0.991	2.39	1.195	1.00	0.000	3.75	1.033	-28.834
28.- Promover una justicia expedita, proporcional, equitativa y apegada a derecho.	0.991	2.48	1.238	1.00	0.000	3.83	1.074	-28.454
4.- Eliminar la entrega de documentos en cualquier trámite de la Administración pública. Y sólo realizar la solicitud correspondiente.	0.991	2.55	1.217	1.15	0.362	3.94	1.010	-28.164
17.- Enfrentar la corrupción con el uso de la tecnología y la aplicación de la Ley.	0.992	2.99	1.507	1.35	0.479	4.72	0.926	-35.232
32.- Establecer una política de salarios dignos y competitivos en todos los sectores.	0.991	2.78	1.395	1.20	0.399	4.47	0.787	-40.407
23.- Promover un transporte que utilice energías limpias y con capacidad masiva, tal es el caso de un tren rápido.	0.991	2.59	1.437	1.00	0.000	4.36	1.113	-32.613
25.- Promover y apoyar más la creación de microempresas.	0.992	2.79	1.506	1.20	0.399	4.86	0.836	-43.010
Factor competitividad ítems 10 ***ítems*, α total =0.994, M total = 2.78 y DE total =1.330** **(n Grupo bajo =144 y n Grupo alto =113, con 95% de intervalo de confianza y gl =255).**								
Ítems	**Alfa si se elimina el *ítem***	$\overline{X}$	**SD**	**M_b**	**DE**	**M_a**	**DE**	***t de Student***
10. Implementar una educación basada en la calidad y competencias con un enfoque hacia la investigación y desarrollo tecnológico. Asimismo, gratuita y obligatoria en todos los niveles educativos.	0.993	2.87	1.304	1.41	0.493	4.52	0.992	-30.522
26.- Promover la competencia en los distintos campos de las comunicaciones.	0.993	2.83	1.388	1.28	0.453	4.64	0.983	-33.579
5.- Promover y facilitar la inversión nacional y extranjera.	0.993	2.68	1.178	1.44	0.498	4.04	1.047	-24.391
13.- Promover la especialización y competencia entre los municipios y los estados para generar sus propios recursos económicos.	0.992	2.86	1.410	1.41	0.493	4.84	0.841	-38.495
21.- Mantener una política de protección ambiental.	0.993	2.96	1.424	1.44	0.498	4.92	0.803	-40.399
27.- Proveer servicios de adiestramiento, asesoría, asistencia técnica y de laboratorio en áreas de la productividad industrial.	0.993	2.82	1.377	1.41	0.493	4.76	0.771	-40.201
12.- Reducir mediante el uso de la tecnología los gastos del gobierno.	0.993	2.66	1.229	1.44	0.498	4.16	1.090	-24.601
20.- Promover la construcción de viviendas ecológicas, con espacios amplios y dignos.	0.993	2.92	1.447	1.28	0.453	4.80	0.898	-37.955
33.- Reducir los subsidios y mantener una política económica competitiva.	0.994	2.42	1.486	1.00	0.000	4.56	1.101	-34.334

* p < 0 .05
Fuente: Elaboración propia

Se evidencia una asociación significativa entre los tres factores. Es decir, la relación entre los tres factores de políticas públicas es muy estrecha que cualquier variable de las treinta y tres que se maneje por parte del gobierno federal repercutirá en las demás. (tabla 3).

Tabla 3. Correlación entre factores (n = 450).

Factores	Factor tecnología	Factor desarrollo económico	Factor competitividad
Factor tecnología	1	.954**	.968**
Factor desarrollo económico	.954**	1	.970**
Factor competencia	.968**	.970**	1

** p < 0.01
Fuente: Elaboración propia.

Definitivamente no hay análisis que se construya sin datos de la población, pero también no hay forma más sencilla de equivocarse que no expresar la total fidelidad acerca de los datos mismos con que se cuenta; en este sentido es preciso asumir críticamente tanto los problemas en sí, como las herramientas y restricciones que afectan a una nación. Es equivoco no considerar la opinión de los gobernados, en este caso, a los directivos pertenecientes a diferentes empresas del sector calzado del estado de Guanajuato sobre la prioridad de manejo de las políticas públicas en aras lo lograr el desarrollo y la competitividad.

Trabajo a futuro

La investigación abre nuevas líneas, especialmente, en profundizar en los factores y sus variables para conocer qué metodología dentro de la administración pública es la adecuada para lograrlos. Asimismo, extender la investigación a otros actores y sectores sociales y empresariales. De tal manera que la toma de decisiones por parte del estado mexicano tenga un respaldo científico y no empírico con el firme propósito de reducir las equivocaciones y aumentar los aciertos en beneficio del crecimiento económico.

Conclusión

Los problemas públicos suscitan siempre interrogantes al respecto de cómo intervenir en ellos; definitivamente no hay recetas. Aunque de manera tradicional las políticas públicas podrían analíticamente observarse en las etapas de diagnóstico, formulación, ejecución y evaluación, lo cierto del caso es que de acuerdo con los resultados de esta investigación las diversas variables de las políticas públicas mediante los factores se manifiestan “circulares” y existe un ir y venir respecto de aquellas etapas en forma constante.

Las características multidisciplinarias de las perspectivas de los participantes en la investigación, desde las cuales, se abordan las políticas públicas para el desarrollo y competitividad más que un impedimento para el análisis abre una perspectiva fecunda acerca del cómo afrontar los asuntos públicos en prioridad y de manera integral, sobre todo, considerando que existe una relación significativa entre las mismas, como se muestra en la presente investigación, la estrecha relación entre los factores.

Referencias

[1] De la Garza Montemayor, D. J., Yllán Ramírez, E. R., y Barredo Ibáñez, D. (2018). Tendencias en la administración pública moderna: la nueva gestión pública en México. Utopia y Praxis Latinoamericana, 23(81), 28–45. Retrieved from http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=fua&AN=132310854&site=ehost-live

[2] Durand Alcántara, C. H. (2017). Derechos y Políticas Públicas. (Desafíos políticos e institucionales en México). Alegatos - Revista Jurídica de La Universidad Autónoma Metropolitana, (96), 459–464. Retrieved from http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=fua&AN=126420781&site=ehost-live

[3] Fernández, Z. M., Aguilar Criado, E., & Amaya, C. S. (2019). Institutional density and public policies in two cases of geographical indications from Mexico and Spain. *Journal of Agrarian Change, 19*(2), 361–379. https://doi.org/10.1111/joac.12276

[4] González Ibarra, M., y Gallego Marín, J. (2018). Aproximación cualitativa para abordar la Construcción de ciudadanía y su incidencia en políticas públicas. Los ejemplos de Pereira, en Colombia, y de la Ciudad de México. *Espacio Abierto. Cuaderno Venezolano de Sociología, 27*(2), 47–70. Retrieved from http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=fua&AN=132553999&site=ehost-live

[5] Juan Sánchez González, J. (2009). Origen y desarrollo del estudio de la administración pública en México. Convergencia: *Revista de Ciencias Sociales, 16*(49), 37–72. Retrieved from http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=fua&AN=42518216&site=ehost-live

[6] Meza, O., y Moreno Jaimes, C. (2019). Táctica De Política. Pequeños Cambios Para Mejorar La Gerencia Pública. *Foro Internacional, 59*(1), 147–188. https://doi.org/10.24201/fi.v59il.2584

[7] Ordóñez-Sedeño, J., y de Paz-González, I. (2017). Estado Constitucional Y Gobernanza: Bases Para Una Apertura Democrática De Las Políticas Públicas en México. *Vniversitas*, (134), 169–208. https://doi.org/10.11144/Javeriana.vj134.esgb

[8] Sentíes Santos, M. E., y Meza Tellez, M. D. C. (2011). La Administración Pública en México frente al siglo XXI: Retos y Oportunidades. *Revista de La Alta Tecnología y Sociedad, 5*(1), 50–55. Retrieved from http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=fua&AN=67073515&site=ehost-live

[9] Díaz Pérez, C., y Alarcón Osuna, M. A. (2018). Ciencia, tecnología e innovación en México: un análisis de la política pública. *Estudios Regionales En Economía, Población y Desarrollo*, (47), 3–33. Retrieved from http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=bth&AN=131365448&site=ehost-live

[10] Varela Guinot, H. (2017). Construcción institucional del desarrollo social en México. *Estudios Politicos*, (42), 171–175. Retrieved from http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=poh&AN=125413524&site=ehost-live

[11] Carrera Troyano, M., & Domínguez Martín, R. (2017). Poverty Reduction in Brazil and Mexico. Growth, Inequality and Public Policies. *Revista de Economía Mundial*, (45), 23–42. Retrieved from http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=bth&AN=123175902&site=ehost-live

[2] Campos, V. R. M., Chavez, E., & Esquivel, G. (2018). Estimating Top Income Shares Without Tax Return Data: Mexico Since the 1990s. *Latin American Policy, 9*(1), 139–163. https://doi.org/10.1111/lamp.12143

[13] Hernández Licona, G. (2019). El Desarrollo Económico en México. *Estudios: Filosofía, Historia,Letras,* (128), 129–168. https://doi.org/10.5347/01856383.0128.000292935

[14] Medellín Mendoza, L. N. (2018). De la victoria de un candidato independiente a los desafíos en la eficacia del desempeño gubernamental: el caso del estado de Nuevo León, México. *Papel Político, 23*(2), 1–16. https://doi.org/10.11144/Javeriana.papo23-2.vcid

[15] Alejandra Rojo, I., Castro, B., y Perevochtchikova, M. (2018). Análisis de disfuncionalidad institucional de programas de política pública ambiental en la Ciudad de México, 2000-2012. *Gestión y Política Pública, 27*(1), 211–236. Retrieved from http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=bth&AN=131440658&site=ehost-live

[16] Brenner, L. (2018). Los impactos ambientales de las políticas públicas en los manglares de Chiapas, México Una: consecuencia de la falta de integración de la política ambiental. *Gestión y Política Pública, 27*(1), 237–267. Retrieved from http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=bth&AN=131440660&site=ehost-live

[17] Directorio Nacional de Calzado (2019). *Fabricantes, marcas y proveedores*. Ciudad de México:Editorial Lair.

[18] Ortiz Vancini, C. & Guevara Sanginés, M.L. (2001). *Estudio de opinión: empleadores reales y potenciales sobre la Universidad de Guanajuato* / Plan de Desarrollo Institucional 2001. Guanajuato: Universidad de Guanajuato

Innovación al Modelo de Negocios Canvas para una empresa turística ante la emergencia del COVID-19

E. Mendoza Ramírez[1], J. Garnica González[1*], E. Cruz Coria[2], N. Escamilla Toboada[3].
Instituto de Ciencias Básicas e Ingeniería[1], Pachuca-Tulancingo Km. 4.5, Carboneras, 42184, Pachuca de Soto Hidalgo.
Instituto de Ciencias Económico Administrativa[2], Camino La Concepción, s/n San Juan Tilcuautla, 42160. 7717172000. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo[1]
Universidad Autónoma Metropolitana[3]
*jgarnica@uaeh.edu.mx

***Área de participación**: Ingeniería Administrativa*

Resumen

Actualmente, la crisis generada por la pandemia de COVID-19 ha dejado al descubierto la fragilidad de las empresas turísticas rurales, las cuales se han visto afectadas por la crisis sanitaria, económica y social a nivel mundial, forzándolas a realizar cambios en sus modelos de negocio. Derivado de ello, este trabajo de investigación tiene como objetivo principal hacer una propuesta de innovación al modelo Canvas, con la finalidad de buscar ideas que permitan a las empresas turísticas rurales modificar las estrategias de planificación que utilizan. Se desarrolló en cuatro etapas, empezando por la observación del entorno, posteriormente la realización de una innovación al modelo Canvas, seguida de proponer algunos indicadores y por último una propuesta de tablero. Obteniéndose como resultado una innovación del modelo Canvas, propuesto para empresas turísticas rurales, así como una estrategia de aplicación de dicho modelo en la práctica, ayudando en la economía del país ante el COVID-19.

***Palabras clave**: Modelo Canvas, Paradigma, Turismo rural, COVID-19.*

Abstract

Currently, the crisis generated by the COVID-19 pandemic has exposed the fragility of rural tourism companies, which have been affected by the global health, economic and social crisis, forcing them to make changes in their tourism models deal. Derived from this, the main objective of this research work is to make an innovation proposal to the Canvas model, in order to seek ideas that allow rural tourism companies to modify the planning strategies they use. It was developed in four stages, starting with the observation of the environment, then an innovation to the Canvas model, followed by proposing some indicators and finally a board proposal. Obtaining as a result an innovation of the Canvas model, proposed for rural tourism companies, as well as a strategy for applying said model in practice, helping the country's economy in the face of COVID-19.

***Key words**: Canvas Model, Paradigm, Rural tourism, COVID-19*

Introducción

Desde el origen del fenómeno turístico, se han suscitado algunas crisis de naturaleza económica, política, social e incluso ambiental que han dejado al descubierto la vulnerabilidad de esta actividad que, actualmente, se ha convertido en uno de los principales pilares de la economía a nivel mundial. En la historia se han identificado grandes pandemias que han afectaron los desplazamientos por turismo [1]. Desde mediados del siglo XIV, con la peste negra, hasta la aparición de del Virus de Inmunodeficiencia Adquirida en 1981 (VIH). Posteriormente Gutiérrez, Orenday y

Gutiérrez, hablan del virus de la influenza (H1N1), considerándose como la primera pandemia del siglo XXI, la cual era catalogada como moderadamente grave [2].

Actualmente, se ha registrado la aparición del coronavirus SARS-CoV-2 que, según la Organización Mundial de la Salud (OMS), el coronavirus es una familia extensa de virus, que puede causar enfermedades tanto en animales como en personas, en las personas puede causar infecciones respiratorias hasta algo más grave como un síndrome respiratorio de Oriente Medio (MERS) y un síndrome respiratorio agudo severo (SARS). El COVID-19 es una enfermedad infecciosa causada por el coronavirus, el cual se inició en China y se expandió por todo el mundo, hasta llegar a México. El coronavirus es una enfermedad viral respiratoria, reportada el 31 diciembre de 2019 por la Comisión de Salud Municipal de la ciudad de Wuhan, la cual pertenece a la familia genética de los virus de SARS-CoV y MERS-CoV que surgió en China y Arabia Saudita en los años de 2002 y 2012 [3]. En la Ciudad de México el primer caso se presentó, el 27 de febrero de 2020, que hasta la fecha no se ha podido disminuir, causando una crisis sanitaria, económica y social en las diversas industrias, afectando a todos los sectores de la industria, público y privado [4].

Rojo y Bonilla, expresan que la crisis sanitaria que se está viviendo actualmente, ha resaltado las deficiencias económicas, la fragilidad social y la vulnerabilidad que tienen los países en desarrollo. La pandemia es una enfermedad que se propaga rápidamente, incrementándose de forma exponencial, afectando no solo en la salud, sino en otros ámbitos [5]. Santos, menciona que cuando se ve de cerca el peligro o se está en crisis, se toma consciencia de la sostenibilidad, el respeto de la vida, la salud y la inclusión social, generando con esto un aprendizaje, y un cambio en los modelos sociales, culturales y económicos [6]. Los efectos negativos de la crisis sanitaria siguen y seguirán, por lo que muchos economistas y analistas estudian escenarios de recuperación con el propósito de reactivar la economía del país, tratando que todo regrese a la normalidad [7]. Ya que cuando se presenta un problema de pandemia los turistas dejan de viajar, tanto por la prohibición de las fronteras como por el miedo a contagiarse y es ahí cuando la economía se detiene.

La pandemia del COVID-19 ha paralizado muchas actividades sociales y económicas provocando la reducción en el consumo y la disminución de la producción. Naidu, Rodrik y Zycman, vislumbran que esta situación conducirá a una situación de reflexión y cambio, reforzando las condiciones ambientales actuales [8]. Sin embargo, muchas empresas privadas y los gobiernos han tenido que detener su producción y han logrado hacer un cambio en la forma de trabajo, buscando enfrentar la situación de la mejor manera, muchas de ellas, haciendo uso de la tecnología para no detener su producción, pero otras empresas han tenido que cerrar definitivamente, afectando a muchas familias que dependen de su trabajo. Se ha experimentado una pérdida masiva de empleos en todo el mundo y por ende en México [9].

Actualmente el COVID-19 está afectando al sector turismo, esta pandemia representa un reto a nivel mundial. Cuando se presenta una situación de esta naturaleza, en la actividad turística se ve la necesidad de hacer algunas modificaciones en la oferta, tales como: en las condiciones de los destinos, las relaciones laborales, el marco turístico, en los productos turísticos, entre otros [10].

El turismo desempeña un papel importante en la creación de empleos, aporta el 8.7% del PIB nacional, genera 14.7 miles de millones de dólares en el saldo de la Balanza Turística, activa una cadena de valor de 65 mil millones de dólares en proveeduría y un 4.1 millones de personas [11]. Que de acuerdo al CICOTUR (Centro de Investigación y Competitividad Turística Anáhuac) realizó un estudio estadístico y de probabilidad en el mes de abril, en cuanto a la afectación del turismo como resultado de la pandemia de coronavirus, teniendo una reducción del consumo turístico de casi 240 mil millones de pesos [12].

Con base a lo anterior se observa que muchas pandemias o sucesos inesperados hay ocasionado una depresión en la economía de los países, provocando incertidumbre. Sin embargo, se tiene detectado que después de una crisis económica, tiene que haber un resurgimiento, para lo cual es necesario emplear estrategias de las cuales muchas ya se han puesto en práctica, como es el conocimiento compartido y colaborativo, las alianzas entre países, muchas de las pandemias anteriores se enfocaron en apostar por un crecimiento en la producción agrícola, la minería y en la moda desarrollo textil [13]. No obstante, muchas de estas estrategias se enfocan en el trabajo en equipo, en las alianzas y colaboración entre países, para la activación de la economía, provocando una reestructura de las actividades en las organizaciones y empresas [14].

La naturaleza disruptiva de esta pandemia está cambiando desde las rutinas de trabajo y la actividad económica, hasta las prioridades que se tienen, haciendo que muchos hábitos se modifiquen, de los cuales algunos podrían cambiar definitivamente [15]. La tecnología de la información y comunicaciones pueden ser, un medio de integridad en los procesos de abastecimiento y atención, Giles dice que cuando se presenta una situación como la que hoy actualmente se está viviendo, es importante ver que el fenómeno de la pandemia tiene distintos efectos en función a distintas condiciones particulares, por ejemplo, en el sector turístico rural, donde surge la necesidad de reordenar prioridades, haciendo una reorganización en el sector turístico rural, como en los modelos de negocio de estas organizaciones [16].

Por otra parte, es importante que las empresas que gravitan en un marco de decisiones mensurada y tradicional, son vulnerables a desaparecer y más en condiciones de la pandemia, donde ninguna empresa estaba preparada ante cierta situación, y se dice que podrían desaparecer, porque la dirección de los negocios modernos gira en torno a la capacidad resiliente y a la habilidad que se tenga para hacer modificaciones inmediatas. Mucho del crecimiento sostenible de las organizaciones rurales, hablan sobre las amenazas y cambios que eventualmente se presenten, superando adversidades reinventando los modelos de negocio, buscando una innovación, teniendo estrategias para su supervivencia, rompiendo paradigmas y más en tiempos de crisis como el que se vive actualmente [9].

Es por esto que es necesario hacer un cambio de paradigma, donde se debe comprender, aceptar y hacer una adaptación al cambio o a lo que se está presentando actualmente, teniendo modificaciones en el ámbito social, familiar y personal, fomentando un cambio de actitudes, acciones, de valores ante la crisis que se enfrenta, donde los modelos de negocios de las empresas de turismo rural se adaptan a la actualidad generada por la contingencia del COVID-19. La organización debe determinar los conocimientos necesarios para la operación de sus procesos y así lograr la conformidad de sus productos y servicios [17].

Según Marote, los modelos de negocios tradicionales son caducos, es por ello que es importante apostar en modelos de negocios que vayan encaminados a la tecnología y a la cultura social, ya que la sociedad está demandando a las empresas con mayor compromiso social y medio ambiente, generando un cambio en la economía transformándola de economía tradicional a economía digital, rompiendo paradigmas [18]. Kuhn, menciona que un paradigma es todo aquel modelo, patrón o ejemplo que debe seguirse ante cierta situación, la ciencia va cambiando y por lo tanto los paradigmas se van modificando, para tener un cambio de paradigma se tiene que innovar, para adaptarse al momento que se está viviendo [19].

Por ello Rouse, explica que la innovación dentro de una organización, tiene que empezar por la idea, hasta llegar a una implementación, esto abarca las decisiones, las actividades y prácticas de la elaboración y aplicación de una estrategia de innovación. La innovación organizacional es encontrar oportunidades internas en una empresa, en otras palabras, es encontrar las debilidades que tiene el negocio en sus relaciones internas, en creatividad y apertura de información para convertirlas en oportunidades

 ISSN 2007-8102

de información, buscando nuevas formas de trabajar, en busca de nuevos diseños organizacionales además de tener una adaptación a las condiciones que se presentan actualmente, como es el caso de la pandemia [20].

Cuando se habla de resiliencia aplicado al ámbito empresarial se hace referencia a la capacidad de las empresas a adaptarse a los momentos de cambio que se presentan en su entorno, como actualmente se presenta la pandemia del COVID-19, la cual afecto a todas las empresas de turismo rural, ya que no se tenía la preparación para afrontar esta crisis sanitaria, económica y social. En busca de ello las organizaciones rurales, han tenido que replantear sus estrategias e innovaciones dentro de sus modelos de negocio, haciendo un cambio de paradigma, con la finalidad de adaptarse a las condiciones que se presentan en el momento, teniendo como propósito la supervivencia de la empresa rural, con el uso de la tecnología y las herramientas. Es por ello que con esta investigación lo que se propone es realizar una innovación del modelo Canvas, con el propósito de tener en consideración el tiempo que se está viviendo actualmente y los cambios a los que se tiene que enfrentar una organización.

Metodología

Este trabajo de investigación se desarrolla a partir del modelo Canvas, el cual permite analizar y crear modelos de negocio de forma simplificada. A través de esta modelo es posible plasmar la idea en un modelo empresarial, beneficiando la comprensión. Así mismo, permite obtener una perspectiva de los entornos de la empresa, obteniendo un análisis estratégico como se muestra en la Figura 1.



Figura 1. Metodología

- Observación del entorno. Dentro de la metodología propuesta se observa que existen cuatro bloques, el primero de ellos hace referencia a la observación de todos los acontecimientos que están ocurriendo en este momento de contingencia que se está viviendo, así como la relación de estos factores dentro del modelo Canvas y el sector turismo rural. Esta observación del entorno se hizo mediante un análisis PESTEL, (análisis de factores Políticos, Económicos, Sociales y Tecnológicos), el cual analiza diferentes factores externos, con el objetivo de analizar y monitorear los factores macroambientales, que tiene un impacto en las organizaciones [21].

- Innovación del Canvas. Después de haber realizado el paso número uno, y de haber hecho un análisis de la correlación que tienen el modelo Canvas, el turismo rural y la pandemia, nace la necesidad de hacer una innovación dentro del mismo modelo, con el objetivo crear una mejora dentro del mismo modelo.

- Para poder realizar una innovación en el modelo Canvas, y después de haber hecho un análisis, se proponen ciertos indicadores con el objetivo satisfacer las necesidades que surgen con la contingencia, mediante una correlación de las variables.

- Teniendo los indicadores propuestos, se hace la construcción del tablero dentro de los lienzos del modelo Canvas, con el objetivo de mitigar los daños ocasionados por la pandemia, haciendo una contribución en la estabilidad de las organizaciones.

 ISSN 2007-8102

Modelo Canvas

Uno de los modelos más usados dentro de las empresas es el modelo Canvas, [22]. Este modelo consta de siete lienzos como se muestran en la Figura 2. Es considerado como uno de los mejores sistemas para comunicar de forma sencilla lo que es la estrategia de una empresa, evaluando la viabilidad y eficacia dentro de la organización.



Figura 2. Modelo Canvas [22].

Observación del entorno

Dentro de la observación del entorno actual del medio donde se desenvuelven las empresas turísticas, es importante tomar en cuenta los factores exógenos a las empresas que están siendo generados por la pandemia del COVID-19. Teniendo que hacer una reestructura de trabajo de sus empleados y de sus procesos, con la finalidad de adaptarse a la situación actual, haciéndole frente no solo a la crisis sanitaria sino también económica y social, como se muestra en la Figura 3. Con base en el análisis de la metodología del entorno (PESTEL, acrónimo de los factores del macro entorno de la empresa) (políticos, económicos, sociales, ambientales y legales), le permite a la organización identificar los factores que podrían afectar a las variables que influyen en los niveles de oferta y demanda, así como en los costos de la empresa.

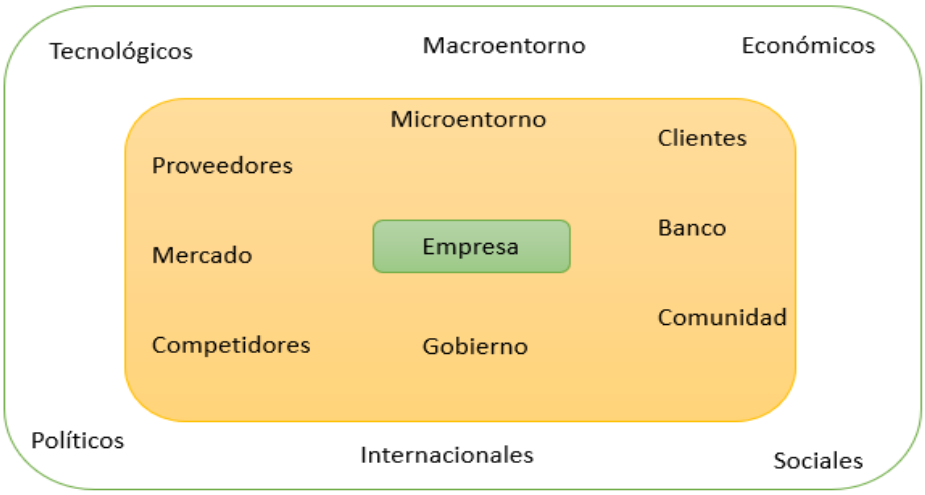


Figura 3. Observación del entorno de la organización [21]

 ISSN 2007-8102

Con este diagrama se puede observar la interacción que tiene la empresa, con algunos factores externos, que afectan a las actividades de las organizaciones, con la finalidad de hacer un cambio de paradigma.

Innovación del Canvas

Después de hacer un análisis de las transformaciones generadas por la pandemia, así como de cada uno de los procesos que se realizan en el modelo Canvas, se visualizó un área de oportunidad: es necesario cambiar de estrategia, haciendo innovación dentro del modelo Canvas con la finalidad de ser resiliente y hacer una adaptación al medio, ya que la pandemia está afectando a la economía del sector turístico. Modificando el valor del cliente, así como los canales de distribución, los costos, la cuestión financiera, así como a las alianzas estratégicas. Por lo cual es necesario hacer uso de las diferentes herramientas de información y comunicación, teniendo una innovación dentro del modelo. Teniendo una adaptación al medio y generando estrategias de distribución, comunicación, y comercialización de los diferentes servicios o productos, dentro de las empresas turísticas rurales.

Propuesta de los indicadores

El COVID-19, nos ha llevado a una realidad que redefine muchos pilares a nivel económico y empresarial. Obligando a las empresas a reinventar su propuesta de valor, su arquitectura y su cadena de valor, así como el beneficio económico. Ya que la propuesta de valor de las empresas rurales ha cambiado para los consumidores, y las empresas tendrán que cambiar sus modelos de negocio y adaptarse al momento que se está viviendo, todo esto a raíz de los impactos de la pandemia.

Sin embargo, a pesar de las dificultades que muchas de las empresas enfrentan, debido a las medidas tomadas para evitar la propagación del COVID-19, los emprendimientos de las organizaciones rurales buscan adaptarse buscando soluciones inmediatas. Es por ello que después de un análisis del modelo Canvas y de la situación actual de la pandemia, se llegó a la conclusión que existe mucho miedo o desconfianza de activar el turismo, por ello, se tiene que involucrar algunos indicadores que beneficien y reactive la economía de este sector, como se muestra en la Figura 4.

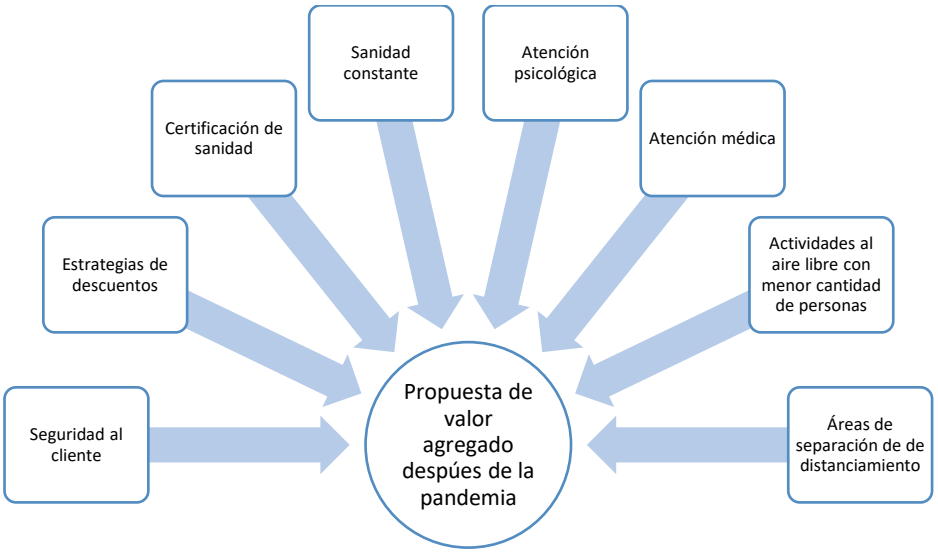


Figura 4. Propuesta de los indicadores

 ISSN 2007-8102

Construcción del tablero

Después de analizar los indicadores es preciso hacer la construcción del tablero para su visualización, el cual permita observar cómo sería la interacción con los otros lienzos, tal y como se muestra en la Figura 5. Entendiendo que la tecnología de la información ha tomado cada vez mayor importancia en las organizaciones, generando una herramienta de comunicación y de trabajo de las mismas organizaciones o empresas, buscando la mejor atención a los clientes, dando mayor eficacia a los mismos.

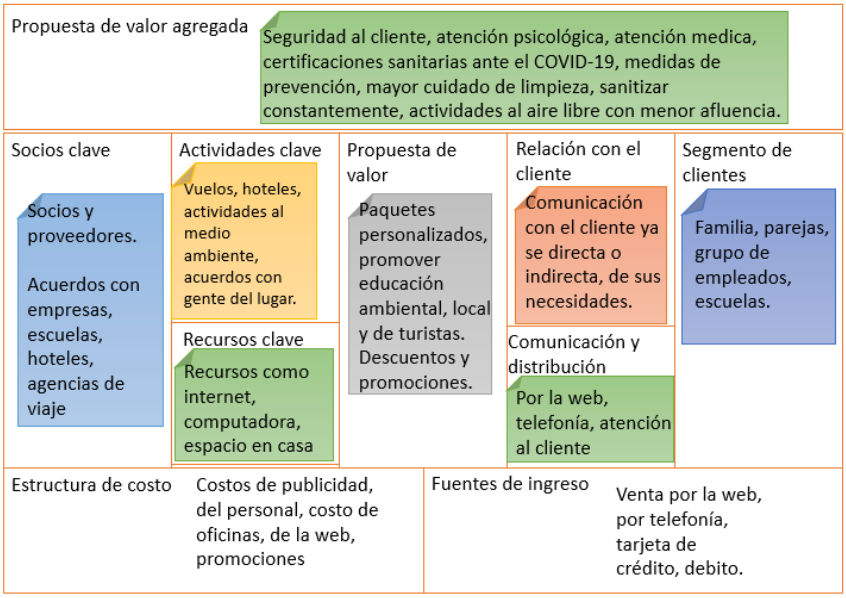


Figura 5. Innovación del Modelo Canvas para el Turismo

Después de observar todo lo que se vive en el país y en el mundo, la cual está afectando la económica del mismo, y con ello al sector del turismo rural, se propuso hacer una innovación del modelo Canvas haciendo una reorganización en las estrategias. El objetivo es crear una aportación para la contribuir en la activación de la economía, contrarrestando un poco los efectos de la pandemia del COVID-19, la cual generó una crisis sanitaria y también una crisis a nivel emocional, generando miedo en muchos turistas para salir de vacaciones o a algún sitio, por temor a tener algún contagio. Es por ello que con esta innovación se pretende generarle al turista un poco de confianza al salir de vacaciones.

Aplicación de la propuesta de valor agregado

Teniendo la propuesta de valor agregado se debe proponer una forma de cómo ponerlo en práctica, para ello se muestra un diagrama de flujo en la Figura 6.

 ISSN 2007-8102

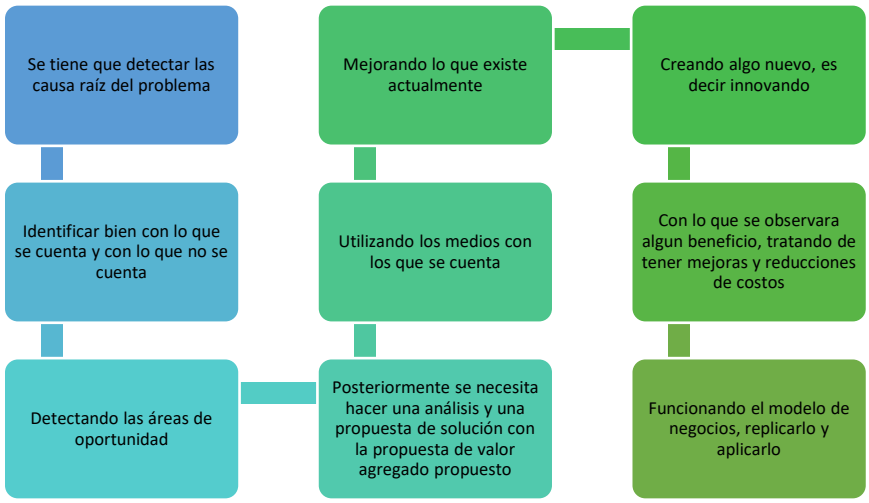


Figura 6. Diagrama de aplicación de la propuesta de valor

Este diagrama de flujo está basado en el método In Camp [23], donde se propone una metodología de cómo se puede aplicar los indicadores que se propusieron en esta investigación dentro del modelo Canvas, con la finalidad de generar una visión más amplia de su aplicación dentro del sector turismo rural.

Resultados y discusión

Con este trabajo de investigación, se busca hacer una pequeña contribución ante la situación que se está viviendo actualmente con la pandemia del COVID-19, la cual afecto y paralizó la vida de las personas. Actualmente la contingencia vino a mostrar todas las carencias que se tienen en los sistemas u organizaciones a nivel privado y público, donde se están siguiendo estrategias, ya establecidas por otros países o por vivencias pasadas por las pandemias anteriores, sin embargo, aunque la tecnología tiene un avance, los países no contaban con el sustento y la preparación para enfrentar cierta situación, y menos los países en desarrollo como México, donde afecto a muchos sectores, entre ellos el sector turismo. Es por esto que, con este trabajo de investigación, se busca tener una estrategia que se pueda aplicar para que el turismo rural tenga un impulso que reactive su economía, generando un poco de confianza en los turistas, así como a las familias que viven del turismo de forma directa o indirecta. Teniendo en cuenta que los modelos van cambiando y adaptándose al medio y a las circunstancias, para lo cual se necesita hacer una reestructura de los procesos de las organizaciones, tomando en consideración, que esta pandemia también tuvo afectación a nivel emocional como a nivel económico.

Como conclusión con este proyecto de investigación se hizo una contribución a los modelos de negocios aplicados en el sector turismo rural, mediante los indicadores propuestos, la propuesta de valor agregado y la aplicación de la misma propuesta de valor, teniendo una aportación para contrarrestar en algo los efectos generados por la pandemia del COVID-19, el cual sigue afectando a la economía de las organizaciones y del país, generando una crisis económica del mismo. Por lo que se da cumplimiento al objetivo del trabajo.

Trabajo a futuro

Este trabajo de investigación, abre el panorama de cómo los cambios desestabilizan a un país y a las organizaciones, es por esto que, en la búsqueda de tener una estabilidad dentro de las empresas, es importante hacer cambios. Con este trabajo tanto con

trabajos futuros se buscará tener innovaciones en los modelos y las aplicaciones dentro de turismo de masas como el turismo alternativo, con la finalidad de hacer adecuaciones y mejoras a los diferentes tipos de turismo, haciendo un turismo más sustentable y haciendo frente a las contingencias que se presenten.

Referencias

[1] G. Huguet. (2020-03-25). Historia National Geografic. Grandes Pandemias y del Mundo. [Online]. Available. https://historia.nationalgeographic.com.es/a/grandes-pandemias-historia_15178/2.

[2] V. Gutierrez., M. Orenday y A. Gutierrez. "Influenza A (H1N1) 2009, Influenza A (H1N1) 2009, Influenza A (H1N1) 2009, epidemiología de la pandemia, epidemiología de la pandemia, epidemiología de la pandemia, valoración clínica y diagnóstico". *Investigación Materno Infantil.* Universidad Autónoma del Estado de México (UAEM), Vol 1(2). pp.64-74. Mayo-Agosto 2009.

[3] Organización Mundial de la Salud (2019). Infecciones por Coronavirus, [Online]. Available https://www.who.int/topics/coronavirus_infections/es/

[4] M. Gonzalez. (29 de Febrero 2020). ¿Qué tan preparado está el país para un brote de casos de COVID-19?. News mundo. [Online]. Available. https://www.bbc.com/mundo/noticias-america-latina-51684360.

[5] M. Rojo, y D. Bonilla. "COVID-19: La necesidad de un cambio de paradigma económico y social". *Departamento de Proyectos. Universidad Internacional Iberoamericana (UNINI),* Vol. 9 (2), mayo 2020.

[6] A. Santos del Valle. "La industria turística y el impacto del Covid-19". *Global Journal Consulting.* Bogotá Colombia. abril 2020.

[7] G. Durán." Covid-19 y el espejismo de la mejoría ambiental", *Iece Papers,* Instituto Complutense de estudios internacionales. 2020.

[8] S. Naidu, D. Rodrik y G. Zucman. "La economía después del neoliberalismo". *El trimestre económico* Vol. 137(2). pp. 509-524. 2020. DOI: 10.20430/etev87i346.1077.

[9] H. Vaca y F. Contreras. 10 "Resiliencia estratégica y valor compartido. El modelo disruptivo de la gestión empresarial sostenible". *Administración de empresas.* 2020.

[10] M. Petrizzo. "El impacto de la COVID-19 en el sector turismo". *Escuela de los Andes Venezolanos y Centro Internacional Miranda*. Universidad Nacional del Turismo, Mayo 2020.

[11] Entorno turístico. (abril 2020). El impacto a la actividad turística en México por el COVID-19 en abril [Online]. Available https://www.entornoturistico.com/el-impacto-a-la-actividad-turistica-en-mexico-por-el-covid-19-en-abril/

[12] Forbes México (7 de abril de 2020). Pérdidas en turismo por COVID-19, equivalen a casi 2 trenes mayas. [Online] Available. https://www.forbes.com.mx/negocios-crisis-pandemia-covid19-turismo-tren-maya/.

[13] I. Gil, "El COVID-19 y la cuestión del poder. AA.VV.: La salud, exigencia popular". *Nova Scientia.* Barcelona. Vol. 7 (13). pp. 126-127. 2015.

[14] SEFOTUR. (marzo del 2020). COVID-19 y el sector turístico enYucatán, Plan de recuperación turística ante la contingencia. Gobierno del Estado de Yucatan. [Online]. Available. http://docplayer.es/186313135-Covid-19-y-el-sector-turistico-en-yucatan-plan-de-recuperacion-turistica-ante-la-contingencia.html

[15] O. Trujillo. (15 de abril del 2015). La nueva economía. Universidad Iberoamericana. [Online]. Available. https://es.slideshare.net/OsTrujillo1/la-nueva-economia-46919713

[16] C. A. Giles. "Recomendaciones para la MIPyME ¿Qué hacer para sobrevivir a la pandemia del COVID-19?". *Instituto Belisario Domínguez Senado de la Republica*. Vol (86). Abril 2020.

[17] M. Borja "Conocimiento organizacional". *Arribalagauriarte Consulting,* 2016.

[18] D. Marote. "Innovación social es el motor de la nueva economía". *Retina*. El país economía. 2019. [Online]. Available. https://retina.elpais.com/retina/2019/07/09/tendencias/1562664972_430028.html

[19] T. Kuhn (16 de enero 2016). Extractos Filosóficos: los paradigmas según Thomas Kuhn. Naukas. [Online] Available. https://francis.naukas.com/2016/01/24/kuhn/

[20] M. Rouse. "Gestión de Innovación". 2017.

[21] J. Irigaray "Análisis PESTEL: en que consiste, como hacerlo y platillas". 17 de junio de 2020. [Online]. Available. https://retos-directivos.eae.es/en-que-consiste-el-analisis-pestel-de-entornos-empresariales/

[22] M. More, (9 de septiembre 2020). ¿Qué es el Modelo Canvas y cómo aplicarlo a tu negocio?, [Online], Available https://www.iebschool.com/blog/que-es-el-modelo-canvas-y-como-aplicarlo-a-tu-negocio-agile-scrum/

[23] D. Carrillo. *El Método INCAMP, emprendiendo en 12 pasos*. 1ra. ed. México: Chihuahua, 2019. 120 pp.

Gestión empresarial sobre los precios de transferencia en la industria automotriz y de autopartes

P. Tamayo Contreras[1], A. Jiménez Rico[1]

[1]Departamento de Gestión y Dirección de Empresas de la División de Ciencias Económico-Administrativas de la Universidad de Guanajuato. Fraccionamiento el Establo, Guanajuato, Gto. C.P. 36250.

aeinegocios1@gmail.com y a7jimenezrico@gmail.com

Área de participación: *Ingeniería administrativa*

Resumen

El éxito administrativo de las normas jurídicas de los precios de transferencia radica en la aplicación de una apropiada gestión empresarial. El objetivo de la investigación es conocer las principales variables administrativas que ayudan a una adecuada gestión empresarial sobre los precios de transferencia, desde la percepción de los directivos del sector de la industria automotriz y de autopartes del estado de Guanajuato. Se utilizó un diseño no experimental y transversal en una muestra de 140 directivos, de una población de 149 compañías. La confiabilidad del instrumento de medición fue del 94%. Los resultados reportan que el principio de autoridad y responsabilidad, la división del trabajo y los objetivos bien definidos de la organización guardan una relación significativa con una correcta gestión empresarial. Esta investigación toma relevancia dado que los precios de trasferencia buscan una plena competencia la que puede lograrse mediante una correcta administración.

Palabras clave: *Gestión empresarial, precios de transferencia, industria automotriz, industria de autopartes.*

Abstract

The administrative success of the legal rules of transfer pricing lies in the application of appropriate business management. The objective of the research is to know the main administrative variables that help an adequate business management of transfer prices, from the perception of the directors of the automotive and auto parts industry sector of the state of Guanajuato. A non-experimental and cross-sectional design was used in a sample of 140 executives from a population of 149 companies. The reliability of the measuring instrument was 94%. The results report that the principle of authority and responsibility, the division of labor and the well-defined objectives of the organization are significantly related to proper business management. This research is relevant given that transfer prices seek full competition, which can be achieved through proper administration.

Key words: Business management, transfer pricing, automotive industry, auto parts industry.

Introducción

Los precios de transferencia datan del siglo XIX, como resultado del traslado de perdidas o ganancias para reducir la carga tributaria o para influir en la plena competencia entre empresas británicas. Principalmente, en la industria textil sajona se realizaban operaciones comerciales con industrias ubicadas en Escocia transfiriendo perdidas o ganancias, así como influir en el precio final. Con el paso de los años el tema de precios de transferencia se convirtió en un aspecto importante en la gestión empresarial considerándose como un proceso estratégico, administrativo y de control frente al manejo de los recursos de la empresa para aumentar su productividad, competitividad, efectividad y eficiencia sin tener que caer dentro de la alteración de precios y cumplir de manera correcta con sus obligaciones fiscales. Sobre todo, en el caso de la industria automotriz y de autopartes [1].

 ISSN 2007-8102

Marco teórico

Tanto las personas físicas como las morales pueden ser partes relacionadas, cuando alguna de ellas participe de manera directa o indirecta en la administración, ejemplo un director general; en el control o capital de la otra, como es el caso de los accionistas de la industria automotriz y de autopartes. El principal objetivo del gobierno en este entorno regulatorio es cuidar que los precios de bienes y servicios se ajusten al principio económico de plena competencia, así como al correcto pago del impuesto sobre la renta. La única manera que tienen los actores económicos de demostrar que el valor de sus actividades comerciales sujetas entre ellos no afecta el ámbito tributario, ni a la competencia por medio de prácticas desleales, es comparar sus transacciones con otras que no mantengan vínculos, a los que se les conoce como comparables independientes. El impacto económico de un mercado cuando las empresas relacionadas alteran sus precios, sin justificación alguna conforme a lo establecido en los principios generales de contabilidad, es la formación de una competencia desleal que impactará negativamente en la competencia establecida hasta llevarlas a una probable extinción. Además, al vender a otra más caro o barato, que el precio que rige a un mercado de competencia con la intención de acumular perdidas o utilidades estaría dañando los intereses de recaudación de la administración tributaria [1] y [2].

La gestión empresarial aplicada a estas circunstancias garantiza en la industria automotriz y de autopartes que la oferta cubra la demanda mediante la innovación constante para aumentar la productividad y la competitividad y así no tener que acudir a prácticas desleales en materia comercial. De ahí, que a partir de la década de los ochenta y principios de los noventas los precios de transferencia se investigaron a profundidad por parte de la Organización para la Cooperación y Desarrollo Económico (OCDE) publicando en 1979 un estudio denominado, Transfer Pricing and Multinational Enterprise, mediante el cual se dieron a conocer las consecuencias perjudiciales que ocasiona la alteración de los precios [1].

La gestión empresarial como actividad o plan de acción realizada por las industrias del presente estudio que involucra a directores institucionales, consultores, productores, gerentes, entre otros, que buscan mejorar la productividad y la competitividad del negocio, tiene como finalidad que las fuerzas del mercado determinen las condiciones de sus relaciones comerciales mediante la oferta y demanda para que el precio pactado entre su matriz y subsidiarias en la venta de bienes tangibles, intangibles, provisión de servicios, y acuerdos financieros sea el real conforme a sus costos. Por tanto, este principio se fundamenta en el artículo 9 del modelo de convenio de la OCDE y así evitar que la doble imposición entre países cuando establezcan o impongan condiciones entre dos partes relacionadas, en sus transacciones comerciales o financieras, que difieran de las que se hubieren estipulado con o entre partes independientes, sean ajustadas por la autoridad hacendaría [3],[4], [5] , [6], [7], [8] y [9].

El principio de plena competencia se le conoce también como *Arm's Length*, entendiendo que a un independiente se le mantiene a distancia y que solo a los allegados se les permite mantenerse más cerca. Por este motivo, el incumplimiento de este principio que significa, favorecer a los allegados, en la normativa anglosajona se entiende como una inapropiada distancia mantenida entre una compañía y sus partes relacionadas. En suma, el principal objetivo del principio *Arm's Lenght* es promover un precio de mercado y una neutralidad tributaria entre empresas relacionadas e independientes, así como fortalecer el crecimiento internacional y la inversión en los países [10], [11] y [12].

El respeto por parte de la industria automotriz y de autopartes del estado de Guanajuato al principio de libre competencia por medio de la gestión empresarial es parte de una cultura del comercio globalizado, que ha sido expuesto por , principalmente en los Estados Unidos de Norteamérica, Alemania, Japón entre otras potencias económicas del mundo, en función de obtener un desarrollo comercial en el que las empresas multinacionales no se beneficien aplicando prácticas no aceptables desde el ámbito comercial, y si aprovechen en la determinación de sus precios las ventajas que ofrecen los distintos convenios y tratados bilaterales en materia comercial signados por México [13], [14], [15], [16] y [17].

Las empresas en comento tienen bien definido que para que una gestión empresarial sea óptima en la correcta aplicación de los precios de transferencia, es menester tener presente que los métodos para demostrar que se aplica de manera correcta el principio de plena competencia se clasifican en métodos tradicionales siendo el precio comparable no controlado, el precio de reventa

y el costo adicionado. Y en los métodos basados en utilidades que se integran por el de partición de utilidades, el residual de partición de utilidades y el de márgenes transaccionales de utilidad de operación. Por tanto, la aplicación de la gestión empresarial en el presente tema toma gran importancia, principalmente, para conocer las principales variables administrativas que ayudan a la industria automotriz y de autopartes a tener una adecuada gestión empresarial sobre los precios de transferencia.

Por tanto, esta investigación tiene como objetivo conocer las principales variables administrativas que ayudan a una adecuada gestión empresarial sobre los precios de transferencia, desde la percepción de los directivos del sector de la industria automotriz y de autopartes del estado de Guanajuato.

Metodología

Diseño y procedimiento

Se utilizó un diseño de tipo no experimental y transversal, se contactaron vía telefónica y por correo electrónico a los directores de las organizaciones a quienes se les informó sobre la investigación y sus implicaciones. Los ejecutivos que aceptaron participaron de manera voluntaria y respondieron de forma anónima a los cuestionarios de evaluación. El proceso de aplicación del cuestionario se realizó mediante correo electrónico garantizando la confidencialidad y el anonimato. Asimismo, aclarando en cualquier momento la estructura de la prueba y la forma de responder a cada reactivo. La devolución del instrumento de medición duró en promedio veintiún días.

Participantes

En el estudio colaboraron 140 directivos pertenecientes a diferentes empresas del sector de la industria automotriz y de autopartes del estado de Guanajuato, México. La muestra fue seleccionada de manera aleatoria simple de una población de 149 compañías, utilizando como base el boletín Económico Clúster Automotriz de Guanajuato AC. Para determinar el tamaño y la composición, se aplicó el método probabilístico. El margen de error fue de 0.016 porcentaje estimado de la muestra a favor (p): 50%, nivel de confianza (Z): 95% bajo la fórmula de error simplificada. La muestra estuvo conformada por 42 hombres y 98 mujeres con una edad media de 44.5 años y en su mayoría (80%) casados.

Instrumento

El diseño del instrumento de medición tuvo como apoyo la guía metodológica del proceso recursivo de desarrollo, análisis y comprobación de medida [18]. Se generaron 14 reactivos y una pregunta dicotómica de (sí) o (no) referente a utilizar la gestión empresarial para atender de manera correcta las disposiciones jurídicas referentes a precios de transferencia. Los *ítems* se construyeron tomando en cuenta la revisión bibliográfica y cuidando el cumplimiento del código deontológico; después fueron sometidos a un análisis de jueces expertos en el tema y a una prueba de comprensión de la población objeto de 20 participantes siendo 30% hombres y 70% mujeres, con una edad promedio de 45 años, con un nivel educativo predominante de licenciatura (53.5%). En el estado civil, el de casado fue el de porcentaje más alto (80 %). Posteriormente, se realizaron los ajustes correspondientes. Se obtuvo un alfa de Cronbach de 0.95, la escala utilizada fue la de Likert, de 1 a 5 con los criterios de: «nada de acuerdo» con valores de 1, «de acuerdo» 2, «completamente de acuerdo» 3, «en desacuerdo» 4, y «completamente de acuerdo »5.

Análisis de los datos

El tratamiento estadístico se realizó con el programa SPSS® 25.0 para Windows®. Se efectuó diferentes tipos de análisis siendo el primero el alfa Cronbach, el análisis de medias para conocer el nivel de percepción, la prueba de discriminación t de *Student* para la igualdad de medias con el fin de conocer el discernimiento de los grupos bajo y alto y la correlación bivariada de Pearson.

Resultados y discusión

Las variables obtuvieron una confiabilidad significativa, el coeficiente alfa de Cronbach total fue de 0.975 lo que significa que los resultados tienen un alto nivel de confiabilidad. Los coeficientes de consistencia interna si el *ítem* en cuestión se eliminara variaron de α =0. 971 en los *items* números 1, 3 y 13. Hasta un α = 0.976 para el *item* 12.

La percepción de los directivos, en general, se encuentra en el rango, de acuerdo hacia una tendencia de completamente de acuerdo ($\overline{X}$ **=** 2.81; SD =0.854). La apreciación de acuerdo se ubicó en el *ítem* 9. Hasta en desacuerdo para el *ítem* 8 (véase Tabla 2).

Tabla 2. Análisis descriptivo y de consistencia interna de los *ítems* referentes a la percepción sobre la gestión empresarial en la administración de los precios de transferencia (n = 140).

***ítems*, α_{total} =0.975, M_{total} = 2.81 y DE_{total} =0.854**	**Alfa si se elimina el ítem**	$\overline{X}$	**SD**
1. Usar la planeación empresarial para aplicar y vigilar el desarrollo del presupuesto, cronogramas, programas relacionados en el estudio de precios de transferencia.	0.971	3.05	1.177
2. Organizar los recursos humanos y económicos que dispone la empresa para alcanzar los objetivos y metas propuestas en el plan de precios de transferencia	0.972	2.96	1.243
3. Utilizar la tecnología para estimar y elaborar el estudio de precios de transferencia.	0.971	2.79	0.943
4. Dirigir a todos los miembros de la organización hacia los objetivos determinados en el estudio de precios de transferencia.	0.974	2.76	0.645
5. Implementar el principio de autoridad – responsabilidad consiste en delegar autoridad a los subalternos de la organización, a fin de poder cumplir con las obligaciones asignadas.	0.974	3.55	1.461
6. Aplicar el control como una práctica permanente en la empresa y así contrastar lo que va sucediendo con lo planificado, a fin de conocer las desviaciones que existen, qué causas las han originado y que soluciones se pueden proponer para corregirlas.	0.972	2.90	0.816
7. Implementar el principio de autoridad de mando y así no colocar a un trabajador, en situaciones de recibir órdenes de más de un jefe o superior jerárquico.	0.972	2.85	0.813
8. Aplicar el principio de división del trabajo en las actividades o tareas de acuerdo con el área o especialidad sea contable, financiera, de mercadotecnia, administrativa, económica y fiscal	0.974	4.09	1.302
9. Establecer un riguroso sistema de costos para determinar el precio de transferencia.	0.972	2.47	0.933
10. Utilizar el principio de eficiencia de manera tal, que el costo sea mínimo y que los improvistos tiendan a eliminarse.	0.974	2.94	0.676
11. Emplear la gestión de personal para crear un ambiente favorable hacia la participación y eficiente de los trabajadores en el proceso del estudio de precios de transferencia.	0.974	2.84	0.660
12. Justificar de manera clara y con datos estadísticos, contables y económicos la aplicación de cualquiera de los siguientes métodos: (1) CUP, (2) RPM, (3) MCA, (4) PSM, (5) RSPM, (6) TNMM.	0.976	1.38	0.861
13.- Aplicar el principio de plena competencia como parte esencial en el estudio de precios de transferencia.	0.971	3.08	1.200

Fuente: Elaboración propia.
Nota: Los acrónimos significan: Método de precio comparable no controlado (CUP), Método de precio de reventa (RPM), Método de costo adicionado (MCA), Método de partición de utilidades (PSM), Método residual de partición de utilidades (RSPM) y Método de márgenes transaccionales de utilidad de operación (TNMM). Es de resaltar que en ítem 12 referente a cuál método de precios de transferencia utilizan las empresas el resultado indicado en la tabla 1 lo que manifiesta que método de precio comparable no controlado es el más aplicado entre las operaciones de partes relacionadas.

El análisis de discriminación de los *ítems* arrojó resultados en la dirección esperada, las valoraciones promedio del grupo bajo fueron menores que las otorgadas por el grupo alto, en todos

los casos la diferencia fue estadísticamente significativa. La percepción sobre las variables a considerar en la gestión empresarial sobre los precios de transferencia mostró en los del grupo bajo y alto, que tiene un nivel de nada de acuerdo a de acuerdo [*e.g.*, «el *ítem* 5.- Implementar el principio de autoridad – responsabilidad consiste en delegar autoridad a los subalternos de la organización, a fin de poder cumplir con las obligaciones asignadas »] manifestó en el grupo bajo una $\overline{X}$ **=** 1.37; SD = 0.490*,* y en el grupo alto $\overline{X}$ **a=** 5.00; *SD=0* .000, véase Tabla 3.

Tabla 3. Análisis de discriminación y comparación del grupo bajo con el grupo alto ($n_{Grupo\ bajo}$ =35 y $n_{Grupo\ alto}$ =46, con 95% de intervalo de confianza y gl =79).

Prueba t para la igualdad de medias (n= 140)					
Ítems	$\overline{X}_b$	**SD**	$\overline{X}_a$	**SD**	***t de Student***
1. Usar la planeación empresarial para aplicar y vigilar el desarrollo del presupuesto, cronogramas, programas relacionados en el estudio de precios de transferencia.	1.60	0.497	4.43	0.501	-25.306
2. Organizar los recursos humanos y económicos que dispone la empresa para alcanzar los objetivos y metas propuestas en el plan de precios de transferencia	1.51	0.507	4.43	0.501	-25.847
3. Utilizar la tecnología para estimar y elaborar el estudio de precios de transferencia.	1.69	0.471	3.67	0.762	-13.581
4. Dirigir a todos los miembros de la organización hacia los objetivos determinados en el estudio de precios de transferencia.	1.89	0.323	3.20	0.542	-12.671
5. Implementar el principio de autoridad – responsabilidad consiste en delegar autoridad a los subalternos de la organización, a fin de poder cumplir con las obligaciones asignadas.	1.37	0.490	5.00	0.000	-50.300
6. Aplicar el control como una práctica permanente en la empresa y así contrastar lo que va sucediendo con lo planificado, a fin de conocer las desviaciones que existen, qué causas las han originado y que soluciones se pueden proponer para corregirlas.	1.86	0.430	3.57	0.779	-11.678
7. Implementar el principio de autoridad de mando y así no colocar a un trabajador, en situaciones de recibir órdenes de más de un jefe o superior jerárquico.	1.80	0.406	3.52	0.722	-12.652
8. Aplicar el principio de división del trabajo en las actividades o tareas de acuerdo con el área o especialidad sea contable, financiera, de mercadotecnia, administrativa, económica y fiscal	2.09	0.818	5.00	0.000	-24.216
9. Establecer un riguroso sistema de costos para determinar el precio de transferencia.	1.37	0.490	3.39	0.614	-15.967
10. Utilizar el principio de eficiencia de manera tal, que el costo sea mínimo y que los improvistos tiendan a eliminarse.	2.17	0.618	3.46	0.622	-9.238
11. Emplear la gestión de personal para crear un ambiente favorable hacia la participación y eficiente de los trabajadores en el proceso del estudio de precios de transferencia.	1.97	0.453	3.30	0.591	-11.083
12. Justificar de manera clara y con datos estadísticos, contables y económicos la aplicación de cualquiera de los siguientes métodos: (1) CUP, (2) RPM, (3) MCA, (4) PSM, (5) RSPM, (6) TNMM.	1.63	0.490	4.50	0.548	-24.442
13.- Aplicar el principio de plena competencia como parte esencial en el estudio de precios de transferencia.	1.62	0.480	3.50	0.538	-23.342

* p < .05
** p < .01
Fuente: Elaboración propia.

La relación entre el uso de la gestión empresarial para aplicar y vigilar el desarrollo del presupuesto, cronogramas, programas relacionados en el estudio de precios de transferencia con las demás variables fue muy significativa. La correlación va desde r = 0.621, p < .01 para el *ítem* 10, hasta r =0.901, p < .01 para el *item* 5 (Tabla 4).

Tabla 4. Correlación entre el uso de la gestión empresarial para aplicar y vigilar el desarrollo del presupuesto, cronogramas, programas relacionados en el estudio de precios de transferencia y demás variables administrativas (n = 140)

$r_{total} = 0.896^{**}$	
Ítems	**r**
1. Usar la planeación empresarial para aplicar y vigilar el desarrollo del presupuesto, cronogramas, programas relacionados en el estudio de precios de transferencia.	.763**
2. Organizar los recursos humanos y económicos que dispone la empresa para alcanzar los objetivos y metas propuestas en el plan de precios de transferencia	.716**
3. Utilizar la tecnología para estimar y elaborar el estudio de precios de transferencia.	.722**
4. Dirigir a todos los miembros de la organización hacia los objetivos determinados en el estudio de precios de transferencia.	.808**
5. Implementar el principio de autoridad – responsabilidad consiste en delegar autoridad a los subalternos de la organización, a fin de poder cumplir con las obligaciones asignadas.	.901**
6. Aplicar el control como una práctica permanente en la empresa y así contrastar lo que va sucediendo con lo planificado, a fin de conocer las desviaciones que existen, qué causas las han originado y que soluciones se pueden proponer para corregirlas.	.693**
7. Implementar el principio de autoridad de mando y así no colocar a un trabajador, en situaciones de recibir órdenes de más de un jefe o superior jerárquico.	.753**
8. Aplicar el principio de división del trabajo en las actividades o tareas de acuerdo con el área o especialidad sea contable, financiera, de mercadotecnia, administrativa, económica y fiscal	.893**
9. Establecer un riguroso sistema de costos para determinar el precio de transferencia.	.698**
10. Utilizar el principio de eficiencia de manera tal, que el costo sea mínimo y que los improvistos tiendan a eliminarse.	.621**
11. Emplear la gestión de personal para crear un ambiente favorable hacia la participación y eficiente de los trabajadores en el proceso del estudio de precios de transferencia.	.705**
12. Justificar de manera clara y con datos estadísticos, contables y económicos la aplicación de cualquiera de los siguientes métodos: (1) CUP, (2) RPM, (3) MCA, (4) PSM, (5) RSPM, (6) TNMM.	.751**
13.- Aplicar el principio de plena competencia como parte esencial en el estudio de precios de transferencia.	

* $p < .01$
Fuente: Elaboración propia.

Hay un consenso en considerar que la gestión empresarial es importante para atender los precios de transferencia y así permanecer dentro del marco de plena competencia. Además, de comprobar que existe relación significativa entre la gestión empresarial con las variables administrativas utilizadas por la industria automotriz y de autopartes, a lo que ha conducido a dicho sector a operar de manera correcta las disposiciones normativas de precios de transferencia y permitir una competencia económica sana y cumplir con sus obligaciones fiscales sin tener consecuencias negativas que mermen sus ganancias. Además, de facilitar y justificar la aplicación de los métodos como es el caso de partición de utilidades que consiste en asignar la utilidad de operación obtenida por partes relacionadas, en la proporción que hubiera sido asignada con o entre partes independientes tomando elementos tales como activos, costos y gastos de cada una de las personas relacionadas.

Trabajo a futuro

La investigación abre nuevas líneas sobre otras posibles variables a relacional con la administración de los precios de transferencia, tales como el efecto y control fiscal de aplicarlos en las operaciones domesticas de un país, así como medir la influencia del perfil del líder en la toma de decisiones para la selección del método de precios de transferencia. En el mismo sentido, conocer la influencia económica y cultural para cambiar de estrategia en fijar un método de precios de transferencia. Así como saber el impacto de los tratados en materia comercial en la designación de un precio de transferencia. Se reconoce que una limitante es el enfoque al sector automotriz y la industria de autopartes, que el estudio debe extenderse a otros campos empresariales.

Conclusión

Los valores obtenidos en esta investigación respaldan matemáticamente la base teórica. Los resultados pueden incorporarse al diseño administrativo en el campo empresarial para atender la normatividad referente a precios de transferencia. Se observa una relación significativa entre la opinión positiva de utilizar la gestión empresarial y evitar que el sujeto pasivo enfrente problemas de prácticas desleales y evasión fiscal. De igual manera se reporta que el principio de autoridad y responsabilidad, la división del trabajo y los objetivos bien definidos de la organización guardan una asociación importante entre un adecuado manejo de los precios de transferencia por medio de la gestión empresarial, la que representa una utilidad en la planeación administrativa de toda organización. La confiabilidad del instrumento de medición fue del 94%. En suma, la investigación fortalece las exploraciones en este campo desde un perspectiva administrativa.

Referencias

[1] González, F., Juárez, M., Pérez, A., Reyes, M. y Romero, S. (2012). Precios de transferencia (Instituto Politécnico Nacional, México, D.F.). Recuperado de https://tesis.ipn.mx/bitstream/handle/123456789/13467/CP2012%20G656f.pdf?sequence=1

[2] Mescall, D., & Klassen, K. J. (2018). How Does Transfer Pricing Risk Affect Premiums in Cross-Border Mergers and Acquisitions? Contemporary Accounting Research, 35(2), 830–865. https://doi.org/10.1111/1911-3846.12397

[3] Eric, M. S. A., & Githinji-Muriithi, M. (2018). Effects of Transfer Pricing on Tax Liability for Multinational Enterprises in Kenya's Cement Industry. International Journal of Management, Accounting & Economics, 5(9), 762–782. Recuperado de http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=bth&AN=133127482&site=ehost-live

[4] Ferruz, L., Marco, I., y Vicente, R. (2010). Descentralización y precios de transferencia. Estrategia financiera, (278), 53-59. Recuperado de https://www.researchgate.net/publication/270574925_Descentralizacion_y_precios_de_transferencia

[5] Hurtado, H. (2011). Los métodos de precios de transferencia y el ingreso de Chile a la OCDE. Revista Chilena de Derecho, 38 (3), 511-544. Recuperado de http://www.redalyc.org/pdf/1770/177021501005.pdf

[6] Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico, OCDE. (2017). Transfer Pricing Guidelines for Multinational Enterprises and Tax Administrations. Recuperado de http://www.oecd.org/publications/oecd-transfer-pricing-guidelines-for-multinational-enterprises-and-tax-administrations-20769717.htm

[7] Gray, S. (1995). Cultural Perspective on the Measurement of Corporate Success. European Management Journal, 13, 269-275.

[8] Modesto López, C., & Aguilar Reséndiz, A. (2018). La inversión extranjera directa y la cadena de valor global de autopartes en la industria automotriz de México en el periodo 2008 a 2014: un análisis econométrico de su incidencia en las variables macroeconómicas. Revista Nicolaita de Estudios Económicos, 13(1), 95–118. Recuperado de http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=bth&AN=133532742&site=ehost-live

[9] Saguier, M., Y Ghiotto, L. (2018). Las empresas transnacionales: un punto de encuentro para la Economía Política Internacional de América Latina. Desafíos, 30(2), 159–190. https://doi.org/10.12804/revistas.urosario.edu.co/desafios/a.6222

[10] Alvarado, H. (febrero, 2017). Acción 13 del plan BEPS. Contaduría Pública, 45 (534), 42-45.

[11] Campero, O. (febrero, 2017). Acciones 8, 9 y 10 y sus efectos en PT. Contaduría Pública, 45 (534), 38-40.

[12] Clempner, J. B., & Poznyak, A. S. (2018). Computing the Transfer Pricing for a Multidivisional Firm Based on Cooperative Games. Economic Computation & Economic Cybernetics Studies & Research, 52(1), 107–126. https://doi.org/10.24818/18423264/52.1.18.07

[13] Banda Ortiz, H., Gómez Hernández, D., y Carrión Ruiz, L. A. (2016). La industria automotriz en el estado de Querétaro: ¿cambio estructural? Pensamiento & Gestión, (41), 36–59. Recuperado de http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=bth&AN=122029604&site=ehost-live

[14] Evertsson, N. (2017). State Aid and Taxation of Transnational Companies: A Study of State-Corporate Crime. Critical Criminology, 25(4), 507–522. https://doi.org/10.1007/s10612-017-9375-6

[15] Globenewswire (2018, October 26). LeddarTech mejora la experiencia automotriz en su Junta Directiva. Marketwire (Spanish). Recuperado de http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=n5h&AN=B54MMKS7409275-es&site=ehost-live

[16] Martínez, A., Santos Navarro, G., y García Garnica, A. (2017). Productive Specialization and Relational Analysis: The Automotive Industry in Guanajuato. Frontera Norte, 29(58), 121–140. https://doi.org/10.17428/rfn.v29i58.525

[17] Saguier, M., y Ghiotto, L. (2018). Las empresas transnacionales: un punto de encuentro para la Economía Política Internacional de América Latina. Desafíos, 30(2), 159–190. https://doi.org/10.12804/revistas.urosario.edu.co/desafios/a.6222

[18] Ortiz Vancini, C. & Guevara Sanginés, M.L. (2001). *Estudio de opinión: empleadores reales y potenciales sobre la Universidad de Guanajuato* / Plan de Desarrollo Institucional 2001. Guanajuato: Universidad de Guanajuato

El impacto económico que deja el COVID-19 en las MIPyMES pertenecientes al municipio de Zacapoaxtla.

D. Gómez Bonilla, G. Mejía Méndez, L.E. Hernández Galindo.*

Instituto Tecnológico Superior de Zacapoaxtla, Carretera Acuaco-Zacapoaxtla, Km 8. Colonia Totoltepec. C.P. 73680. Tel 595 11 33 408

**jdgomezbonilla@gmail.com*

Área de participación: Ingeniería Administrativa

Resumen

El difícil momento que atraviesan las micro, pequeñas y medianas empresas MIPyMES a nivel nacional, hace necesario estudiar y analizar su problemática, y se vuelve aun más importante su estudio ya que este tipo de empresas, según datos estadísticos del (INEGI [1]), representan el 95% de los negocios del país, y generan un porcentaje cercano al 80% del empleo nacional y por si fuera poco, la pandemia del Coronavirus COVID-19 que avanza a pasos agigantados en varias partes del mundo incluyendo el territorio mexicano, viene acrecentar aún más la incertidumbre de un panorama alentador para este tipo de empresas. Es por ello que el objetivo de esta investigación es conocer el porcentaje de los impactos que ha dejado esta pandemia como lo son: reducción de ingresos por ventas, cierre de operaciones, desempleo, problemas de financiamiento, entre otros, que vienen a complicar a un más el panorama de las MIPyMES comerciales del municipio de Zacapoaxtla, en esta llamada “Nueva Normalidad”.

Palabras Clave: *Incertidumbre, economía, desempleo, pandemia*

Abstract

The difficult moment that micro, small and medium-sized enterprises (MIPyMES) are going through at the national level, makes it necessary to study and analyze their problems, and their study becomes even more important since these types of companies, according to statistical data from INEGI, represent the 95% of the country's businesses, and generate a percentage close to 80% of national employment and, if that were not enough, the COVID-19 Coronavirus pandemic that is advancing by leaps and bounds in various parts of the world including the Mexican territory, is still increasing plus the uncertainty of an encouraging outlook for this type of company. That is why the objective of this research is to know the percentage of the impacts that this pandemic has left, such as: reduction of income from sales, closure of operations, unemployment, financing problems, among others, that come to complicate a plus the panorama of this so-called “New Normal”.

Key Words: *Uncertainty, economy, unemployment, pandemic*

Introducción

El mundo se detuvo en el 2020 debido a la inminente amenaza del enemigo invisible: el Coronavirus COVID-19, esta pandemia que ha provocado no solo la detención económica global, sino también la vida social y cultural del planeta.

La pandemia de COVID-19 en nuestro país México y que inicio en China a finales del 2019, se suscitó a partir del 27 de febrero del presente año, siendo esta fecha el inicio de un decline inminente para la economía de nuestro país y para la vida ya de por si corta, de las MIPyMES. La importancia de estas empresas radica en que según el Instituto Nacional de Geografía e Historia (INEGI), a través

de su Encuesta Nacional sobre Productividad y Competitividad (ENAPROCE 2018, [6]) indica que representan el 95% en México y generan el 80% de empleos.

Si bien es cierto el mundo no estaba preparado para afrontar esta amenaza, México demostró una lenta respuesta defensiva, aun cuando los efectos eran ya desde febrero latentes; tales como compras de pánico, saqueos de establecimientos, desabasto en productos de primera necesidad, de limpieza e higiene personal, cierre temporal de algunos negocios, la caída del precio del combustible, así como del peso mexicano en los mercados de las divisas internacionales.

Aunado a ello, en la región de la sierra nororiental, presentan un limitante desarrollo hablando de MIPYMES del sector terciario, ya que estas absorben la mano de obra local de manera insuficiente y por ello la zona se considera como expulsora de mano de obra. (Mejía, 2016, [2]), así también carecen de una planeación estratégica, ese sistema de gestión de la organización que permite a base de planteamientos, definir el rumbo de la empresa, (Vázquez J, 2017, [8]).

Hablando de las MIPyMES del sector terciario en un contexto regional, entendiendo a este tipo de empresas según la Recomendación No 189 adoptada por la OIT en 1998, el concepto de microempresa debe ser aplicado de acuerdo a las condiciones prevalecientes en cada país, lo cual sucede en la práctica, (Pérez Martha, 2014, [4]), resulta de suma preocupación y por ende de importancia, analizar el futuro inevitable que les espera, ya que al ser este tipo de negocios quienes emplean la mano de obra que se encuentra libre y que no puede ser absorbida por los demás factores (Saavedra, 2007) [5] y que representan más del 90% para el municipio de Zacapoaxtla, se convierten en el punto medular que pudiese proyectar un diagnóstico actual de la situación económica que ha dejado el Coronavirus COVID-19, y con ello dar pie a nuevas investigaciones que propongan estrategias de solución a las nuevas necesidades, las cuales les permitirán adaptarse a esta nueva normalidad, de la cual todos somos nuevos. De acuerdo al estudio de (Mejía 2019, [3]) la situación de las MIPyMES presenta una problemática para su sobrevivencia y que se han agravado con la pandemia, por lo que es indispensable crear estrategias sobre la implementación de nuevas tecnologías e innovaciones para fortalecer a las MIPyMES (Franco S, González G., 2013, [7])

Si ya el periodo de vida a nivel nacional de las MIPyMES se encuentra entre los 3 y 7.8 años (INEGI), debido a la endeble estructura económica del país, es muy conveniente que los estudios locales nos ayuden a entender las consecuencias de esta pandemia llamada COVID-19 en el corto plazo. Por ello la siguiente investigación mediante un estudio descriptivo nos ayudará a comprender la situación por la que atraviesan estas unidades económicas en el periodo de confinamiento.

Metodología

El estudio se realizó en el municipio de Zacapoaxtla y tuvo como objetivo conocer algunas variables económicas negativas que ocasiono el COVID-19 en las MIPyMES del sector terciario y que pudieran poner en riesgo su permanencia. Para la interpretación e integración de los datos, se emplearon los siguientes instrumentos:

a) Aplicación de encuestas con 11 preguntas de opción múltiple
b) Implementación de la formula estadística para la determinación de la muestra, ubicada en la zona geográfica centro de la ciudad de Zacapoaxtla Puebla.

El instrumento de investigación fue aplicado a una muestra obtenida con base al total de unidades económicas. El instrumento se aplicó durante el mes de junio del 2020. Para poder determinar la población objetivo, se tomaron en cuenta los datos estadísticos obtenidos del INEGI sobre las micro, pequeñas y medianas empresas del sector terciario en el municipio de Zacapoaxtla, y se utilizó la formula estadística para la determinación de la muestra, para la cual se tomó en cuenta el 90% de confianza y un 10% de error permisible.

 ISSN 2007-8102

$$n = \frac{\frac{Z^2(p)(1-p)}{\beta^2}}{1 + (\frac{Z^2(p)(1-p)}{\beta^2 N})}$$

N= 677 P= probabilidad a favor 50% Q = probabilidad en contra 50%

D= margen de error calculado con z= 1.28 al tener un nivel de confianza del 90% $\beta = 0.1$ al tener un nivel del precisión del 90%

$$n = \frac{\frac{(1.28)^2(0.5)(1-0.5)}{(0.05)^2}}{1 + (\frac{(1.28)^2(0.5)(1-0.5)}{(0.05)^2(677)})} n = \frac{\frac{(1.63)(0.25)}{0.0025}}{1 + (\frac{(1.63)(0.25)}{(0.0025)(677)})} n = \frac{\frac{0.4096}{0.0025}}{1 + (\frac{0.4096}{1.6925})} n = \frac{163.84}{1.2420} n = 131.9162$$

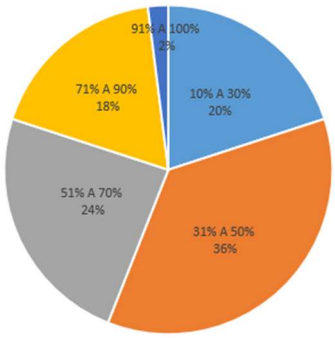
n =131.9162

Para la recolección y recopilación de datos se llevó a cabo la utilización de herramientas informáticas, del programa “Google Forms”, en donde se emplearon métodos para lograr obtener información cuantitativa para la representación gráfica.

Resultados y discusión

Reducción de ingresos

En cuanto a la reducción de los ingresos por ventas, la tendencia muestra que a medida que el pico de la pandemia llega a su punto máximo se agudiza dicha reducción.



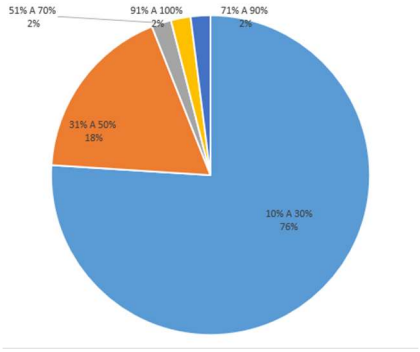
Gráfica 1. Reducción de ingresos.

Según la gráfica número 1, del total de las MIPyMES del sector terciario encuestadas en Zacapoaxtla se obtuvo que el 36% ha visto una reducción en sus ingresos por ventas entre un 31 y 50%, mientras que un 24% ha llegado a un rango entre 51 y 70%, siendo estos dos porcentajes los más representativos y que nos indican que la mayoría de estelas MIPyMES vieron mermados sus ingresos considerablemente.

Incremento en sus materias primas

Con esta pandemia las MIPyMES del sector terciario tuvieron un doble efecto en contra, por un lado, la baja de sus ingresos y por el otro el aumento de sus materias primas o materiales principales para seguir con el giro principal.

 ISSN 2007-8102

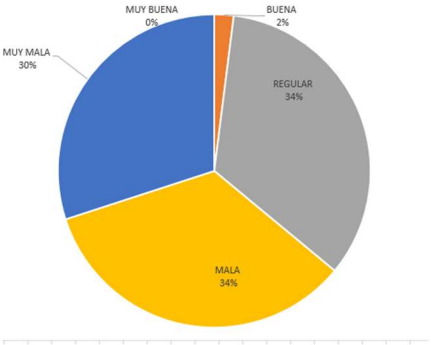


Gráfica 2. Incremento en sus costos operativos.

De acuerdo a la gráfica Número 2, aunque el aumento no fue considerable, la mayoría de este tipo de MIPyMES con un 76%, reportaron haber sufrido un aumento en los costos de operación de entre un 10 y 30%, el cual tuvieron que absorber para no aumentar el precio de venta y mantener las pocas ventas.

Estrategias económicas municipales

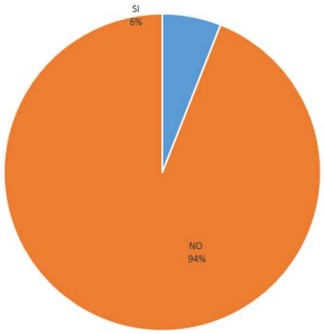
Si bien es cierto que México a nivel nacional no estaba preparado para afrontar económicamente la pandemia del COVID-19, a un nivel municipal según la siguiente gráfica fue peor.
La grafica número 3, muestra que este tipo de empresas no vio apoyo estratégico económico por parte del gobierno municipal, ya que con un 30%, un 34% y un 34% los empresarios calificaron de muy mala, mala y regular respectivamente las acciones realizadas por la autoridad municipal.



Gráfica 3. Estrategias económicas municipales.

Suficiencia en apoyos municipales

En la actualidad las MIPyMES del sector terciario quedaron sin protección económica por causa de programas gubernamentales de financiamiento.



Gráfica 4. Apoyos gubernamentales

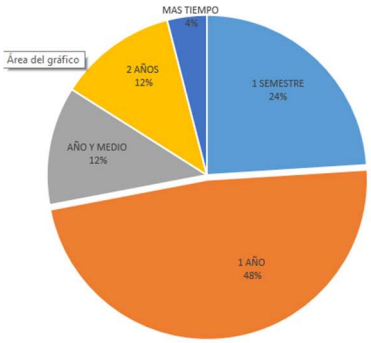
La gráfica número 4, muestra que un 94% las MIPyMES del sector terciario del municipio de Zacapoaxtla señalan que los programas económicos emitidos por el gobierno tanto federal, como

 ISSN 2007-8102

estatal y municipal han sido insuficientes para afrontar adecuadamente el impacto que deja el coronavirus COVID-19.

Recuperación ante el impacto económico.

Para la mayor parte de las MIPyMES en cuestión y no solamente del municipio de Zacapoaxtla, si no a nivel nacional, el camino de la recuperación será largo.



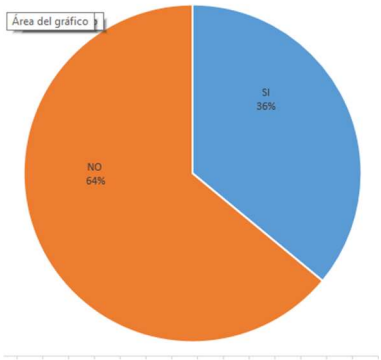
Gráfica 5. Tiempo de recuperación

Como se pude observar en la gráfica número 5, aunque los porcentajes entre si son un tanto distantes, con un 48% las MIPyMES del sector terciario pronostican un periodo de recuperación de un año, y con un menor porcentaje de 24% y 12%, auguran un periodo de recuperación que va desde un semestre a año y medio respectivamente.

Recorte de personal.

Ante el inminente declive de las MIPyMES del sector terciario, algunas empresas de este tipo, se vio en la necesidad de recortar personal y con ello reducir costos operativos, aunque con dicho movimiento será interesante mirar cual es el porcentaje final que representan en el empleo a nivel nacional.

Como se puede apreciar en la gráfica número 6, con un 36% y aunque es un porcentaje menor, este tipo de empresas se vio en la necesidad de tomar como opción para bajar los costos operativos el recorte de personal. Sin embargo, tienen la inercia de cesarlos en el corto plazo, y de retenerlos cuando la mayoría de este tipo de empresa son familiares.



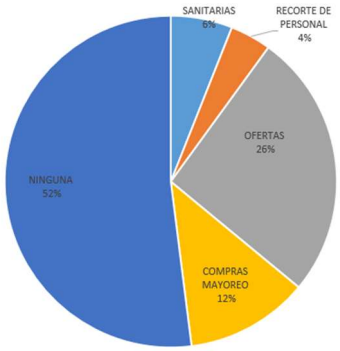
Gráfica 6. Tiempo de recuperación

Estrategias ante el impacto económico.

Por lo regular cuando nos encontramos ante situaciones adversas o difíciles tendemos a ser creativos referente a la creación de estrategias que nos permitan salir avante, por lo que la siguiente

 ISSN 2007-8102

gráfica nos muestra que tipo de estrategias crearon las MIPyMES del sector terciario del municipio de Zacapoaxtla.

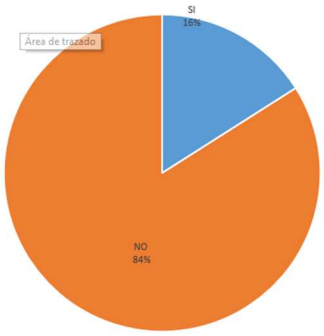


Gráfica 7. Tiempo de recuperación

La gráfica número 7, muestra muy poca disposición por parte de los empresarios de este tipo de empresas para generar estrategias, ya que un 52% indico no haber generado o ideado ningún tipo de estrategia que pudiera ayudarle a subsistir de una manera apremiante durante la pandemia, y un grupo minoritario con un 26% crearon ofertas para tratar de mantener las ventas y un 12% tomaron la decisión de hacer compras por mayoreo con la finalidad de reducir los costos y mantener un considerable margen de ganancia.

Cierre de negocios.

A nivel nacional se ha hablado sobre el inevitable cierre de varias MIPyMES del sector terciario, debido a la falta de financiamiento que les permita seguir operando a través de la sustitución del efectivo creado por la primera fuerza en las empresas que son las ventas.



Gráfica 8. Cierre de negocios

La gráfica número 8 nos muestra que, aunque el impacto y la situación actual son y han sido difíciles económicamente hablando, la mayoría de las MIPyMES del sector terciario pertenecientes al municipio de Zacapoaxtla con un 84% han optado por seguir adelante y no cerrar sus establecimientos y solo un 16% tienen como opción cerrar su negocio.

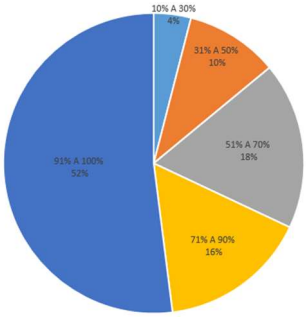
Dependencia con relación a los ingresos por ventas.

Algunos autores se refieren a las MIPyMES no como empresas, si no como fuentes de autoempleo, ya que la mayoría de estas son de carácter familiar y por ende el ingreso que estas unidades económicas generan son de vital importancia para sus dueños, socios o fundadores.

La gráfica número 9, nos muestra con un 52% que los socios, dueños o fundadores de este tipo de negocios dependen entre un 91 y un 100% de los ingresos generados por las ventas de la actividad preponderante, con un 18% muestra que la dependencia ronda entre un 51 y 70% y tan solo un 16% comento que tienen una dependencia entre el 71 y 90%, esta grafica soporta a la anterior debido a

 ISSN 2007-8102

que al convertirse en la única fuente de ingresos, optan por seguir adelante y no pensar en un cierre a corto plazo.

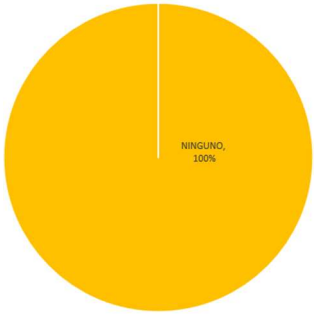


Gráfica 9. Dependencia con relación a los ingresos por ventas

Tipo de apoyo recibido.

Si bien, tanto el gobierno federal como el estatal, idearon o crearon apoyos destinados para las MIPyMES a nivel nacional, debido a distintos factores como por ejemplo la burocracia e ignorancia, estos son muy difíciles que lleguen a niveles municipales.

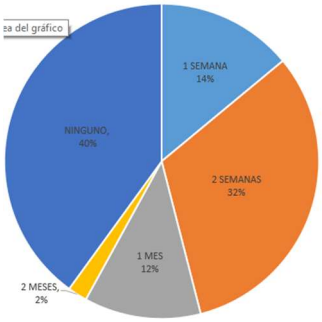
Como podemos observar en la gráfica número 10, muestra con un rotundo 100% que ninguna de las MIPyMES del sector terciario ubicadas en el municipio de Zacapoaxtla tuvieron la fortuna de acceder a algún tipo de programa gubernamental, lo que deja ver el alto índice en el desconocimiento de los programas que lanza el gobierno federal y estatal, así como la poca disposición por parte de autoridades municipales para informar a este tipo de negocios y empresas sobre cómo acceder a dichos programas.



Gráfica 10. Tipo de apoyo recibido.

Periodo que permaneció cerrado durante la pandemia.

De acuerdo con las recomendaciones dictadas por el gobierno federal y estatal, para controlar el contagio del Coronavirus COVID-19 entre la población, varias de las MIPyMES tuvieron que cerrar a menos que fueran de giro esencial.



Gráfica 11. Periodo que permaneció cerrado.

Como se observa en la gráfica número 11, el 40% de las MIPyMES del sector terciario se mantuvo en marcha debido a que el giro que ofrecen fue catalogado como esencial, pero si dejamos de considerar a los esenciales, resulta que un 32% se mantuvo cerrado 2 semanas y con un 14% 1 semana, lo que indica que a nivel regional fue poco el tiempo que permanecieron cerrados al 100% los negocios no esenciales.

Conclusiones

Basado en los resultados que se obtuvieron a través de la aplicación de las encuestas Las micro, pequeñas y medianas empresas del sector terciario en Zacapoaxtla presentan una problemática con la misma tendencia a nivel nacional, que se sintetiza en la falta de organización, ya que no existen grupos, sindicatos o cámaras locales que representen a este tipo de empresas que les permitiera llegar a un acuerdo con autoridades municipales para no cerrar de manera continua, desconocimiento técnico y administrativo que les permita generar estrategias que repelen las amenazas del entorno, así como desconocimiento y dificultades para recibir financiamiento público o privado.

Las MIPyMES del sector terciario representan la columna vertebral económica del municipio de Zacapoaxtla, pero sin el apoyo de un gobierno municipal que las encause y oriente con estrategias económicas viables, será muy difícil reponerse de esta pandemia, y su permanencia en el mercado estará rodeada de mucha incertidumbre.

Las diversas instancias gubernamentales deberán crear acciones y estrategias económicas viables que no solo permitan intervenir en la consolidación de los micro, pequeños y medianos negocios, sino que con ello consigan asegurar su permanencia en el mercado y así seguir generando la mayor parte del empleo a nivel regional, ya que en caso contrario, es decir, dejar a la deriva a este tipo de empresas, seria condenarlas a seguir con esta problemática, que lo único que provoca en el corto plazo es que la estructura económica del país se encuentre totalmente vulnerable y propensa al colapso económico nacional.

Por último y no menos importante, es mencionar que este trabajo de investigación no termina aquí, ya que puede ser la base para otras vertientes que pudieran crear estrategias de como solventar las situaciones expuestas anteriormente y con ello contribuir a la recuperación, pero sobre todo a la permanencia y maximización económica de las MIPyMES del sector terciario en la región.

Referencias

[1] Instituto Nacional de Geografía e Historia (INEGI, 2017), censo económico.

[2] Mejía M, (2016) Precariedad del empleo rural en la Sierra Norte de Puebla. Congreso Multidisciplinario. México.

[3] Mejía et al. (2019) Análisis de la problemática de las MIPyMES en el Municipio de Zacapoaxtla. Revista CIM, Vol. 7, Núm., 1, México.

[4] Pérez, Martha (2004). La Pyme en el Tolima: características y problemas. En: Revista cuadernos de investigación. No. 7 Universidad Coruniversitaria mayo. p. 37– 54.

[5] Saavedra G, (2007) Caracterización e importancia de las MIPYMES en Latinoamérica: Un estudio comparativo. Actualidad Contable Vol. 11, núm. 17. Venezuela.

[6] Resultados de la Encuesta Nacional sobre Productividad y Competitividad de las micro, pequeñas y medianas empresas (ENAPROCE, 2018).

[7] Franco S., González G., 2013. El comportamiento de la producción en México. Consejo Editorial, p. 114.

[8] Vázquez J, (2017) Planeación Estratégica. Revista Tecnológica CEA, Núm. 5, México. Consejo Editorial, p. 1.

La cultura organizacional de empresas familiares en Aguascalientes. Estudio de casos

M. Mendoza Esparza [1] , L. Romo Rojas[2] ,M. Rocha López[1], R. Hernández Torres[1] y P. Salcedo López[1]
[1]Departamento Académico de Administración y Contaduría, Universidad Tecnológica del Norte de Aguascalientes, Av. Universidad 1001, Rincón de Romos, Estación Rincón de Romos, Aguascalientes, C.P. 20400
[2]Centro de Ciencias Económicas y Administrativas, Universidad Autónoma de Aguascalientes, Av. Universidad 904,Ciudad Universitaria, Aguascalientes, Aguascalientes, C.P.20131
***Área de participación**: Ingeniería Administrativa*

Resumen

En nuestro país se estima que una empresa inicia de forma familiar, siendo pocas las empresas que cuentan con una cultura organizacional establecida [1], por lo que el objetivo del trabajo es identificar la cultura organizacional dominante, actual y preferida, en seis empresas familiares del estado de Aguascalientes del sector servicios, comercio y manufactura; tomando como referente el Modelo Teórico Competing Values Framework, desarrollado por Cameron & Quinn [2], aplicando el instrumento de evaluación Orgatizational Culture Assessment Instrument (OCAI). En los resultados obtenidos se observa la inclinación de las seis empresas familiares por las culturas organizacionales de los cuadrantes clan y jerarquizada. Concluyendo que aún sean micro o pequeñas empresas familiares el identificar el tipo de cultura organizacional existente impacta en las estructuras y estrategias actuales y puede ayudar a las empresas familiares a determinar desajustes, fallas y errores a corregir y lograr su supervivencia.

***Palabras clave:** MVC, cultura organizacional y empresas familiares.*

Abstract

In Mexico, it is estimated that a company starts with a family, with few companies having an established organizational culture [1], so the objective of the work is to identify the dominant, current and preferred organizational culture in six companies. relatives of the state of Aguascalientes from the services, commerce and manufacturing sector; taking as a reference the Theoretical Model Competing Values Framework, developed by Cameron & Quinn [2], applying the Organizational Culture Assessment Instrument (OCAI). The results obtained show the inclination of the six family businesses for the organizational cultures of the clan and hierarchical quadrants. Concluding that they are still micro or small family businesses, identifying the type of existing organizational culture impacts on current structures and strategies and can help family businesses determine mismatches, failures and errors to correct and achieve their survival.

***Key words:** MVC, organizational culture and family businesses*

Introducción

La empresa familiar es un tema de relevancia a nivel nacional y estatal, que tiene gran importancia dentro de la realidad socioeconómica, constituye un agente activo [3], representa intereses familiares y económicos al mismo tiempo [4], las interrelaciones que se dan en el negocio familiar impactan en su manera de funcionar como empresa, es por ello, lo determinante que resulta para una organización contar con una cultura sólida, de modo que, para identificar el tipo de cultura dominante en una empresa familiar, se recurrión al modelo de de Marco de Valores de Competencia (MVC) por contar con validez empírica de Cameron & Quin [2] ya que identifica la

relevancia de la cultura organizacional en las empresas, establece indicadores en la cultura organizacional tales como, grado de flexibilidad en los cambios por parte de sus miembros, grado de estabilidad o control en la cultura; el MVC se clasifica en cuatro cuadrantes que son los siguientes:

Cultura Clan
Dentro de sus características dominantes se encuentran la apertura y el apoyo, maneja un liderazgo organizacional enfocado a la mentoría, facilitación y asesoría, la administración de empleados se da con el trabajo en equipo en consenso y participativo, existiendo lealtad, confianza y compromiso, su énfasis estratégico es con el desarrollo humano, entonces, su criterio de éxito es el trabajo en equipo [2, 7, 8].

Por lo anterior podemos decir que se orienta hacia el mantenimiento, cuenta con características dominantes de apertura y apoyo, con un énfasis estratégico de desarrollo humano.

Ad-hoc
Sus características dominates son el dinamismo y la toma de riesgos, su liderazgo organizacional es de innovación y toma de riesgos, la administración de empleados que maneja es con libertad e individualismo, su estrategía se enfoca a los nuevos recursos y la creación de retos, su criterio de éxito es un tener productos nuevos [2, 7, 8].
Por lo anterior, se caracteriza por el dinamismo, toma de riesgos, innovador, adquisición de nuevos recursos, orientado al posicionamiento.

Jerárquica
Sus características dominantes son el control y el seguimiento a procedimientos, el liderazgo organizacional se denota en la coordinación, organización y eficiencia estable, la administración a los empleados se desarrolla con seguridad, conformismo, predictibibildad y estabilidad, el énfasis estratégico se da en la permanencia y estabilidad, existen reglas y políticas que mantienen corriendo de una manera estable la operación y sus criterios de éxito son la eficiencia traducida en calidad y bajo costo [2, 7, 8].

Por lo que se resume que este cuadrante se enfoca en el control, seguimiento de procesos, la coordinación y la organización encaminado a la estabilidad que generan las políticas, enfocado a la integración.

Mercado
Las características dominantes son trabajo, competitividad y logro, su liderazgo se enfoca en la inteligencia y agresividad en los resultados, la administración se basa en la alta competitividad, demandas y logros, su énfasis es mantenerse competitivo y lograr un liderazgo en el mercado [2, 7, 8].

Por lo que se resume que esta orientado a la diferenciación, se caracteriza por la competitividad y los logros.

Metodología

Los sujetos de estudio son seis empresas familiares del Estado de Aguascalientes de tamaño micro y pequeñas de los sectores de servicio, comercio y manufacturero, el número de empresas seleccionadas son dos de cada una. Es una investigación cualitativa, transversal mediante el estudio de caso [5], cuyas unidades de observación son seis empresas familiares del estado de Aguascalientes, en las cuales se empleó el instrumento de Cameron y Quinn titulado Organizational Culture Assessment Instrument (OCAI) con el fin de estudiar la cultura organizacional basada en el modelo de MCV [2].

Diseño del Instrumento

El instrumento Evaluar la Cultura Organizacional (OCAI) de Cameron y Quinn, implementado en la investigación está constituido por 24 ítems distribuidos en 6 dimensiones, medidos en una escala de ponderación del 1 al 100 puntos, entre las cuatro alternativas de cultura (clan, ad-hoc, jerarquizada y mercado), basada en dos dimensiones que a modo de cuadro cartesiano se cruzan con sus respectivos tipo de cultura, para contestarlo se consideran dos columnas, la actual y la preferida, la primera responde a la situación actual de la cultura organizacional que se lleva en la empresa, la segunda es el estado que se desea se adopte en la cultura organizacional de la empresa, el puntaje más alto significa mayor afinidad y el puntaje más bajo menor afinidad.

Variable	Dimensiones	Instrumento	Ítems	Medición de ítems
Cultura organizacional (Variable dependiente)	Cultura organizacional	Encuesta	1. Características Dominantes. 2. Liderazgo Organizacional. 3. Administración de Empleados. 4. Pegamiento organizacional. 5. Énfasis estratégico. 6. Criterio de éxito.	Escala Ordinal

Tabla Núm.1. Operacionalización de la dimensión de cultura organizacional de acuerdo al instrumento de medición OCAI. Elaboración propia con adaptación de Cameron y Quinn [2, 6, 7, 8].

La tabla Núm.1 muestra las preguntas que integran los ítems de las dimensiones de la cultura organizacional, de acuerdo con el instrumento OCAI como son las características dominantes, liderazgo organizacional, administración de empleados, pegamiento organizacional, énfasis estratégico y criterios de éxito [8], utilizando escala ordinal.

Ahora se muestra la tabla Núm. 2 con las preguntas que integran las 6 dimensiones de cultura organizacional, utilizando las letras A,B,C,D las cuales indican el tipo de cultura dominante: Clan, Ad-hoc, Jerarquizada y Mercado

Ítems	Pregunta que integra las 6 dimensiones de cultura.	Medición de ítems
Características Dominantes	A. La organización es como una familia, las personas disfrutan de la compañía de otros. B. La organización es un lugar muy dinámico con características emprendedoras. C. En la organización a las personas les gusta tomar riesgos. D. La organización está muy orientada a los resultados.	Escala Ordinal
Liderazgo organizacional	A. El liderazgo de la organización es generalmente usado para apoyar la innovación, el espíritu emprendedor y la toma de riesgos. B. El liderazgo de la organización es generalmente usado para lograr los resultados. C. El liderazgo de la organización es generalmente usado como un instrumento de facilitar, guiar y enseñar a sus miembros. D. El liderazgo de la organización es generalmente usado para coordinar, organizar o mejorar la eficiencia.	Escala Ordinal

Administración de empleados.	A. El estilo de manejo del recurso humano se caracteriza por el trabajo en equipo. B. El estilo de manejo del recurso humano se caracteriza por el individualismo y libertad. C. El estilo de manejo del recurso humano se caracteriza por la competencia y exigencias. D. El estilo de manejo del recurso humano se caracteriza por la seguridad y estabilidad en el trabajo.	Escala Ordinal
Pegamiento organizacional.	A. Lo que mantiene unido a la organización es la lealtad y la confianza mutua. B. Lo que mantiene unido a la organización es el cumplimiento de metas. C. Lo que mantiene unido a la organización son las políticas y las reglas. D. Lo que mantiene unido a la organización es la innovación y el desarrollo.	Escala Ordinal
Énfasis estratégico.	A. La organización enfatiza la confianza entre sus miembros. B. La organización enfatiza la adquisición de nuevos recursos y desafíos. C. La organización enfatiza el hacer acciones para ganar espacios en los mercados. D. La organización enfatiza la permanencia y la estabilidad entre sus miembros.	Escala Ordinal
Criterio de éxito.	A. La organización define el éxito sobre la base de contar con un producto único. B. La organización define el éxito sobre la participación de mercado. C. La organización define el éxito sobre los recursos humanos, las relaciones personales y el reconocimiento de las personas. D. La organización define el éxito sobre la eficiencia en el cumplimiento de las tareas.	Escala Ordinal

Tabla Núm.2. Operacionalización de la dimensión de cultura organizacional Cameron & Quinn [2, 6, 7,8]

Resultados y discusión

Descripción de los casos de estudio de las empresas familiares del **sector servicio**.

Empresa	Sector	Descripción	Cultura organizacional	
Caso 1.	Servicio	Empresa dedicada a servicios veterinarios	**Actual**	Clan
			Preferida	Clan
Caso 2.	Servicio	Empresa dedicada a la realización de eventos sociales.	**Actual**	Jerarquizada
			Preferida	Clan

Tabla Núm.3. Casos Sector servicio. Elaboración propia basada en los resultados obtenidos de la aplicación del instrumento.

El caso 1, donde la empresa se orienta a la salud de los animales, muestra actualmente una cultura organizacional tipo clan con las características de trabajo en equipo, con apertura y apoyo, confianza y compromiso, inferimos que los miembros de la empresa se sienten a gusto con dicha cultura, puesto que la cultura preferida se orienta hacia el mismo cuadrante de clan. A continuación se muestra la figura del caso empleando el modelo OCAI de Cameron y Quinn.

 ISSN 2007-8102

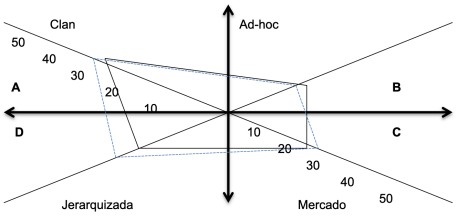


Figura 1. Caso 1 figura modelo OCAI.

La figura anterior muesta dos lineas que marcan la orientación de la cultura organizacional actual marcada por la línea seguida y la cultura organizacional preferente con la línea punteada en azul, esto nos muestra la orientación hacia el cuadrante clan en los dos tipos de cultura organizacional.

El caso 2, donde la empresa se dedica a la realización de eventos, su cultura actual es jerarquizada con características de integración, donde se establecen políticas y se busca estabilidad y permanencia, sin embargo, los miembros de la empresa, consideran como cultura preferente a la cultura clan con su enfoque hacia el mantenimiento. A continuación se muestra la figura empleando el modelo OCAI de Cameron y Quinn.

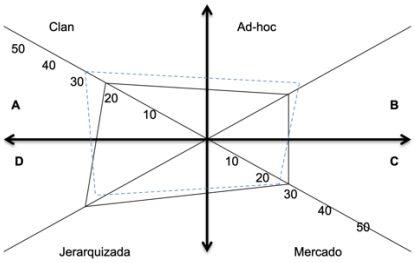


Figura 2. Caso 2 figura modelo OCAI.

La figura anterior muesta una orientación de la cultura organizacional actual hacia el cuadrante jerarquizado,la cual podemos observar con las lineas continuas, mientras que para la cultura organizacional preferida se orienta hacia el cuadrante clan, y lo observamos con la línea continua de color azul.

Descripción de los casos de estudio de las empresas familiares del sector comercio.

Empresa	Sector	Descripción	Cultura organizacional	
Caso 3.	Comercio	Empresa dedicada a la comercialización de productos de café.	**Actual**	Clan
			Preferida	Jerarquizada
Caso 4.	Comercio	Empresa dedicada a la comercialización de invitaciones.	**Actual**	Jerarquizada
			Preferida	Jerarquizada

Tabla Núm.4. Casos del Sector Comercio. Elaboración propia basada en los resultados obtenidos de la aplicación del instrumento.

Para el caso 3 del sector comercio, la cultura organizacional actual es tipo clan con la orientación al mantenimiento, con características de apertura y apoyo, lealtad y compromiso, mientras sus miembros prefieren una cultura jerarquizada con la característica orienta a la integración. A continuación se muestra la figura empleando el modelo OCAI de Cameron y Quinn.

 ISSN 2007-8102

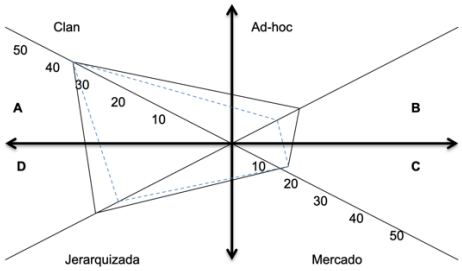


Figura 3. Caso 3 figura modelo OCAI.

La figura anterior muesta su orientación de la cultura organizacional actual con la línea seguida hacia el cuadrante tipo clan, mientras para su cultura organizacional preferida se orienta hacia el cuadrante jerarquizada con la línea punteada de color azul.

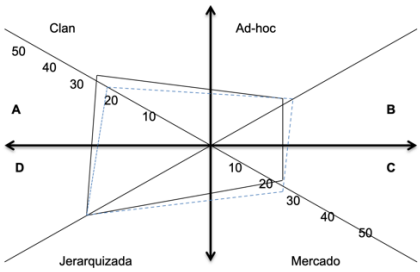


Figura 4. Caso 4 figura modelo OCAI.

Mientras que el caso 4, la empresa dedicada a la comercialización de invitaciones, mantiene el mismo tipo de cultura tanto en la actual como en la preferida, que es la cultura jerarquizada orientada a la integración, a la estabilidad y permanencia. Lo podemos observar en la figura anterior, con la orientación de las líneas hacia el cuadrante jerarquizado.

Descripción de los casos de estudio de las empresas familiares del sector manufactura.

Empresa	Sector	Descripción	Cultura organizacional	
Caso 5.	Manufactura	Empresa dedicada a la producción de artículos de vidrio y aluminio.	**Actual**	Jerarquizada
			Preferida	Clan
Caso 6.	Manufactura	Empresa dedicada a la producción de zapatos.	**Actual**	Jerarquizada
			Preferida	Jerarquizada

Tabla Núm. 5. Casos del Sector Manufactura. Elaboración propia basada en los resultados obtenidos de la aplicación del instrumento

En la tabla anterior, se observa que en el caso 5 la cultura actual es jerarquizada y la cultura preferida es tipo clan, y en el caso 6 la cultura que prevalece es la jerarquizada tanto en lo actual como en la cultura preferida.

 ISSN 2007-8102

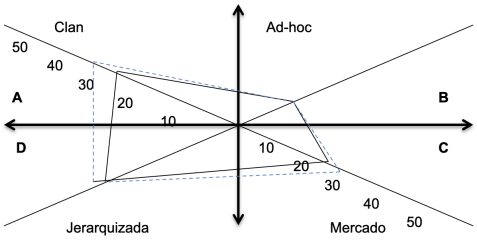


Figura 5. Caso 5 figura modelo OCAI.

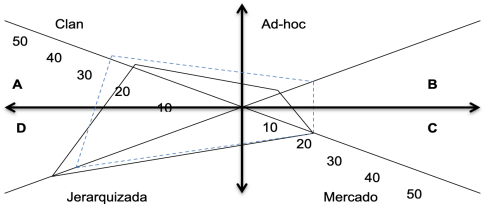


Figura 6. Caso 6 figura modelo OCAI.

Las figuras anteriores muestran las orientación de la cultura organizacional actual y preferida en los casos de estudio 5 y 6, se observa que, en el caso 5 las líneas quienes nos dan el resultado del cuadrante dominante se orientan hacia el cuadrante jerarquizado para la cultura organizacional actual, mientras que para la preferida se orientan hacia el cuadrante de clan, en el caso 6, el modelo OCAI nos indica que tanto la cultura organizacional actual como preferida se orientan hacia el cuandrante jerarquizado, como lo podemos ver en con las líneas que nos muestran la orientación.

Se observa en el presente estudio que factores como el sector económico, el tiempo de supervivencia de la empresa y la cultura organizacional están relacionados. Los resultados obtenidos de estas seis empresas familiares, muestran una inclinación por dos tipo de cultura organizacional, clan y jerarquizada. Las empresas que tienen la cultura tipo clan, tienen menos años en el mercado, siendo del sector servicios (caso 1) y comercio (caso 3), ambas tienen la similitud, donde se busca aprecio, tolerancia y protección del bienestar de todas las personas.

Trabajo a futuro

Tomando en cuenta el desarrollo económico de la región en el último año, se considera que habría que aplicar de nuevo el instrumento, solo que esta vez ampliar la muestra de empresas y emplear un estadístico que determine los resultados, logrando con ello actualizar la información, sin embargo, por ahora debido a la pandemia el covid 19, es regresar a entrevistar a esas mismas empresas si aún están en el mercado para identificar como las ha estado afectando y si la cultura existente en la empresa les ha ayudado o no para supervivir.

Conclusiones

Por medio de la aplicación del Instrumento para (OCAI) se logró el objetivo del trabajo, identificar la cultura organizacional actual y preferida en seis empresas familiares del estado de Aguascalientes del sector servicios, comercio y manufactura; tomando como referente el Modelo Teórico Competing Values Framework, desarrollado por Cameron & Quinn [2], se observa que cada tipo de cultura brinda una estructura organizacional propia la cual depende del sector en el que se desarrolla. Resultando como culturas dominantes clan y jerarquizada, ya sea como cultura actual o cultura preferida en los tres sectores, culturas donde se muestra la organización como familia, reconociendo a sus líderes como figuras paternas, sensibles hacia sus clientes y consumidores o siendo estructurada con líderes organizados reflejando estabilidad y enfocado en los procesos internos de la empresa. Al caracterizar la cultura actual y preferida se conoció como trabajan y como son dirigidas, al describir la cultura actual se ha observa el perfil de la empresa.

Cameron y Quinn [2] hacen referencia que el diagnóstico en las empresas es sano, ya que es la evaluación de la cultura organizacional existente y su impacto en las estructuras y estrategias actuales para determinar los desajustes, fallas y errores a corregir. Mencionando esto, podemos observar que los casos que señalan otra cultura organizacional y preferible a otra, son los casos: 2 del sector servicios, caso 3 del sector comercio y el caso 5 del sector manufactura.

Agradecimientos

Agradezco a las seis empresas familiares que me permitieron hacer el estudio dentro de sus instalaciones. Así mismo agradezco a la Universidad Tecnológica del Norte de Aguascalientes por su apoyo para realizar este documento.

Referencias

[1] M. Hernández, *La cultura Empresarial en México*, Universidad Autónoma de Aguascalientes, Miguel Ángel Porrúa, 2004.

[2] K. Cameron and Quinn, R. “Diagnosing and Changing Organizational Culture”, *Ed. San Francisco, CA: Jossey-bass*. 2011

[3] G. López, *Estudio de la empresa familiar en Rosario. Una aproximación etnográfica*. Invenio. Universidad del Centro, vol. 6, no.11, pp.91- 100, 2003.

[4] A. Rosales, P. Montilla and F. Moreno, “Comunicación estratégica para promover los valores y cultura corporativa”, *Daena: International Journal of Good Consiciencie* vol. 4, no. 2, pp. 229-242, 2009.

[5] R. Yin, “Case Study Research – Design and Methods, Applied Social Research Methods” *Newbury Park, CA, Sage,* vol. 5, 1994.

[6] A. Salazar and P.Navarro, “Estudio de la cultura organizacional, según Cameron y Quinn: Caso de una empresa del sector asegurador Venezolano”, *Universidad Católica Andrés Bello Facultad de Ciencias Económicas y Sociales Escuela de Ciencias Sociales*, 2008.

[7] F. Sepulveda, “El modelo Competing Values Framework (CVF) y el diagnóstico de la cultura organizacional”*, Revista de Economía y Administración Universidad de Chile,* no. 63, 2004.

[8] C. Rodríguez and L. Romo, “Relación entre la Cultura y Valores Organizacionales”, *Conciencia Tecnológica*, núm 45 pp 12-17, 2013

Estudiantes de Administración y su percepción sobre la responsabilidad social empresarial

B. Antonio Pacheco[1], M. G. Aguirre Alemán[2], M. A. Clara Zafra[3], Ma. T. de la L. Sainz Barajas[4], J.J. Chiñas Valencia[5]*
Facultad de Contaduría y Administración, Universidad Veracruzana, Av. Universidad Km 7.5, Col. Santa Isabel, C.P. 96538, Coatzacoalcos, Veracruz, México
[1]antpacheco@uv.mx*

***Área de participación**: Ingeniería Administrativa*

Resumen

Se analizó la percepción de los estudiantes de la Licenciatura en Administración de la UV adscriptos a la FCA campus Coatzacoalcos sobre la RSE. Se utilizó un instrumento validado por los autores Wendlandt, Álvarez y Valdéz [1] propuesta por Maignan (2001) a partir del modelo de Carroll (1991) que comprende cuatro dimensiones de estudio: económica, ética, legal y filantrópica con 5 opciones de respuesta tipo Likert que van desde totalmente en desacuerdo (1) hasta totalmente de acuerdo (5). La percepción de los sujetos de estudio reflejó como resultados: muy buena, esto se corrobora al obtener una media global de 4.15; sin embargo, la dimensión con la media más alta (4.37), es la que corresponde a la responsabilidad legal y la más baja la filantrópica (3.91), quedando en segundo y tercer lugar la responsabilidad económica (4.35) y ética (3.96) respectivamente.

***Palabras clave**: RSE, Empresa, Estudiantes.*

Abstract

The perception of the UV Administration Bachelor students attached to the FCA campus Coatzacoalcos about CSR was analyzed. An instrument validated by the authors Wendlandt, Álvarez and Valdéz [1] proposed by Maignan (2001) based on the Carroll (1991) model was used, which comprises four study dimensions: economic, ethical, legal and philanthropic with 5 response options Likert type ranging from totally disagree (1) to totally agree (5). The perception of the study subjects reflected as results: very good, this is corroborated by obtaining a global mean of 4.15; However, the dimension with the highest mean (4.37) is the one that corresponds to legal responsibility and the lowest is philanthropic (3.91), with economic responsibility (4.35) and ethics (3.96) being in second and third place respectively.

***Key words**: CSR, Company, Students.*

Introducción

De acuerdo con las cifras del Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas (DENUE), el Estado de Veracruz registró al cierre de 2018 un total de 301,436 empresas, lo que representa el 5.89% del total de establecimientos a nivel nacional. Si se analiza por unidad económica el “comercio al por menor” representó el 45.14%, el de “Servicios de alojamiento temporal y de preparación de alimentos y bebidas”, 14.2%, respecto a “otros servicios (sin considerar actividades gubernamentales)” el 13.96% y las “industrias manufactureras” representaron un 10.3%. Si la unidad económica se analiza por municipio, Coatzacoalcos representó el 6% [2]. Dicho lo anterior, si las organizaciones desean obtener el éxito empresarial no solo basta con producir bienes y servicios para la obtención de grandes utilidades, también es importante que contribuyan al bienestar de sus clientes internos, externos y la sociedad en general. De acuerdo con Daft (2000) citado por Aguilera

y Puerto [3] la responsabilidad social empresarial (RSE) es “la obligación de los ejecutivos de tomar decisiones y emprender medidas que contribuyan al bienestar y a los intereses de la sociedad y de la organización” (p.5); por su parte, Antelo y Robaina (2015) citados por Pérez, Espinoza y Peralta [4] afirman que “es el compromiso continuo de contribuir al desarrollo económico sostenible, mejorando la calidad de vida de los empleados y sus familias, así como la de la comunidad local y de la sociedad en general” (p.171). Desde la perspectiva del Centro Mexicano para la Filantropía (CEMEFI) este concepto se refiere a “cumplir integralmente con la finalidad de la empresa en sus dimensiones económica, social y ambiental en sus contextos interno y externo…” (p.9) [5]. Si se analizan estas tres definiciones, se puede apreciar que mientras un autor lo considera como una “obligación” otros lo visualizan como un “compromiso”, la verdad es que todos coinciden en que la RSE busca no solo el beneficio organizacional, sino también el bienestar de una sociedad en general incluyendo a los clientes internos. Para ello, las organizaciones no deben considerarlo como una necesidad ni tendencia actual, sino acciones que deben implementar en su planeación estratégica, pues no solo les ayudará a obtener una ventaja competitiva, sino un equilibrio social, económico y ambiental.

Mencionado lo anterior, el presente trabajo tuvo como objetivo analizar la percepción que tienen los estudiantes de la Licenciatura en Administración de la Facultad de Contaduría y Administración (FCA) de la Universidad Veracruzana (UV) campus Coatzacoalcos Veracruz, inscritos en el periodo agosto 2019 – enero 2020 respecto a la RSE. El instrumento utilizado parte del modelo propuesto por Carroll (1991), diseñado por Maignan (2001), citados por Wendlandt, Álvarez y Valdéz [1] quienes validaron el instrumento para medir la RSE consideran cuatro dimensiones: económico, legal, ética y filantrópica.

Metodología

El presente estudio corresponde a una investigación con enfoque cuantitativo de alcance descriptivo y de corte transversal compuesto por cuatro fases. La primera consistió en indagar suficiente teoría para identificar y comparar los distintos modelos y sus respectivas dimensiones propuestas por diversos autores. Entre ellos se puede mencionar a Ulla (2003) y Lacruz (2005) citados por Pérez, Espinoza y Peralta [4] quienes plantean la división de las dimensiones en seis grupos: economía interna, economía externa, social interna, sociocultural y política externa, ecológica interna y ecológica externa. Por su parte, Cajinga [5] considera cuatro variables como son: ética y gobernabilidad empresarial, calidad de vida de la empresa, vinculación y compromiso con la comunidad, y preservación y cuidado del medio ambiente. Finalmente, Carroll (1991), citado por Wendlandt, Álvarez & Valdéz [1] discurre que las dimensiones para medir la RSE de los consumidores hacia las organizaciones corresponden a cuatro variables: la responsabilidad económica, legal, ética y discrecional (o filantrópica). La primera hace referencia a que las empresas deben proveer de bienes y servicios a la sociedad y venderlos con un margen de ganancia, la segunda corresponde a obedecer las leyes y regulaciones que impone la sociedad; la tercera enfatiza a las expectativas que la sociedad tiene de las empresas más allá de los requerimientos legales, es decir, reflejar códigos, normas y valores no escritos que implícitamente se derivan de cada sociedad; finalmente, la cuarta dimensión son voluntarias por naturaleza y enfatiza el deseo común de ver que las empresas se involucren activamente en la mejora de la sociedad. En la Figura 1 se aprecia la pirámide de la RSE de Carroll (1991).

Una vez comparadas las propuestas de los distintos autores se optó por utilizar el modelo de la Figura 1 debido a su aproximación al estudio en cuestión, cabe agregar que, a partir de esta propuesta, Maignan (2001), diseñó un cuestionario y a partir de ello, los autores Wendlandt, Álvarez y Valdéz [1] evaluaron la sustentabilidad empírica del instrumento de la RSE. Dicho cuestionario comprende las cuatro dimensiones antes mencionadas con un total de 16 ítems y un nivel de confiabilidad original de 0.804 lo que indica una consistencia interna buena. Para el presente estudio se agregaron datos demográficos (ítems del 1 al 5), y una sección de comentarios y sugerencias (ítem 22) quedando un total de 22 preguntas.

 ISSN 2007-8102

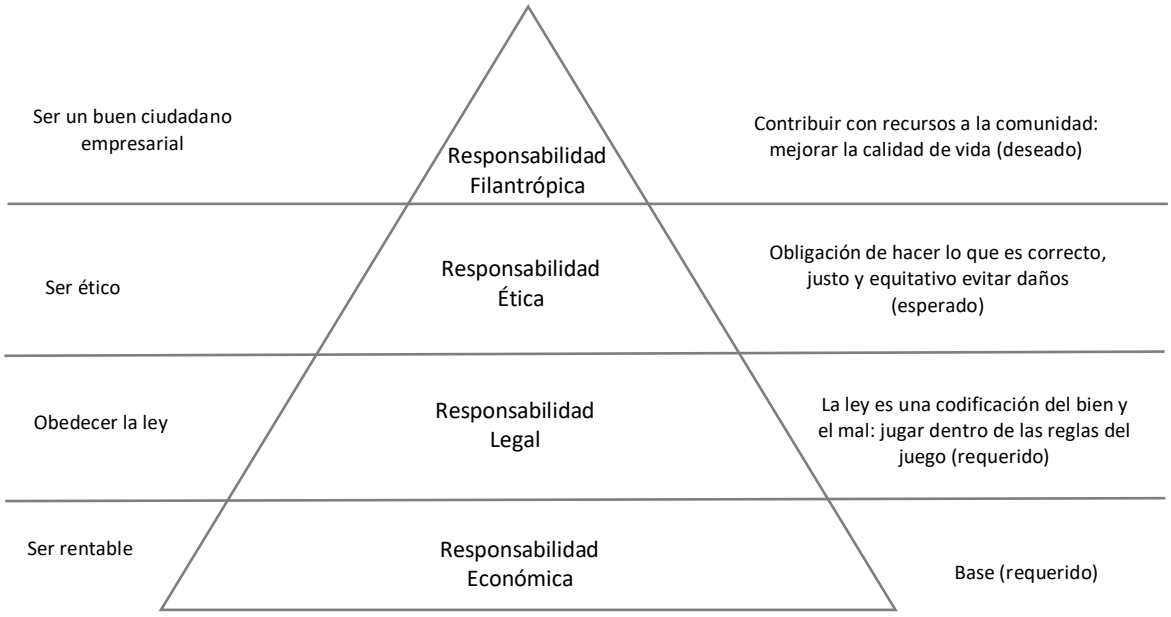


Figura 1. Pirámide de la RSE de Carroll (1991) citado por Wendlandt, Álvarez & Valdéz [1]**.**

La segunda fase de la investigación consistió en la determinación de la muestra de la población de estudio y aplicación del cuestionario. El método de muestreo utilizado fue el probabilístico y para la obtención del número de casos se usó el software Survey IM dando como resultado 194 sujetos con un nivel de confianza de 95% y un margen de error de 5% de una población total de 390 estudiantes inscritos en el programa educativo de Administración de la FCA en el periodo agosto 2019 – enero 2020. Cabe agregar que los cuestionarios fueron aplicados de manera aleatoria. La tercera fase consistió en la captura de los resultados en el programa Excel versión 2019, cálculo del alfa de Cronbach, obtención de medias, gráfica de tendencia y correlación de Spearman con el programa SPSS versión 25.0 y, la cuarta fase análisis de resultados.

Resultados y discusión

En este apartado se presentan los resultados obtenidos en la investigación. Los datos demográficos arrojaron que el 67% de los sujetos participantes corresponden al género femenino y el resto masculino, respecto a la edad el 57% son menores o iguales a los 20 años y el 42% oscila entre 21 a 25 años y solo el 1% entre 26 y 30. Se debe mencionar además que el 31% de los estudiantes cursaban el quinto semestre de su carrera, seguido del 24% en séptimo semestre, el 22% el primer semestre con una diferencia de 2% al tercero y tan solo el 2% del noveno. También se obtuvo que el 77% de los sujetos se dedican exclusivamente a estudiar, el 14% trabajan para una organización y solo el 8% cuentan con un negocio propio.

Con un alfa de Cronbach de 0.841, la confiabilidad de los resultados es aceptable de acuerdo con las sugerencias de los autores George y Mallery (2003, p. 231) citado por Hernández & Pascual [6] y existe una diferencia de 0.037 a favor entre la consistencia original y esta investigación. En la Tabla 1 se aprecia el número de los ítems y estadístico de fiabilidad por cada dimensión de estudio.

 ISSN 2007-8102

Tabla 1. Dimensiones de estudio y sus respectivos ítems, estadístico de fiabilidad y total de casos. Nota: elaboración propia 2020.

Dimensión RSE	No. de ítems	Estadístico de fiabilidad	Casos
D1. Responsabilidad económica	4	0.575	194
D2. Responsabilidad legal	4	0.659	
D3. Responsabilidad ética	4	0.754	
D4. Responsabilidad filantrópica	4	0.777	
Global	16	0.841	

Por otra parte, para cumplir con el objetivo general del presente trabajo de investigación y determinar la percepción de los estudiantes acerca de la RSE, en la Tabla 2 se aprecia el límite inferior y superior definido.

Tabla 2. Niveles de percepción de la Responsabilidad Social Empresarial por categoría. Nota: elaboración propia 2020.

Nivel	Límite inferior	Límite superior
Excelente	4.24	5.00
Muy buena	3.43	4.23
Buena	2.62	3.42
Regular	1.81	2.61
Mala	1.00	1.80

En la Tabla 3 se aprecia la media de cada ítem de estudio, por dimensión y global de la RSE. Si se analiza la media general, los sujetos estudiados tienen una muy buena percepción acerca de la RSE es decir, consideran que toda empresa debe laborar en un marco legal (4.38), buscando el beneficio económico (4.35), siendo éticos (3.96) y contribuyendo a las actividades filantrópicas (3.91) respectivamente en ese orden.

Tabla 3. Media por ítems, dimensión y global de la Responsabilidad Social Empresarial. Nota: elaboración propia 2020.

Indicadores	Media
D1. Responsabilidad económica	**4.35***
6. Maximizar las ganancias	4.19
7. Costos de producción	4.29
8. Planear el éxito a largo plazo	4.44
9. Resultados económicos	4.47
D2. Legal	**4.38***
10. Trabajos regulados por la ley	4.45
11. Obligaciones contractuales	4.44
12. Evita infringir la ley	4.26
13. Principios definidos por sistema regulatorio	4.35
D3. Responsabilidad ética	**3.96***
14. Cumplir con los aspectos éticos	3.75
15. Principios éticos sobre desempeño económico	3.94
16. Principios éticos bien definidos	4.29
17. Objetivos corporativos	3.87
D4. Responsabilidad filantrópica	**3.91***
18. Problemas sociales	4.18
19. Gestión de los asuntos públicos	3.68
20. Recursos a actividades filantrópicas	3.60
21. Papel importante en la sociedad	4.20
General	**4.15****

*Corresponde a la media de cada dimensión de estudio.
**Corresponde a la media general de los indicadores sobre la percepción de RSE.

 ISSN 2007-8102

Se estudió la tendencia de cada dimensión, de un valor real de 3,880 puntos esperados se puede corroborar lo mencionado en la Tabla 3 de medias, la dimensión legal es la más alta que posee 3,394 puntos con una diferencia de 20 respecto a la económica y esta última de 300 respecto a la ética y de 38 puntos a la filantrópica respectivamente. Por su parte, si se contrasta la dimensión con el puntaje más alto (legal), con el más bajo (filantrópica), existe una diferencia de 358 puntos, lo mencionado se aprecia en la Figura 2.

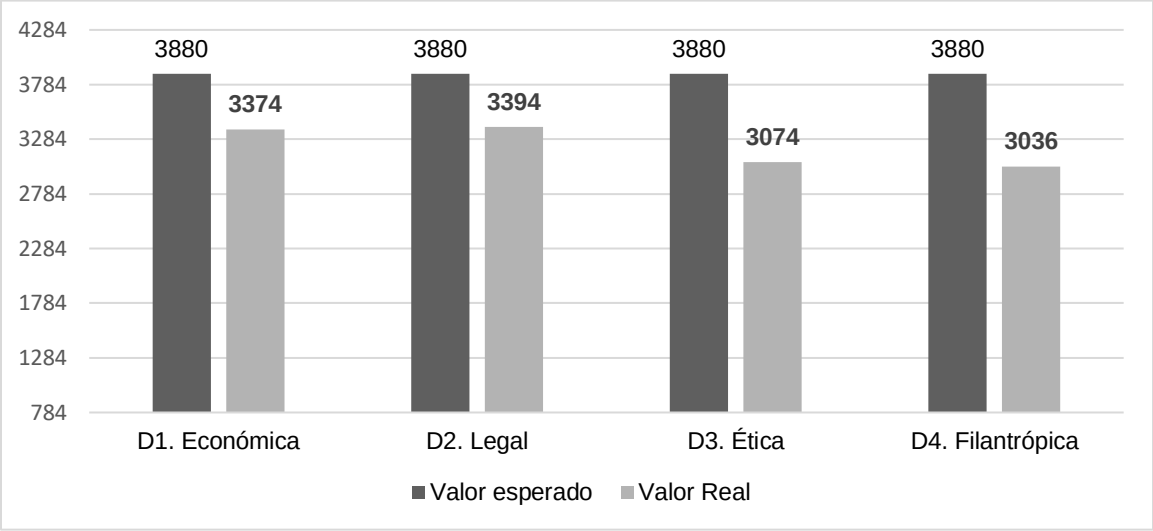


Figura 2. Tendencia por puntos en cada dimensión de estudio. Nota: elaboración propia, 2020.

También se analizó la percepción por medias de los sujetos estudiados por semestre, se detectó que los estudiantes de tercer semestre cuentan con la percepción más alta respecto a la RSE y distinguen que toda empresa en primera instancia, deben darle prioridad a la responsabilidad económica (4.51), seguido de la legal (4.39), ética (4.37) y filantrópica (4.25) respectivamente, mientras que los estudiantes de primer semestre consideran como prioridad a la responsabilidad económica (4.45), seguido de la filantrópica (4.38), ética (4.33) y finalmente la legal (4.26). Con los alumnos de quinto semestre, se obtuvieron los siguientes resultados: económica (4.23), ética (3.90), legal (3.87) y filantrópica (3.56); respecto a los sujetos de séptimo semestre, arrojó a la responsabilidad económica con una media de 4.11, seguido de la legal (3.94), filantrópica (3.83) y ética (3.81).

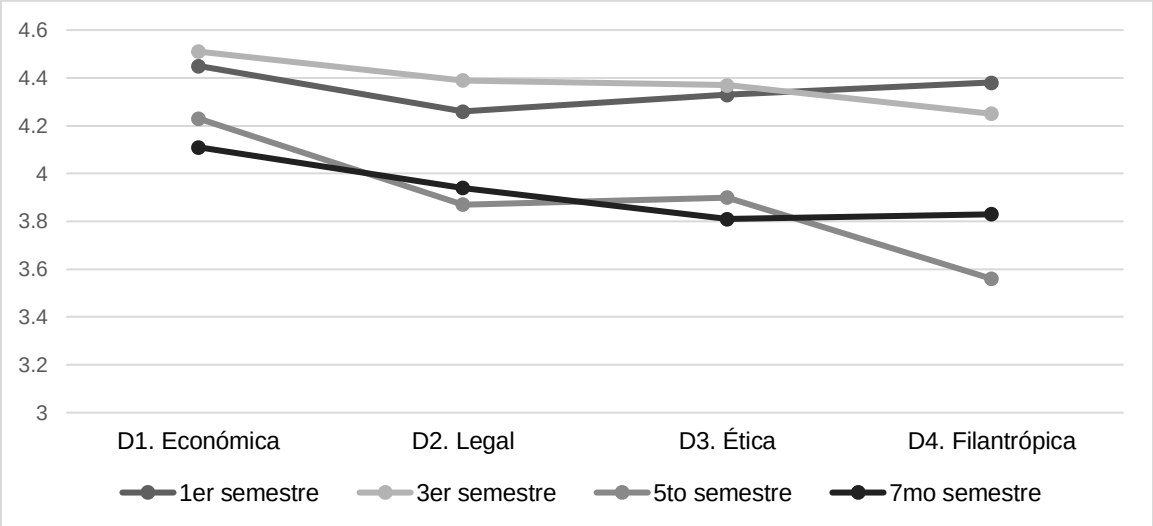


Figura 3. Media de la percepción de la RSE por semestre. Nota: elaboración propia, 2020.

Con lo observado en la figura anterior, todos los estudiantes consideran estar de acuerdo con que las organizaciones tienen como propósito fundamental ser lucrativas. Es interesante analizar cómo los de primer semestre consideran a la filantropía como un factor importante que las organizaciones deben llevar a la práctica.

Así también se puede observar en la Figura 4, la percepción de los sujetos estudiados por estatus laboral y se detectó que los estudiantes que estudian y trabajan en un negocio propio, tienen una mejor percepción de la RSE respecto a los que solo se dedican al estudio, incluso los que trabajan para una organización. Con base a lo anterior, se infiere que los estudiantes emprendedores están conscientes de que su negocio debe buscar un beneficio económico, cumplir con las estipulaciones legales, trabajar con ética y finalmente aplicar la filantropía.

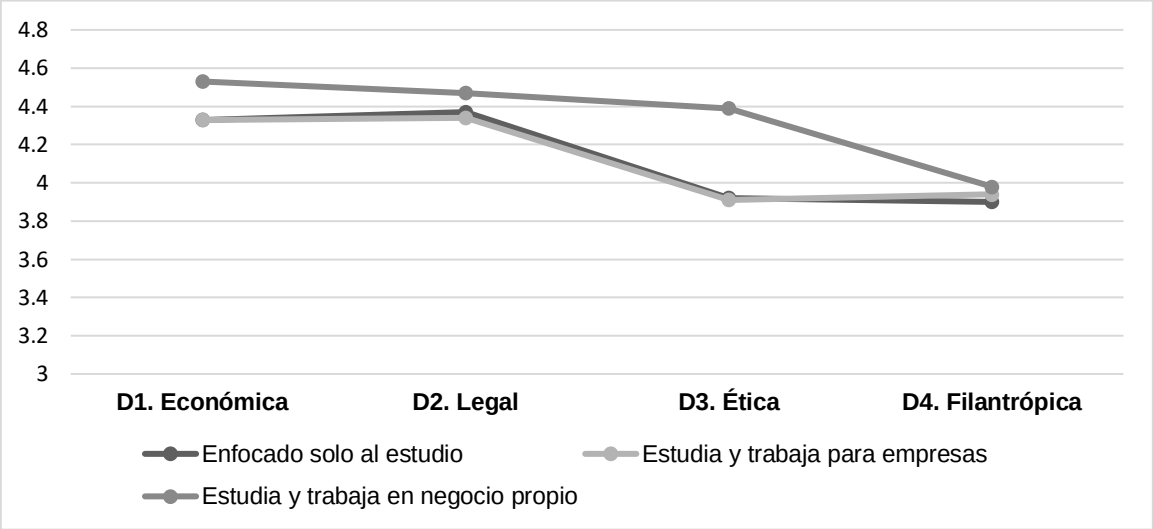


Figura 4. Percepción de la RSE por estatus laboral. Nota: elaboración propia, 2020.

De igual manera se calculó el coeficiente de correlación de Spearman para detectar la asociación entre cada una de las variables de estudio que se relacionan a la variable independiente que corresponde a la percepción de la RSE. Para interpretar la Tabla 4 se utiliza la propuesta de los autores Anderson, Sweeney y Williams [7] quienes afirman que el coeficiente de correlación de Spearman varía desde -1.0 a +1.0 y un valor positivo cercano a 1.0 indica una fuerte relación y un rango cercano a -1.0 indica una fuerte relación pero negativa entre los rangos. Dicho lo anterior, se aprecia claramente que la responsabilidad ética tiene un coeficiente de 0.785 y es la más cercana al rango 1.0 seguido de la legal con una diferencia de 0.011, quedando en tercer lugar la filantrópica y finalmente la económica. Es interesante observar que, entre las dimensiones legal, ética y filantrópica no oscilan mucha diferencia como pasa con la económica, con esto se puede inferir que la formación de los estudiantes de Administración de la FCA está enfocado a una visión más ética que económica; lo cual resulta interesante.

Tabla 4. Coeficiente de correlación de Spearman. Nota: elaboración propia 2020.

Coeficiente	Económica	Legal	Ética	Filantrópica
Rho Spearman	.580**	.774**	.785**	.740**
Sig. Bilateral	.000	.000	.000	.000
**La correlación es significativa en el nivel 0,01 (bilateral).				

Finalmente, respecto a los resultados obtenidos en las medias, se puede observar que la responsabilidad legal que obtuvo la media más elevada solo se diferencia en dos centésimas de la responsabilidad económica, se identifica que la responsabilidad filantrópica es la que tiene una media más baja que dista de 0.46 de la media más alta. Respecto a la dimensión responsabilidad

económica se puede observar una media bastante aceptable de toda la dimensión con 4.35; sin embargo, hay una variación de 0.28 de la media más baja que responde la interrogante de maximizar las ganancias con respecto a la media más alta que es la de mejorar siempre los resultados económicos. Sobre la responsabilidad legal su media global es de 4.37 y se puede afirmar que es la interrogante inferida que las empresas tienen que evitar infringir la ley e incluso si ayudara a mejorar el rendimiento fue el ítem con la media más baja con un valor de 4.26 que dista de 0.19 puntos de la media más alta que fue de 4.45 en el que se asegura de que los empleados actúen dentro de los estándares definidos por ley. Respecto a la tercera dimensión que es la relacionada con la responsabilidad ética, es importante resaltar que tiene una diferenciación entre la media de la interrogante más baja y entre la más alta de 0.54, la interrogante más baja refiere cumplir con los aspectos éticos aunque afecten negativamente el desempeño económico y la más alta es el ítem 16 que describe estar comprometidos con principios éticos bien definidos, lo cual asevera en este caso al cruzar las respuestas que definitivamente hay una coherencia entre las mismas. Finalmente, la dimensión de responsabilidad filantrópica se puede observar una diferencia de 0.60 y están relacionados con los ítems 20 y 21 respectivamente, esto da como resultados al analizar las derivaciones globales, una diferencia de 0.46 entre la dimensión más baja que fue la responsabilidad filantrópica y la más alta que fue la dimensión relacionada con la responsabilidad legal. Cumpliendo con el objetivo general definido, se puede determinar que los sujetos estudiados tienen una muy buena percepción acerca de la RSE, misma que se prueba al obtener una media global de 4.15.

Los resultados obtenidos tienen similitud a los encontrados por Wendlandt, Álvarez & Valdéz [1] al determinar la RSE en los estudiantes de una universidad pública de un estado del noroeste de México con una muestra de 436 sujetos, pues en éste se distinguió el siguiente orden de importancia de la RSE: legal, filantrópico y económico en el mismo nivel y, por último, la dimensión ética. Respecto a los hallazgos de esta investigación, destacan en primer lugar la responsabilidad legal, seguido de la económica, ética y finalmente la filantrópica.

Trabajo a futuro

Como trabajo a futuro es importante analizar a otros grupos de interés (Stakeholders) y conocer su percepción acerca de la práctica de las organizaciones sobre la RSE seleccionando una muestra de empresas de una determinada región o área geográfica, debido a que el presente estudio solo se enfocó en conocer la percepción de los estudiantes de Administración. Así mismo, se necesita determinar la orientación y percepción de los consumidores por estilos de vida, realizar un comparativo de percepciones por sectores económicos: comerciales, industriales y servicios. Como fenómeno vigente se deben construir nuevos modelos de RSE con otras variables para enriquecer las dimensiones de estudio a partir de diversas aportaciones de los autores y seguir fomentando esta temática. Todas las organizaciones deben ser socialmente responsables y no solo tener el reconocimiento como distintivo.

Conclusiones

Con el presente estudio, se deduce que los estudiantes de la Licenciatura en Administración cuentan con una muy buena percepción acerca de la RSE y que las empresas deben ponerlas en práctica, misma que se prueba al obtener una media global de 4.15. De esta forma, la dimensión con la media más alta corresponde a la legal (4.37), seguido de la económica (4.35), la ética (3.96) y finalmente la filantrópica (3.91), aunado a ello todos se encuentran en la categoría de muy bueno. Con lo anterior, se deduce que los sujetos consideran que las empresas deben operar en un entorno donde se respeten las legislaciones vigentes, sin afectar sus intereses económicos, pero también es muy importante que sus actividades se desarrollen con los valores definidos por la misma sociedad y no solo buscar el beneficio mismo, sino también de los clientes internos y externos para la construcción de una mejor sociedad, se necesita que las empresas se involucren en las actividades sociales. También se obtuvo que los sujetos que estudian y trabajan en un negocio propio poseen una mejor percepción acerca de la RSE, esto con respecto a los que solo están enfocados al estudio. Así

mismo, los resultados denotan que la Facultad está formando profesionistas comprometidos con acciones de bienestar común y social, que si bien lo económico es importante, también lo es actuar en un marco legal y ético que impacte favorablemente en su actuar con los propios y con la sociedad. Finalmente, se pudo identificar que la responsabilidad ética tiene un coeficiente de Spearman 0.785 y es la más cercana al rango 1.0 seguido de la legal con una diferencia de 0.011, quedando en tercer lugar la filantrópica y finalmente la económica.

Referencias

[1] A. T. R. Wendlandt, M. M. A. Álvarez y P. D. I. Valdéz, «Validación de un instrumento para medir la Responsabilidad Social Empresarial en consumidores de México,» *Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal,* p. 83, 2016.

[2] Secretaría de Desarrollo Económico y Portuario [SEDECOP], «veracruz.gob.mx,» 05 septiembre 2019. [En línea]. Available: http://www.veracruz.gob.mx/desarrolloeconomico/wp-content/uploads/sites/3/2019/09/Gac2019-356-Jueves-05-TOMO-XI-Ext-Sectorial-19-24.pdf.

[3] C. A. Aguilera y B. D. P. Puerto, «Crecimiento empresarial basado en la Responsabilidad Social,» *Pensamiento y gestión, N° 32,* p. 5, 2012.

[4] E. J. Pérez, C. C. Espinoza y M. B. Peralta, «La responsabilidad social empresarial y su enfoque ambiental:una visión sostenible a futuro,» *Universidad y Sociedad,* p. 171, 2016.

[5] C. J. F. Cajiga, «SEMEFI,» S.f.. [En línea]. Available: https://www.cemefi.org/esr/images/stories/pdf/esr/concepto_esr.pdf. [Último acceso: 10 Noviembre 2019].

[6] H. A. Hernández y B. A. E. Pascual, «Validación de un instrumento de investigación para el diseño de una metodología de autoevaluación del Sistema de Gestión Ambiental,» *Investigación Agraria y Ambiental,* p. 160, 2017.

[7] D. R. Anderson, D. J. Sweeney y T. A. Williams, Estadística para administración y economía, México: Cengage Learning Editores, S.A., 2008.

Validación de un instrumento de medición para evaluar el efecto de la Inteligencia Competitiva en empresas de la Región Lagunera de Coahuila

E. R. Poblano-Ojinaga[1], F. A. Poblano Ojinaga[1], E. R.Pineda Armendáriz[1], H. A. Moreno Casillas[1] y M. Vitela González[1]

Departamento de Ingeniería Industrial, Tecnológico Nacional de México, campus La Laguna, Blvd. Revolución y Av. Instituto Tecnológico de La Laguna s/n, Primero de Cobián Centro, 27000 Torreón, Coahuila, México.

**pooe_65@hotmail.com*

***Área de participación**: Ingeniería Administrativa*

Resumen.

Este trabajo presenta el proceso de validación de un instrumento de medición tipo cuestionario, como primer paso para la estimación de un modelo de ecuaciones estructurales con la finalidad de evaluar las relaciones entre los factores críticos de la Inteligencia Competitiva, la Gestión del Conocimiento y la Capacidad de Innovación de empresas localizadas en la Región Lagunera de Coahuila- México. El proceso inicia con la selección de un instrumento de medición (IM) de 17 elementos o ítems, se valida el contenido del IM por medio del juicio de expertos; posteriormente se realiza un análisis estadístico exploratorio (cálculo de consistencia interna, validez convergente y discriminante); y por último se procede a la validez de constructo por medio de un análisis factorial confirmatorio. Los resultados empíricos indican que el instrumento de medición cumple con los criterios de válidez y confiabilidad.

***Palabras clave**: Instrumento de medición, Validez y confiabilidad de IM, Análisis estadístico.*

Abstract.

This paper presents the process of validation of a measurement instrument - questionnaire, as a first step for the estimation of a model of structural equations in order to evaluate the relationships between the critical factors of Competitive Intelligence, Knowledge Management and Capacity of Innovation of companies located in the *Región Lagunera* of Coahuila-México. The process begins with the selection of a measurement instrument (MI) of 17 elements or items, the content of the MI is validated through expert judgment; subsequently, an exploratory statistical analysis is carried out (calculation of internal consistency, convergent and discriminant validity); and finally, the construct validity is carried out by means of a confirmatory factor analysis. The empirical results indicate that the measurement instrument meets the validity and reliability criteria.

***Keywords**: Instrument of Measurement, Validity and Reliability of IM, Statistical Analysis.*

Introducción

La globalización del mercado y la rapidez del cambio tecnológico impulsan a las organizaciones a aplicar sistemas dinámicos de gestión de información que les permitan analizar la información y convertirla en Inteligencia [1,2]. Estos cambios imponen fuertes presiones y restricciones a las organizaciones y su competitividad depende de la habilidad para monitorear y adaptar sus estrategias con base a la información obtenida al explorar el ambiente [3]. Ante este nuevo paradigma del conocimiento, las empresas necesitan medios para gestionar la información para tomar decisiones e implementarlas. Este proceso es complejo y parte desde la estrategia y la capacidad de la empresa para responder con flexibilidad a las situaciones de mercado y su variación [4]. Su aplicación se puede administrar y explicar a través de metodologías diseñadas

entre las que destacan la Inteligencia Competitiva, la Gestión del Conocimiento y el Capital Intelectual [5].

La **Inteligencia Competitiva (IC)** es un esfuerzo sistemático orientado a objetivos específicos, ético y oportuno en el tiempo, para recopilar, analizar y sintetizar información relevante sobre la competencia, los mercados y el entorno externo, con la finalidad de producir información procesable que pueda proporcionar una ventaja competitiva [6]. Por medio de la aplicación de la IC, las empresas pueden detectar oportunidades de innovación y diseño, identificar tendencias y mercados emergentes en los que podrían introducir nuevos productos, materiales, tecnologías y procesos entre otros factores de competitividad [7], siendo de gran importancia la comprensión y la capacidad para medir el impacto y comprobar el valor de la IC [8]. En la literatura se encuentra una variedad de definiciones de Inteligencia Competitiva; no hay un concepto general entre los profesionales y académicos; la inteligencia corporativa, la inteligencia comercial, la inteligencia de mercado y otros términos similares a menudo se usan indistintamente y la mayoría de las veces, las diferencias son más de semántica que de sustancia [9], esto se puede explicar debido a que la IC es un proceso utilizado en situaciones dinámicas y en un entorno empresarial en constante cambio y la variedad de definiciones puede ser un reflejo de ese proceso de cambio constante [6].

Por su parte, la **Gestión del Conocimiento (GC)** es de gran interés en áreas de la administración de empresas, la ingeniería industrial y la comunicación [10]. Se enfoca en la organización, la adquisición, el almacenamiento y la utilización de los conocimientos para lograr objetivos como la resolución de problemas, el aprendizaje dinámico, la planeación estratégica y la toma de decisiones (Hammed 2004, citado por [11]); por esas funciones compartidas se configura una relación con la inteligencia competitiva, de complemento, para administrar –con efectividad- la información. La GC es el desarrollo de las capacidades y actividades que le permite a una organización diseñar nuevos productos y mejorar los existentes, así como modificar y mejorar sus procesos administrativos y de producción [12]; la GC es el proceso sistemático de buscar, organizar, filtrar y presentar la información con el objetivo de mejorar la comprensión de las personas en un tópico de interés [13]; ayuda a obtener conocimientos y comprensión de la experiencia propia [11]. La GC se centra en facilitar y gestionar las actividades relacionadas con el conocimiento, como su creación, captura, transformación y uso; su función consiste en planificar, poner en marcha, operar y controlar todas las actividades y programas relacionados con el conocimiento, que requiere una gestión eficaz (Viedma Martí, 2006; citado en [14]).

Otra teoría pertinente, relacionada con la transferencia de conocimiento y su absorción son las Capacidades Tecnológicas (CT), consideradas como las habilidades técnicas, gerenciales o de organización que la empresa necesita para utilizar eficientemente los equipos y la información para realizar cualquier proceso de cambio tecnológico, esto implica la necesidad de crear conocimientos y desarrollar habilidades para adquirir, usar, absorber, adaptar, mejorar y generar nuevas tecnologías como fuerzas impulsoras para ofrecer productos [15], por lo que según [16], las capacidades tecnológicas incluyen las capacidades de innovación y las capacidades de absorción. La Capacidad de Absorción del conocimiento es una capacidad de las empresas para valorar, asimilar y aplicar conocimiento proveniente de fuentes externas con una finalidad de tipo comercial. En los últimos años, las definiciones de capacidad de absorción han puesto de manifiesto su poder para convertir el conocimiento adquirido de fuentes externas en ideas, productos, bienes, servicios y modelos utilizables [17], y en la medida en que se satisfagan las necesidades de las empresas, pueden al mismo tiempo promover su propia inserción y actualización y que una mejor capacidad de absorción de las empresas locales reduce la brecha tecnológica entre empresas nacionales y extranjeras como resultado de una derrama tecnológica, esto es, cuando las empresas se benefician de los conocimientos de las tecnologías o mercados de productos o procesos, sin incurrir en un costo que agote toda la ganancia de la mejora [18].

Por otra parte, las **Capacidades de Innovación (CInn)** son un conjunto particular de capacidades organizacionales, con carácter dinámico y orientado a la innovación, capacidades que posibilitan formular e implementar exitosamente estrategias orientadas a la innovación, buscando construir

ventajas competitivas duraderas que le permitan disponer de fórmulas seguras para responder ante los retos del mercado con mayor acierto y flexibilidad [19] y son las habilidades para crear nuevas combinaciones de los factores existentes internos a la organización y de su entorno [16], y en la medida en que más empresas sean capaces de aprender de la interacción con los recursos externos, mayor será la presión para los seguidores y mejor será la capacidad de innovación de estas y del sistema en su conjunto. Entre las funciones clave de la CInn en empresas mexicanas se cuentan el liderazgo; la generación de nuevos conceptos, la generación de nuevos productos y procesos, la organización para la innovación y la administración del conocimiento [20].

Aunque estas teorías gestionan la información y el conocimiento, en la literatura no es clara la relación entre la IC y la GC, y su impacto en la CInn, ni los factores que inciden en la administración efectiva de sus funciones, importante para que cumplan con su propósito. En la literatura hay reportes de la importante relación de la IC y la Administración Estratégica en la Administración y las Ciencias Sociales [21-23]. También se reporta una importante relación de la GC y el CI [12, 24, 25], pero no se reporta una relación directa entre el CI o de la GC con las actividades de Inteligencia Competitiva. Otros autores mencionan la importancia de integrar la GC y la IC con la intención de obtener mejores resultados de la aplicación de estas prácticas [26-29].

Sin embargo, si la finalidad es estudiar las relaciones estructurales entre estas teorías y las hipótesis que se plantearan en un el proyecto de investigación futuro, primeramente es necesario el validar el IM a ser utilizado en la recolección de datos e información de la población objetivo bajo estudio.

Metodología

Debido a que la medición es el proceso de vincular conceptos abstractos con indicadores empíricos con la intención de registrar información o datos sobre las variables, y dado que un IM registra datos observables que representan verdaderamente los conceptos o las variables bajo estudio [30], en esta sección se presentas los materiales y el método para la validación del IM.

Materiales

Para recolectar información de los tres campos de la (economía) del conocimiento de interés en este trabajo (IC y GC), así como de la capacidad innovadora- CInn, es necesario un Instrumento de Medición tipo cuestionario, diseñado a partir de la revisión de literatura, y previamente validado. En la etapa de análisis estadístico de datos, es necesaria una computadora portátil con capacidad suficiente para los siguientes paquetes computacionales: Minitab® versión 17, SPSS® versión 22, y Amos® Versión 22.

Método

Con la intención de representar la realidad estudiada, en este trabajo se utiliza un modelo de seis etapas, el cual se fundamenta en estudios realizados y experiencia en aplicaciones similares [5].

Método:

1.- Selección del Instrumento de Medición validado
2.- Aplicación del Instrumento de Medición a grupo piloto
3.- Análisis de fiabilidad del IM
4.- Aplicación del IM a la población objetivo
5.- Análisis estadísticos de datos en tres pasos.
6.- Conclusiones y Recomendaciones

El proceso inicia con la selección de un IM validado en su contenido por expertos, para identificación de los factores de las tres funciones administrativas (IC, GC y CI) y la Capacidad Innovadora de la empresa, para concluir en la etapa de Conclusiones y Recomendaciones, donde se discuten los resultados obtenidos y se presenta la conclusión.

Resultados y discusión

En la ***etapa uno***, se seleccionó el IM validado [5], como resultado de una búsqueda y revisión de literatura enfocada en 3 funciones administrativas (IC, GC y CI) y de la Capacidad Innovadora de la empresa, identificándose los factores que influyen en su efectividad en las organizaciones. Basado en los factores críticos seleccionados, las variables se "operacionalizaron" para posteriormente elaborar el instrumento de medición con una escala de Likert de 5 categorías, donde el 1 representa un valor bajo o totalmente en desacuerdo y el 5 representa un valor alto o totalmente de acuerdo [5]. La tabla 1 muestra solo las tres funciones administrativas de interés en este trabajo.

Tabla 1. Función Administrativa, su definición y factores críticos.

Función	Definición	Factores críticos
Inteligencia Competitiva	Proceso que produce y difunde inteligencia procesable mediante la planificación, la recopilación, el procesamiento y el análisis ético y legal del entorno interno y externo-competitivo, para ayudar a los tomadores de decisiones y proporcionar una ventaja competitiva a la empresa [30].	Planeación de actividades de inteligencia, Recolección de información del entorno, El análisis de la información para generar inteligencia, Administración de la información útil (inteligencia), Toma de decisiones con base a la Inteligencia, Administración del talento del personal de IC.
Gestión del Conocimiento	Desarrollo de las capacidades y actividades que le permite a una organización diseñar nuevos productos y mejorar los existentes, así como modificar y mejorar sus procesos administrativos y de producción, es el saber hacer en un contexto global [12].	Análisis y la toma de decisiones, Sistema de información, Gestión del factor humano, Empoderamiento del empleado, Estructura organizacional, y Uso compartido del conocimiento.
Capacidad innovadora	Conjunto particular de capacidades organizacionales, con carácter dinámico y orientado a la innovación, que posibilita a la organización a formular e implementar exitosamente estrategias, buscando construir ventajas competitivas duraderas [19].	Generación de ideas, Generación de nuevos conceptos, Generación de nuevos productos, Generación de nuevos procesos, Propiedad Intelectual (Patentes, marcas, etc.).

Fuente [5].

El IM fue validado en su contenido por medio de juicio se expertos, donde un grupo de seis conocedores o expertos en las funciones administrativas de interés, evaluaron el IM en dos áreas: Relevancia y Claridad [31]. Con la ayuda del software SPSS® versión 22 se realiza la prueba de Kendall o coeficiente de concordancia. Los resultados obtenidos, en los dos casos, el valor de p es menor de 0.05 para un nivel de significancia del 5 %, muestran que existe concordancia entre los evaluadores o conocedores.

En la ***etapa dos***, el IM se aplicó a un grupo piloto (muestra de 50 participantes que poseen los atributos que se desean medir de la población objetivo). Este tamaño de muestra es mayor al rango entre 30 y 40 recomendado por [32]. El tipo de muestro es por conveniencia y siguiendo las instrucciones descritas en el IM.

Una vez recabada la información, con la ayuda del software SPSS®, se procede a la ***etapa tres***, análisis de fiabilidad del IM, utilizando el coeficiente alfa de Cronbach. El valor alfa de Cronbach es de 0.910, superior al valor de .70 recomendado en [33]; por lo tanto, se considera que la fiabilidad del instrumento es buena (Tabla 2).

Tabla 2. Estadístico de Fiabilidad.

Dimensión	No. elementos	Alfa de Cronbach
Inteligencia Competitiva-IC	7	0.926
Gestión del Conocimiento – GC	5	0.773
Capacidad Innovadora – CInn	5	0.818
Instrumentos de medición 3 D	**17**	**0.910**

Fuente: Elaboración propia

 ISSN 2007-8102

En la ***etapa cuatro***, se aplicaron un total de 224 instrumentos de medición, número superior al valor de 200 recomendado por [34], los cuales fueron contestados por personal de mandos intermedios de empresas trasnacionales de la región. La tasa de respuesta fue del 100%, sin embargo, veintinueve encuestas fueron descartadas debido a que presentaban inconsistencias.

La ***etapa cinco*** (análisis estadístico de datos) se llevó a cabo en tres pasos. En el ***paso 1*** se realizó un análisis exploratorio inicial para identificar casos atípicos o valores extremos por medio del procedimiento de Distancia Mahalanobis con la ayuda del software Mintab®, Versión 17.

Los puntos que se encuentran por encima de la línea de referencia del eje Y = 5.345 son valores atípicos (Figura 1). En este paso, veintiocho cuestionarios fueron eliminadas.

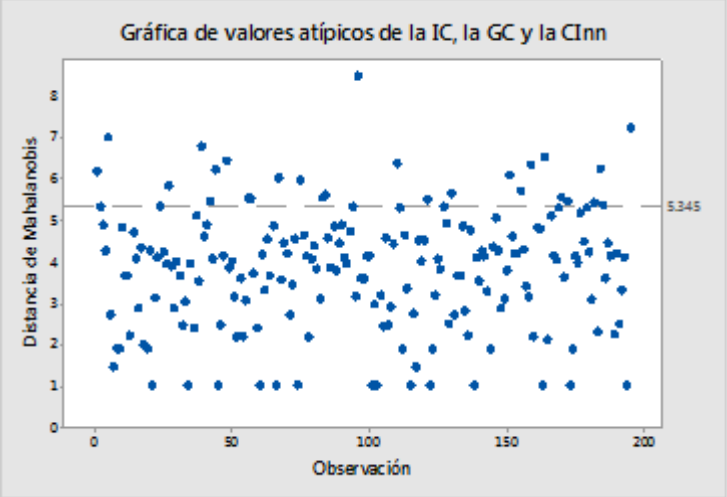


Figura 1. Gráfica de datos atípicos

Posteriormente se determinó la **Adecuación de la medida de KMO** (Kaiser Meyer Olkin) y la prueba de esfericidad de Bartlett para medir la correlación existente entre las variables e indicar si la muestra es aceptable para realizar un Análisis Factorial. Los resultados de esta prueba muestran un valor de 0.930 para KMO y un valor de p de .000 para la Esfericidad de Bartlett. Los dos valores se encuentran en lo recomendado por [35]. Finalmente se determinaron las correlaciones factoriales y las cargas factoriales con ayuda del paquete estadístico SPSS® versión 22 utilizando el método de extracción de Componentes Principales, y el método Promax para su rotación. Las cargas factoriales para todos los ítems exceden el nivel recomendado de 0.60 [36].

Con la información anterior se procede ***al paso 2*****. Validez Convergente y Discriminante,** entendiéndose por validez convergente como el grado en que múltiples intentos de medir el mismo concepto concuerdan. La validez convergente se evaluó en función de la confiabilidad compuesta (CR por sus siglas en ingles) y la varianza promedio extraída (AVE por sus siglas en ingles).

En la Tabla 3 se presentan los resultados. Los valores de la CR, el grado en que los indicadores explican el constructo latente, están entre el rango de 0.85 a 0.92, excediendo en todos casos lo recomendado nivel de 0.70 y las AVE, que reflejan la cantidad total de variación en los indicadores explicado por el constructo latente, están en el rango entre 0.53 y 0.62, superando el nivel recomendado de 0.5 [37].

Tabla 3. Resultados de la Validez Convergente.

DIMENSION		Carga factorial	AVE	CR
Inteligencia Competitiva				
Ítem	IC01	.731		
	IC02	.822		
	IC03	.869		
	IC04	.806		
	IC05	.781		
	IC06	.775		
	IC07	.707	**0.62**	**0.92**
Gestión del Conocimiento				
Ítem	GC01	.695		
	GC02	.815		
	GC03	.748		
	GC04	.680		
	GC05	.679	**0.53**	**0.85**
Capacidad Innovadora				
ïtem	CIN01	.732		
	CIN02	.842		
	CIN03	.783		
	CIN04	.715		
	CIN05	.666	**0.56**	**0.86**

Fuente: Elaboración propia.

La **validez discriminante** (el grado de las medidas de los distintos conceptos son distintas), fue examinada comparando las correlaciones al cuadrado del constructo entre la varianza media extraída para el constructo. Se da validez discriminante cuando los elementos en la diagonal (AVE) son mayores a los elementos por debajo de la diagonal [38]. Los resultados del análisis muestran que las correlaciones cuadradas para cada constructo son menores que las AVE - diagonal (Tabla 4).

Tabla 4 . Resultados de la Validez Discriminante.

	Inteligencia Competitiva	Capacidad de Innovación	Gestión del Conocimiento
Inteligencia Competitiva	**0.62**		
Capacidad de Innovación	0.16	**0.56**	
Gestión del Conocimiento	0.39	0.21	**0.53**

Fuente: Elaboración propia

En ***el paso 3.*** Análisis Factorial Confirmatorio, se prueba el modelo de medida (Figura 2) utilizando el paquete de análisis de ecuaciones estructurales - *Amos* por medio del método de máxima verosimilitud de estimación.

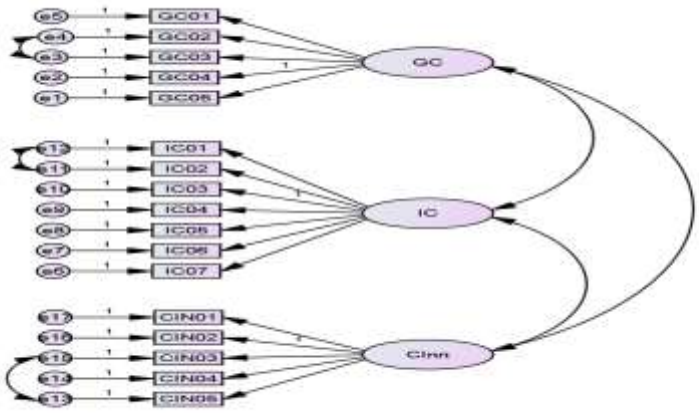


Figura 2. Modelo de Medida

El modelo cuenta con 37 variables, una chi-cuadrada de 224.275, un valor p = .000, 113 grados de libertad, 153 momentos o pares y se estimaran 40 parámetros, de acuerdo con la condición de orden, este modelo está sobre identificado debido a que hay más valores en S que parámetros a estimar, o los grado de libertad son positivos, no cero-solo identificado o negativo-no identificado [39].

La prueba del modelo de medida da como resultado que los pesos de regresión o cargas factoriales son significativas a un nivel de alfa de 0.05; al igual que las covarianzas entre los constructos. Además, se determinaron los siguientes índices de ajuste del modelo, los cuales se presentan en la Tabla 5. El valor del CMIN/DF es 1.985, menor al recomendado de 3, el índice de bondad de ajuste (AGFI) ajustado es de 0.817 mayor al nivel de corte recomendado de 0.8; el índice de ajuste comparativo (CFI) es 0,920, mayor que el 0,9 recomendado [40]. La raíz del error cuadrático medio de aproximación (RMSEA) es 0.077, menor al límite recomendado de 0.08 [41].

Tabla 5. Índices de Ajuste del Modelo de Medida

Índice de ajuste	CMIN/DF	CFI	RMSEA	AGFI
Modelo	1.985	0.920	0.077	0.817
Recomendado	<3.00	>0.900	< 0.080	>0.800

Los índices de ajuste estimados, así como el valor chi-cuadrada: 224.274, y valor p = 0.000; indican en su conjunto, un ajuste razonable de los datos al modelo.

Conclusiones

Los resultados obtenidos son valiosos porque que indican que el Instrumento de Medición puede usarse para llevar a cabo la evaluación del efecto de los factores críticos de la *Inteligencia Competitiva* y de la *Gestión del Conocimiento*, con la *Capacidad de Innovación* de empresas de la Región Lagunera de Coahuila, aún cuando la principal limitación del estudio es el tamaño de la muestra y el tipo de muestreo usado, varios aspectos indican que el estudio sigue siendo válido.

Éstos incluyen:

1. La consistencia interna de la IM (alfa de Cronbach) y KMO mayor que la recomendada de .70;
2. Cumplimiento de los casos de validez convergente y validez discriminante;
3. Cumplimiento de los criterios de ajuste del modelo de medida (AFC).

Este documento constituye evidencia de que el Análisis Multivariante es una herramienta poderosa para la validación de contenido y de constructo de un IM, así como de su fiabilidad.

Trabajos a futuro

El IM validado en este trabajo, será utilizado para identificar los parámetros de un modelo estructural y su análisis por medio del enfoque de Modelado de Ecuaciones Estructurales.

Referencias

[1] Bartes, F. (2015). The objectives of competitive intelligence as a part of corporative development strategy. ACTA Universitatis Agriculturae ET Silviculturae Mendelianae Brunensis, 62(6), 1243-1250.

[2] Tej Adidam, P., Banerjee, M., & Shukla, P. (2012). Competitive intelligence and firm's performance in emerging markets: an exploratory study in India. Journal of Business & Industrial Marketing, 27(3), 242-254.

[3] Nasri, W. & Zairi, M., (2013). Key Success Factors for Developing Competitive Intelligence in Organization. American Journal of Business and Management. Vol. 2, No.3, 2013. 239-244. DOI: 10.11634/216796061302397

[4] Stefanikova, Ľ., Rypakova, M., & Moravcikova, K. (2015). The impact of competitive intelligence on sustainable growth of the enterprises, *26*(15), 209–214. http://doi.org/10.1016/S2212-5671(15)00816-3

[5] Poblano Ojinaga, E. R. (2019). Modelo Estructural de los Factores Críticos de Éxito de la Inteligencia Competitiva basado en la Administración del Conocimiento. Tesis Doctoral. Departamento de Ingeniería Industrial y Manufactura. Universidad Autónoma de Cd. Juárez. México.

[6] Fleisher, C. S. (2009). Examining Differences in Competitive Intelligence Practice: China, Japan, and the West By, *3000*, 249–261. http://doi.org/10.1002/tie

[7] Rodríguez, M., y Chávez, S. M. (2011). Propuesta de integración de la Inteligencia Competitiva y Tecnológica con el Kansei Engineering en el diseño de estufas de inducción magnética, *6*(73), 827–844.

[8] Calof, J. (2014). Evaluating the Impact and Value of Competitive Intelligence From The users Perspective - The Case of the National Research Council ' s Technical Intelligence Unit, 4 (2), 79–90

[9] SCIP, (2017). What is the difference between corporate intelligence and business intelligence?. https://www.scip.org/

[10] Rodríguez Gómez, D. (2006). Modelos para la creación y gestión del conocimiento: una aproximación teórica.

[11] Herschel, T. & Jones, N. (2005), "Knowledge management and business intelligence: the importance of integration", Journal of Knowledge Management, Vol. 9 Issn 4 pp. 45 – 55

[12] Díaz, V. (2007). Gestión del conocimiento y del capital intelectual: *Revista EAN*, (61), 39–68.

[13] Davenport, T. H., Prusak, L., & Wilson, H. J. (2003). What's the big idea?: Creating and capitalizing on the best management thinking. Harvard Business Press.

[14] Arias, J., Cruz, H., Pedraza, M., Ordóñez, A., & Herrera, L. (2007). Los escenarios de la gestión del conocimiento y el capital intelectual en los procesos de investigación. Signo y Pensamiento, XXVI, 63–83.

[15] Afuah, A. (2002). Mapping technological capabilities into product markets and competitive advantage: the case of cholesterol drugs. Strategic Management Journal, 23(2), 171-179.

[16] Lugones, G., Gutti, P., & Le Clech, N. (2007). *Indicadores de capacidades tecnológicas en América Latina*. CEPAL.

[17] Zahra, S., van de Velde, E., and Larraneta, B. (2007). ‘‘Knowledge conversion capability and the performance of corporate and university spin-offs.’’ Industrial &Corporate Change, 16, 569– 608.

[18] Blomström, M., &Kokko, A. (1998). Multinational corporations and spillovers. *Journal of Economic surveys*, *12*(3), 247-277.

[19] Robledo, J., López, C., Zapata, W., & Pérez, J. D. (2010). Desarrollo de una Metodología de Evaluación de Capacidades de Innovación. *Perfil de coyuntura económica*, (15), 133-148.

[20] Güemes, D., y Rodríguez, M. (2007). La relación entre la inteligencia competitiva y la capacidad innovadora de las empresas mexicanas Puzzle: Revista Hispana de La Inteligencia Competitiva, 6(26), 21–27.

[21] Ansoff, H. I. (1980). Strategic issue management. Strategic management journal, 1(2), 131-148.

[22] Porter, M. E. (1980). Competitive Strategy, New York: Free Press

[23] Drucker, P. F. (1997). The global economy and the nation-state. *Foreign Affairs*, 159-171.

[24] Díez, J. M., Ochoa, M. L., Prieto, M. B., & Santidrián, A. (2010). Intellectual capital and value creation in Spanish firms. *Journal of Intellectual Capital*, *11*(3), 348–367. http://doi.org/10.1108/14691931011064581

[25] Estrada, S., & Dutrénit, G. (2007). Gestión del conocimiento en pymes y desempeño competitivo. Engevista, 9, 129–148.
[26] Galeano, S., Sanchez, M., y Villareal, M. (2008). Modelo de gestión del conocimiento apoyado en la vigilancia tecnológica y la inteligencia competitiva para la cadena productiva de la uva isabella en la bioregión del Valle del Cauca. Cuaderno de Administración / Universidad del Valle/ no. 40. pp 73-93.
[27] Sharp S., (2008), "Competitive Intelligence Advantage: How to Minimize Risk, Avoid 2New Jersey.
[28] Rothberg, H., & Erickson, S. (2013). Intelligence in the oil patch: knowledge management and competitive intelligence insights. In *Academic Conferences International Limited, Kidmore End* (p. 387).
[29] Chawinga, W. D., &Chipeta, G. T. (2017). A synergy of knowledge management and competitive intelligence: A key for competitive advantage in small and medium business enterprises. *Business Information Review*, *34*(1), 25-36.
[30] Grinnell, R., Unrau, Y., & Williams, M. (2009). *Research methods for BSW students*. Pair Bond Publications.
[30] Pellissier, R. & Nenzhelele, T.E., (2013). 'Towards a universal definition of competitive intelligence', SA Journal of Information Management 15 (2), Art. #559, 7 pages. http://dx.doi.org/10.4102/sajim.v15i2.559
[31] Escobar-Pérez, J., & Cuervo-Martínez, A. (2008). Validez de contenido y juicio de expertos: una aproximación a su utilización. *Avances en medición*, *6*, 27-36.
[32] Hertzog, M. A. (2008). Considerations in determining sample size for pilot studies. Research in nursing & health, 31(2), 180-191.
[33] Nunnally, J. C., & Bernstein, I. H. (1994). Psychological theory. *New York, NY: MacGraw-Hill*, 131-147.
[34] Lloret-Segura, S., Ferreres-Traver, A., Hernández-Baeza, A., & Tomás-Marco, I. (2014). El análisis factorial exploratorio de los ítems: una guía práctica, revisada y actualizada. *Anales de psicología*, *30*(3), 1151-1169.
[35] LEVY MANQUIN, J. P., Varela Mallou, J., & ABAD GONZALEZ, J. U. L. I. O. (2003). *ANALISIMULTIVARIABLE PARA LAS CIENCIAS SOCIALES/JEAN-PIERRE LEVY MANGIN, JESUS VARELA MALLOU Y JULIO ABAN GONZALEZ. (ETAL)* (No. HA29. 5. S62. A52 2003).
[36] Lin, H. F. (2007). Predicting consumer intentions to shop online: An empirical test of competing theories. Electronic Commerce Research and Applications, 6(4), 433-442.
[37] Hair,J.; Anderson, R. & Tatham, W. (1998). Multivariate Data Analysis with Reading, Prentice-Hall, Upper Saddle River, NJ.
[38] Matzler, K., & Renzl, B. (2006). The relationship between interpersonal trust, employee satisfaction, and employee loyalty. Total quality management and business excellence, 17(10), 1261-1271.
[39] Lomax, R. G., & Schumacker, R. E. (2012). *A beginner's guide to structural equation modeling*. New York, NY: Routledge Academic. 3rd Ed.
[40] Chau P., & Hu P. (2001). Information technology acceptance by individual professional: a model comparison approach, Decision Sciences 32 (4) 699–719.
[41] Browne, M. W., & Cudeck, R. (1993). Alternative ways of assessing model fit. *Sage focus editions*, *154*, 136-136.

Análisis de rotación del personal mediante la evaluación del clima laboral en una empresa logística.

R. Chávez Rodriguez [1], Ma. G. Trujillo Espinoza[2], Ma. R. Acevedo Serrano[3] C.R. Hernández Reyes [4]

[1]Departamento de Ingeniería en administración. Tecnológico Nacional de México, Campus Tierra Blanca. Prol. Av. Veracruz S/N esq. Héroes de Puebla. Col. Pemex, C.P. 95180, Tierra Blanca, Ver.
[2]Departamento de Licenciatura en Contaduría. Tecnológico Nacional de México, Campus Tierra Blanca. Prol. Av. Veracruz S/N esq. Héroes de Puebla. Col. Pemex, C.P. 95180, Tierra Blanca, Ver.
[3]Departamento de Ingeniería Industrial. Tecnológico Nacional de México, Campus Tierra Blanca. Prol. Av. Veracruz S/N esq. Héroes de Puebla. Col. Pemex, C.P. 95180, Tierra Blanca, Ver.
[4] Departamento de Ingeniería Industrial. Tecnológico Nacional de México, Campus Tierra Blanca. Prol. Av. Veracruz S/N esq. Héroes de Puebla. Col. Pemex, C.P. 95180, Tierra Blanca, Ver.

*reyna.chavez@itstb.edu.mx
***Área de participación**: Innovación empresarial*

Resumen

Esta investigación es realizada en una empresa de logística en el estado de Veracruz, se analiza la rotación de personal apoyado en la evaluación del clima laboral para determinar la incidencia que prevalece en la empresa, debido a que este fenómeno excede del 32 % anual y se ha presentado en los últimos años. Se desarrolló un instrumento con escala de medición de Likert que contiene la medición de 8 categorías con 28 preguntas, entre las que se incluye, satisfacción con el trabajo y la empresa, reconocimiento y motivación, remuneración, equipo de trabajo, comunicación y ambiente, aplicado a 94 trabajadores del puesto operadores locales de la empresa. Los resultados muestran una mayor área de oportunidad en la dimensión de reconocimiento y motivación, las categorías mejor evaluadas son satisfacción con el trabajo que realiza y ambiente.

***Palabras clave**: Clima organizacional, satisfacción, comunicación, motivación.*

Abstract

This research is carried out in a logistics company in the state of Veracruz, the rotation of personnel supported by the evaluation of the work environment is analyzed to determine the incidence that prevails in the company, because this phenomenon exceeds 32% annually and is has featured in recent years. An instrument with a Likert measurement scale was developed that contains the measurement of 8 categories with 28 questions, including job and company satisfaction, recognition and motivation, remuneration, work team, communication and environment, applied 94 workers from the local operators of the company. The results show a greater area of opportunity in the recognition and motivation dimension, the best evaluated categories are satisfaction with the work carried out and the environment.

***Key words**:* Organizational climate, satisfaction, communication, motivation

Introducción

La empresa logística Blackpack, es una organización dedicada a ofrecer servicios postales de mensajería y paquetería a grandes escalas a nivel nacional e internacional, por lo que el personal operativo tiene suma importancia para la organización, este es el que se encarga de que se lleven a cabo todos los procedimientos necesarios para que la empresa cumpla con los tiempos de entrega establecidas. En los últimos años ha presentado un porcentaje alto de rotación del personal operativo en comparación con los años anteriores el índice de rotación de personal ha sido muy alto en el 2015 se tuvo un 32.53% , en el año 2016 un 29.34% y en el 2017 se tiene un 16.33% , lo cual ha provocado que el área de recursos humanos y el área de operaciones se vean en apuros en los últimos meses, debido a que el personal operativo es parte fundamental de la empresa. Es por ello que surge la necesidad de analizar las causas que originan la rotación de personal, mediante el análisis y medición del clima laboral, debido a que esta situación genera problemas operativos, administrativos y financieros. Al renunciar o despedir a un trabajador operativo las tareas para el área de operaciones aumentan, ya que cada trabajador de esta área tiene sus tareas definidas de acuerdo a la logística planteada y al faltar un trabajador esta debe ajustarse para que las operaciones sigan en tiempo y forma, muchas veces sumando labores a los trabajadores, así mismo el área de administración debe de liquidar a la persona que ha renunciado o ha sido despedida, lo cual genera un gasto y por su parte el ara de recursos humanos deberá buscar rápidamente un remplazo para cubrir la vacante que ha quedado vacía, lo cual lleva consigo tiempo, dinero.

Realizando un análisis de las diferentes concepciones del clima organizacional, no podemos dejar de mencionar a [1] arguye que “el clima organizacional puede ser definido como las cualidades o propiedades del ambiente laboral que son percibidas o experimentadas por los miembros de la organización y que además tienen influencia directa en los comportamientos de los empleados.” Así mismo [2], expone que “los factores y estructuras del sistema organizacional dan lugar a un determinado clima, en función a las percepciones de los miembros. Este clima resultante induce determinados comportamientos en los individuos y dichos comportamientos inciden en la organización y en el clima, y así se completa el circuito”. Ambos autores coinciden que los empleados son los que perciben directamente el clima organizacional y que tienen influencia en los comportamientos dentro de la misma. El clima organizacional se puede medir a través de la observación del comportamiento y desarrollo de sus trabajadores; mediante el uso de entrevistas directas a los trabajadores; y la más utilizada, es realizar una encuesta a todos los trabajadores a través de uno de los cuestionarios diseñados para ello [3]. En la literatura se encuentra una gran variedad de cuestionarios que han sido aplicados en los procesos de medición del clima, debido a la importancia que tiene este concepto en la organización, además de conocer el sentir de los miembros, es un instrumento eficaz para detectar áreas de oportunidad con el recurso humano, uno de los elementos principales en la organización. Es por ello que se realiza el análisis determinando si este incide en la rotación de personal, para tomarlo como punto de referencia en el diseño de estrategias que puedan mitigar el impacto en la rotación, ademar de detectar las áreas de oportunidad para la mejora de la eficiencia y productividad en el capital humano y su compromiso con la empresa.

Metodología

La medición de las variables se realizó por medio de la aplicación del cuestionario elaborado con veintiocho preguntas sobre el clima laboral, el cual fue respondido por los trabajadores del área de operaciones donde sus respuestas se midieron mediante la escala de Likert.

Diseño de la investigación

Este estudio es de tipo correlación debido a la naturaleza de las variables, siendo un estudio de caso por ser la única empresa analizada y además de carácter transversal por realizarse el estudio en un tiempo único. Es de tipo descriptivo debido a que no se tiene ningún control sobre sus variables, ninguna depende de lo que pase con la otra.

Descripción del universo de estudio

Todos los trabajadores que ocupan el puesto de Operadores locales de la empresa logística en el estado de Veracruz, es decir, un total de 94 personas con un rango de edad de entre veinte y sesenta años, utilizando la técnica de censo para la aplicación del cuestionario.

Descripción del instrumento

El instrumento aplicado está integrado por un cuestionario, que mide el clima laboral de las organizaciones se tomó del artículo "Cómo influye la satisfacción laboral sobre el desempeño: Caso empresa de retail" [4], incluye una escala gráfica de medición de Likert, donde se colocaron los valores de Muy de acuerdo, De acuerdo, No muy de acuerdo y Desacuerdo, para que el trabajador indicara la opción que más se apegara a su criterio. Constando de 28 ítems de preguntas y 2 ítems de datos demográficos. Las categorías están integradas por Satisfacción por el trabajo que realiza, satisfacción con la empresa, reconocimiento y motivación, remuneración, desempeño integral y funciones, equipo de trabajo, comunicación y organización y la última dimensión ambiente, descritas en la tabla 1

Dimensión	Descripción	ITEMS
Satisfacción por el trabajo que realiza	Se describe como la actitud de un colaborador hacia el trabajo que realiza, si este se encuentra conforme mostrará una actitud positiva hacia el mismo [5].Examina el agrado que tienen el empleado por su trabajo realizado diariamente.	1-3
Satisfacción con la empresa	La empresa es un esencial en la actividad económica donde participan los accionistas, usuarios y trabajadores. Analizar las expectativas laborales, permitirá alinear objetivos reducir la falta de insatisfacción y apuntar a la motivación y satisfacción del personal [6]. Mide el grado de identificación del colaborador con la filosofía organizacional y su nivel de compromiso para el plan de desarrollo profesional.	4-7
Reconocimiento y motivación	El reconocimiento, es un componente que se manifiesta a partir de la atención que se quiere lograr por parte de los demás miembros, cobre relevancia lo que opinen las otras personas. La motivación como elemento fundamental que permite generar resultados, mejorar la mejorar la productividad en las organizaciones [7]. Indaga el reconocimiento que recibe el trabajador por parte de sus superiores, así como la motivación que recibe al realizar sus actividades.	8-12
Remuneración	De acuerdo a [8] "La remuneración es un proceso de intercambio, en el cual, por una parte, la organización espera obtener trabajo y, por la otra, la persona espera recibir una compensación por su trabajo." Investiga la satisfacción del trabajador con respecto al salario que recibe por sus actividades desempeñadas.	13-16
Desempeño integral y funciones	El desempeño son las acciones o comportamientos realizados por los trabajadores que son importantes para los objetivos de la organización, muchas veces se manifiesta a través de la conducta. Se considera la	17-19

	piedra angular para la efectividad y éxito de la organización [9]. Explora el desarrollo de las actividades, así como el nivel de crecimiento que tiene el trabajador dentro de la organización.	
Equipo de trabajo	Definir el equipo de trabajo se refiere a un grupo humano que conjugan sus habilidades y destrezas para alcanzar los objetivos finales, estos deben estar organizados y alineados con las metas de la organización [10]. Estudia las relaciones interpersonales entre los miembros del departamento.	20-22
Comunicación y organización	La comunicación es elemento clave de la organización y una condición necesaria para que esta exista. Crea su funcionamiento interno y realiza la conexión con ambiente externo, la empresa debe tener un plan de comunicación para que todos los niveles jerárquicos funcionen bajo los mismos objetivos [11]. Analiza la efectividad de la comunicación y la organización entre los diferentes niveles jerárquicos.	23-24
Ambiente	El ambiente de trabajo tiene una influencia positiva sobre los diversos factores que integran la satisfacción y desempeño del trabajador, además de mantener la salud del mismo y productividad en la organización. Combinando los factores humanos y físicos orientados a reglas y normas de seguridad [12]. Busca la opinión del trabajador respecto a las condiciones ambientales, en las cuales desarrolla su trabajo dentro de la organización.	25-28

Tabla 1: Dimensiones
Elaboración: Propia

Recolección de datos

Una vez formulado el cuestionario, se recurrió a la aplicación dentro de la empresa, debido a la accesibilidad por parte de la empresa, se hizo llegar el cuestionario a todas las plazas de la región que fueron las de Xalapa, Poza Rica, Martínez de la Torre, Córdoba, Coatzacoalcos y San Andrés Tuxtla, teniendo aceptación también por parte de los trabajadores. Fue contestada de manera autónoma, voluntaria, anónima y sin tiempo establecido, evitando sesgos en la información.

Resultados y discusión

Alfa de Cronbach

Se estimó la fiabilidad del instrumento de medida a través del conjunto de ítems, mismos que evalúan el clima y satisfacción laboral, el resultado obtenido por variable es de *0.7965*, el cual está por encima del 0.7 según [13] . Lo que indica que el grupo de ítem que exploran un factor común muestran un elevado valor de alfa de Cronbach, por tanto, el instrumento tiene buena consistencia interna y fiabilidad de los datos obtenidos.

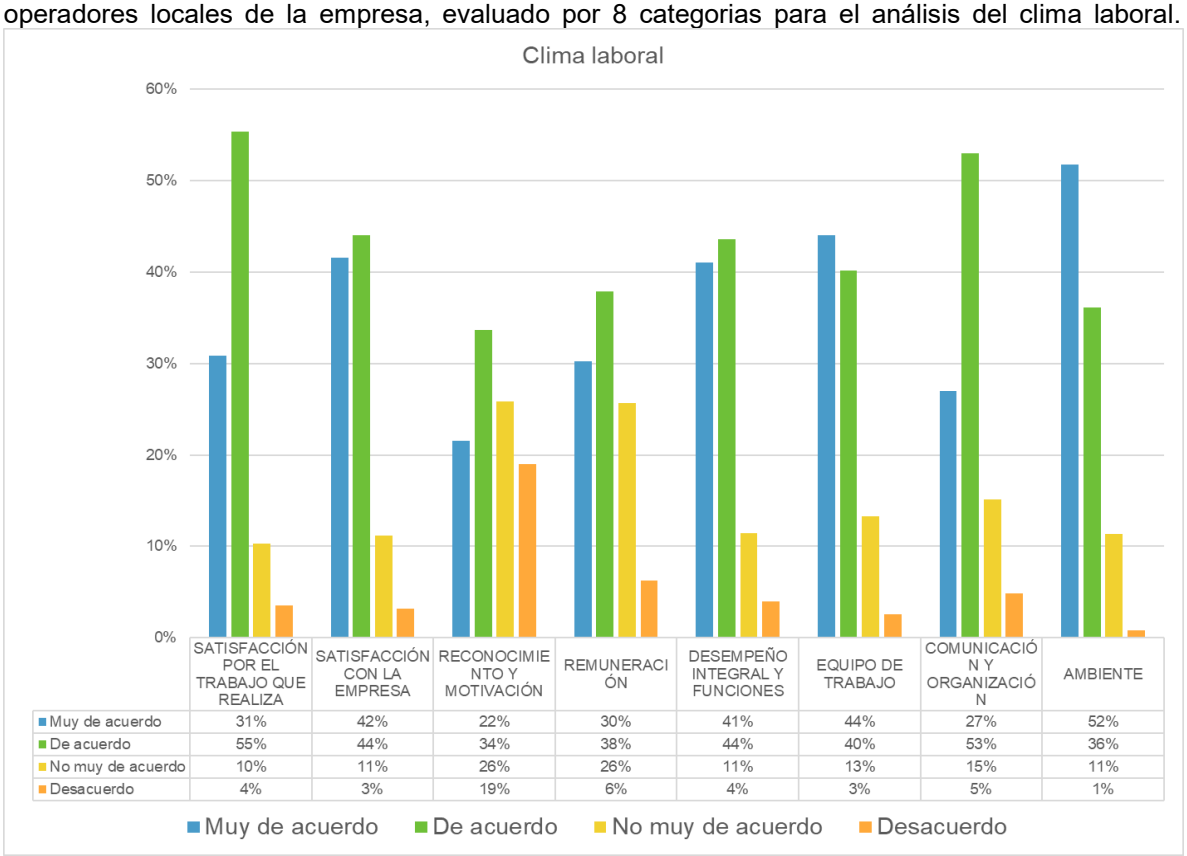
 ISSN 2007-8102

Tabla 2. Cálculo del Alfa de Cronbach

Variable	Conteo total	Media	Desv.Est.
1	94	3.628	0.548
2	94	2.894	0.310
3	94	2.851	0.950
4	94	2.957	0.789
5	94	2.915	0.851
6	94	3.404	0.628
7	94	3.713	0.455
8	94	2.117	1.144
9	94	2.479	0.877
10	94	2.074	0.895
11	94	2.830	0.812
12	94	3.330	0.808
13	94	2.404	0.859
14	94	2.957	0.828
15	94	2.830	0.838
16	94	2.702	1.035
17	94	3.309	0.830
18	94	2.947	0.795
19	94	3.362	0.716
20	94	3.606	0.626
21	94	3.309	0.587
22	94	3.245	0.812
23	94	2.947	0.808
24	94	3.053	0.767
25	94	3.574	0.680
26	94	3.202	0.712
27	94	3.500	0.684
28	94	3.213	0.760
Total	94	85.351	8.592

Alfa de Cronbach = 0.7965

En la figura 1, se muestran los resultados obtenidos de la aplicación del instrumento a los 94 operadores locales de la empresa, evaluado por 8 categorias para el análisis del clima laboral.



	SATISFACCIÓN POR EL TRABAJO QUE REALIZA	SATISFACCIÓN CON LA EMPRESA	RECONOCIMIENTO Y MOTIVACIÓN	REMUNERACIÓN	DESEMPEÑO INTEGRAL Y FUNCIONES	EQUIPO DE TRABAJO	COMUNICACIÓN Y ORGANIZACIÓN	AMBIENTE
Muy de acuerdo	31%	42%	22%	30%	41%	44%	27%	52%
De acuerdo	55%	44%	34%	38%	44%	40%	53%	36%
No muy de acuerdo	10%	11%	26%	26%	11%	13%	15%	11%
Desacuerdo	4%	3%	19%	6%	4%	3%	5%	1%

Figura 1. Resultados por categoría

 ISSN 2007-8102

De acuerdo al instrumento aplicado y las respuestas dadas por los entrevistados se encuentran los siguientes resultados: la dimensión satisfacción por el trabajo que realiza, el 55% de los operadores locales se encuentran satisfechos lo cual indica que están contentos en el área de trabajo, con las actividades que realizan y la carga de trabajo se asigna de manera equitativa, mientras que solo el 4% se encuentra en desacuerdo. En el apartado de satisfacción con la empresa el 44% y 42% comentan sentirse identificado con la empresa, conoce su historia y trayectoria, además de considerarse parte importante de la misma.

Respecto al factor de reconocimiento y motivación el personal encontramos aspectos negativos debido a que es la categoría con el 19% de desacuerdo y solo el 34% de acuerdo, en esta dimensión, comentan no estar suficientemente motivados por sus jefes, ya que estos no reconocen el trabajo realizado, ni son escuchadas sus opiniones, se tiene que poner especial atención debido a que se detectó un área de oportunidad para la mejora. La remuneración un factor de suma importancia dentro de cualquier empresa, y en este caso de estudio el 30% y 38% los empleados están de acuerdo en que perciben un salario justo, y cuentan con las diversas prestaciones que por ley le corresponden al trabajador.

En las categorías desempeño integral y funciones y equipo de trabajo, son las dimensiones mejor evaluadas, sus puntajes oscilan entro 40% y 44%, debido a que la empresa es considera por el trabajador como una compañía que cuenta con una eficiente asignación de actividades además tienen la oportunidad de crecimiento y desarrollo laboral. Los empleados logran consolidar equipos de trabajo disminuyendo los conflictos que pudieran surgir en las actividades diarias, al contar con buenas relaciones interpersonales entre los miembros de la empresa.

Se observa en la gráfica que el 53% de los colaboradores están de acuerdo con los mecanismos de comunicación interna que se utilizan para la difusión de la información, así mismo muestra aceptación en la asignación de las actividades y la organización en las áreas de trabajo. En relación con el ambiente de trabajo muestran un 52% de aceptación al conocer los riesgos implícitos en sus funciones, así mismo la empresa brinda el equipo necesario para ejecución eficiente de las tareas, establece medidas de prevención que disminuyen los riesgos. Por tanto, los trabajadores adoptan de manera positiva las indicaciones de la empresa.

En la figura 2 se observa los resultados obtenidos por cada uno de los ítems que integran las 8 dimensiones, identificando las áreas de oportunidad de la organización.

 ISSN 2007-8102

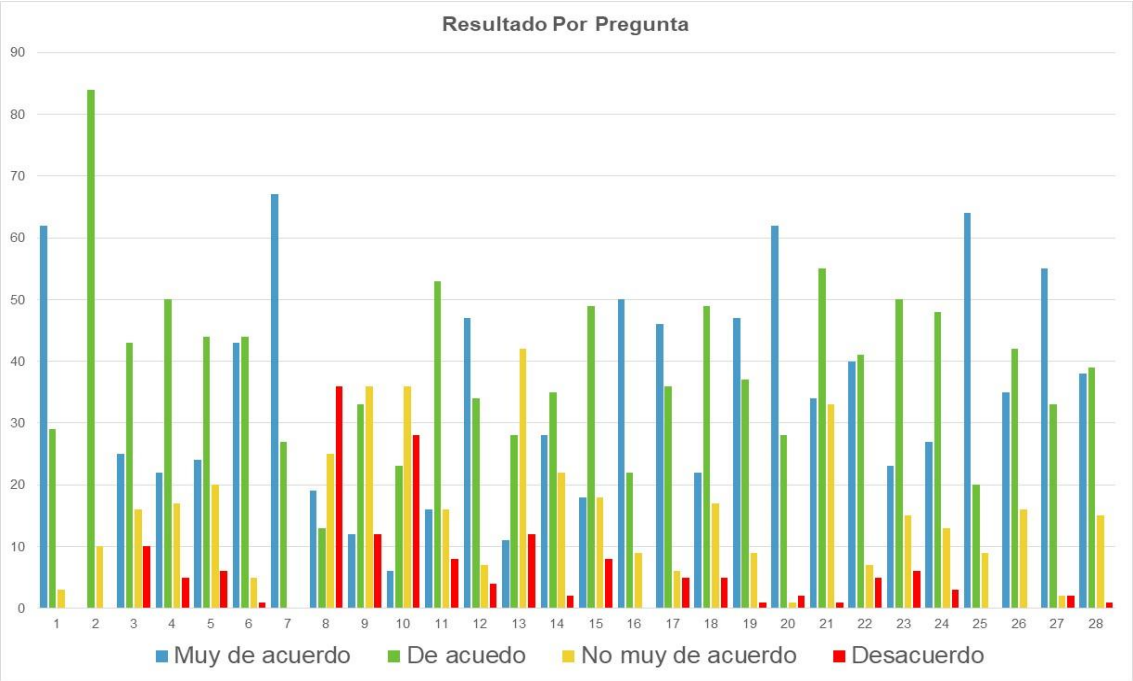


Figura 2. Resultados por Pregunta

En los resultados por pregunta, se puede observar que los ítems 1 y 2 correspondientes a la categoría satisfacción con el trabajo que realiza, se encuentra evaluados positivamente con niveles arriba del 80 %por encima de los demás ítems, proporcionando una evaluación acertada de los colaboradores por sus labores efectuadas y el agrado por la organización además de no tener opiniones en desacuerdo. En la pregunta 7, un 67% se encuentran satisfechos con el desempeño de sus actividades dentro de la organización, no obstante, podemos observar que en los ítems 8 y 10 son evaluados con un 36% y 38% respectivamente existe un desacuerdo bastante significativo, como se mencionó con anterioridad, estas preguntas son pertenecientes a la dimensión de reconocimiento y motivación, los trabajadores opinan que su trabajo no es reconocido y concuerdan que sus opiniones y puntos de vista no son tomados en cuenta por sus superiores. La pregunta 20 con un porcentaje del 62% manifiesta una buena relación con sus compañeros y por último en las interrogantes 25 y 26 con 64% y 55% respectivamente, pertenecientes a la categoría ambiente, los colaboradores conocen los peligros que tiene su trabajo y algunos consideran que su trabajo es de riesgo.

Trabajo a futuro

El trabajo a futuro investigar los expedientes laborales para determinar cuáles han sido las principales causas por las que han tenido bajas dentro del personal. Diseñar e implementar estrategias que puedan mitigar esta situación, teniendo empleados satisfechos con la empresa, tomando en consideración las áreas de oportunidad detectadas con el análisis.

Conclusiones

El análisis del clima laboral, refleja un panorama acerca de la percepción que tienen los empleados sobre la organización en la cual están inmersos, teniendo como antecedente en esta organización un alto índice de rotación existen en el puesto de operador local, sobre el que realizó la investigación. Después del análisis realizado se identificó que el clima laboral no es un factor que genera la rotación del personal en la organización, se observó que la mayoría de las dimensiones se encuentran evaluadas positivamente, así mismo se detectaron áreas de oportunidad en las categorías

reconocimiento y motivación, al no contar con acciones que reconozcan y motiven a los trabajadores por los logros alcanzados. Se identificó que no cuentan con la confianza de aportar opiniones a sus supervisores respecto a las actividades diarias que desempeñan, además no son involucrados en la toma de decisiones en su departamento, siendo un punto importante en el sentir del trabajador. Descartando que la rotación de personal sea considerada como producto de un deficiente clima laboral, se recomendó a la empresa considerar el diseño e implementación de estrategias para aprovechar las áreas de oportunidad detectadas con el análisis.

Agradecimientos

Nuestro agradecimiento a la empresa por las facilidades brindadas en la realización de este estudio, así mismo a los operadores por la disponibilidad mostrada al contestar el instrumento.

Referencias

[1] I. Chiavenato. *Administración de recursos humanos.* Ed. Quinta. Colombia. McGraw-Hill.2000.

[2] A. Goncalves.*Fundamentos del clima organizacional.* Bogota, Colombia.Sociedad latinoamerica para la calidad (SLC). 2000.

[3] García, M. y Bedoya, M (1997). “Hacia un Clima Organizacional Plenamente Gratificante en la División de Admisiones y Registro Académico de la Universidad del Valle”. Tesis de Grado Maestría. Universidad del Valle, Colombia, 2017

[4] Ma. M. Chiang,G. Méndez, G. Sánchez. “Como influye la satisfacción laboral sobre el desempeño: Caso empresa de Retail”. *Theoría, vol. 19, no. 2,pp. 21-36,2010.*

[5] E. Amorós, *Comportamiento organizacional, en busca del desarrollo de ventajas competitivas.* Lambayeque, Perú: Escuela de economia USAT.2007.

[6] A. Medina, C. Gallegos, P. Lara **“**Motivación y satisfacción de los trabajadores y su influencia en la creación de valor económico en la empresa” *Rev. Adm. Pública, vol. 42,no. 6,pp. 1213-1230,Nov./Dec 2008.*

[7] L.F. Londoño, M. Flórez, J.C. Restrepo, “Aspectos motivacionales en los pequeños productores del municipio de Angelópolis-Antioquia”*Revista Virtual Universidad Católica del Norte, no.44 vol. 44,pp.280-290, feb-may 2015.*

[8] I. Chiavenato, *Gestión del talento humano.* Ed. Tercera. México, D.F. McGraw-Hill.2009.

[9]E. Pedraza, G. Amaya, M. Conde. “Desempeño laboral y estabilidad del personal administrativo contratado de la facultad de Medicina de la Universidad del Zulia. “Revista de ciencias sociales, vol. 16 no. 3, pp. 493-505,sep. 2010.

[10] L. Fajre.” La Necesidad de conformar un "equipo de trabajo". *Revista Argentina de Radiología, vol.82 no.4,pp.153. 2018.*

[11] J.M. Peiró, I. Bresó. “La comunicación en las organizaciones: una aproximación desde el modelo de análisis multifácético para la gestión y la intervención organizacional (modelo amigo)”. *Revista Persona, Vol. 15,pp 41-70. Ene-Dic.2012.*

[12] V.G. López, Ma. E. Marín, Ma. C. Alcalá “ Ergonomía y productividad: Variables que se relacionan con la competitividad de las plantas maquiladoras” *Revista Ingeniería Industrial. Actualidad y nuevas tendencias, vol. 3, no. 9 pp. 17-32, jul-dic. 2012.*

[13] H. C. Oviedo, A.A. Campos “Aproximación al uso del coeficiente alfa de Cronbach.” *Revista colombiana de psiquiatría, vol. 34,no 4,pp 572-580, 2005*.

CARAMELO
Rebozos Rodríguez de Santa María del Río, S.L.P., gestionando con innovación y tecnología móvil

G. Rendón Sustaita[1], P. Rivera Acosta[2], E. Martínez Sánchez[2]*, R. Martínez Torres[3], J. *Rodríguez Loredo[1].*
[1]Departamento de Sistemas y Computación, TNM/Instituto Tecnológico de San Luis Potosí, Av. Tecnológico s/n, Col. UPA, C.P. 78437, Soledad de Graciano Sánchez, S.L.P., México
[2]Departamento de Ciencias Económico Administrativas, TNM/Instituto Tecnológico de San Luis Potosí, Av. Tecnológico s/n, Col. UPA, C.P. 78437, Soledad de Graciano Sánchez, S.L.P., México
[3]Departamento de Eléctrica, Electrónica y Mecatrónica, TNM/Instituto Tecnológico de San Luis Potosí, Av. Tecnológico s/n, Col. UPA, C.P. 78437, Soledad de Graciano Sánchez, S.L.P., México
**gloria_rendon77@hotmail.com*

***Área de participación**: Ingeniería Administrativa*

Resumen

Los ingresos generados por las ventas de las artesanías en México son parte fundamental para la economía de los estados y municipios del país. Para el Gobierno del Estado de San Luis Potosí promover la venta de artesanías es parte fundamental de la economía del Estado, porque busca mejorar el estilo de vida de las poblaciones dedicadas a las artesanías. El negocio familiar Rebozos Rodríguez, ubicado en Santa María del Río, S.L.P., tiene como objetivos enseñar el proceso de producción del rebozo Caramelo, dar a conocer su utilización como prenda tradicional mexicana y venta del mismo. CARAMELO es una aplicación móvil, desarrollada para Rebozos Rodríguez con el objetivo de dar a conocer el negocio a nivel global, el proceso de elaboración del rebozo Caramelo y facilitar la solicitud de diseño por parte de un cliente para la elaboración personalizada del mismo.

***Palabras clave**: Venta, rebozo, aplicación móvil.*

Abstract

The income generated by the sales of crafts in Mexico is a fundamental part of the economy of the states and municipalities of the country. For the State Government of San Luis Potosí, promoting the sale of crafts is a fundamental part of the State's economy, because it seeks to improve the lifestyle of the populations dedicated to crafts. The family business Rebozos Rodríguez, located in Santa María del Río, S.L.P., aims to teach the production process of the rebozo Caramelo, publicize its use as a traditional Mexican garment and sell it. CARAMELO is a mobile application, which was developed for Rebozos Rodríguez with the aim of making the business known at a global level, the process of making the rebozo Caramelo and facilitating the design request by a client for the personalized elaboration of it.

***Key words**: Sale, rebozo, mobile app.*

Introducción

En estos momentos, los ingresos generados por las ventas de las artesanías en México pueden ser parte fundamental para la economía tanto de los estados como de los municipios del país. Para el Gobierno del Estado de San Luis Potosí promover la venta de artesanías es parte fundamental

de la economía del Estado, porque a partir de ellas, busca mejorar el estilo de vida de las poblaciones dedicadas a la generación de artesanías.

Las artesanías son productos con identidad cultural, realizada por procesos manuales apoyados por implementos rudimentarios para aligerar actividades. Las artesanías en su mayoría, son fabricadas con materiales obtenidos en la misma localidad. Al transmitir las tradiciones entre generaciones permite a las poblaciones crear objetos únicos, con una calidad especifica del lugar, dando un valor simbólico con ideología cultural local. En estos momentos, la generación de artesanía se encamina a dar a conocerlas más allá de su lugar de origen, siendo su comercialización, un factor importante para las poblaciones que basan sus ingresos en la venta de las mismas. Una de las técnicas tradicionales con mayor presencia en México con respecto a las artesanías, es el telar de cintura, que llegó con la conquista española al dar a conocer el bordado y deshilado [1].

Por lo anterior, la importancia de involucrar a las organizaciones, como en este caso el negocio familiar Rebozos Rodríguez, con las tecnologías móviles, para ser competitivo en estos momentos de globalización, se basa en utilizar la aplicación móvil de nombre CARAMELO, para que él negocio pueda gestionar el ser conocido a nivel nacional e internacional como formadora de conocimiento para la producción de rebozos de estilo Caramelo, dar a conocer al turismo la cultura del rebozo, así como la venta de los mismos. El objetivo de la aplicación móvil CARAMELO como factor de innovación en el negocio familiar Rebozos Rodríguez es, primero, de difundir la existencia de la escuela a nivel global y segundo, apoyar al negocio familiar a generar ganancias a partir de las ventas, dando a conocer el catálogo de rebozos existente y permitir la solicitud de diseño por parte de los clientes para la elaboración de rebozos personalizados.

El nombre CARAMELO para la aplicación móvil, se debe a que, en San Luis Potosí, hogar del pueblo Otomí, cuya gente es famosa por sus tejidos, existe un estilo especifico de tejido, llamado Caramelo, y es en Santa María del Río, donde se fabrica un rebozo con este nombre, llamado Rebozo Caramelo.

La innovación es hoy una clave necesaria para la competitividad. Las empresas invierten en innovación y TI buscando la rentabilidad del negocio. Como herramienta, CARAMELO, constituye una innovación en el negocio familiar Rebozos Rodríguez desde la propia definición de innovación como mejora o cambio significativo de la función en los procesos al incorporar el uso de las TI. La acción de la innovación es la que describe cuando una empresa produce un bien o servicio, o usa un método o insumo que es nuevo para ella, hace un cambio técnico, lo que conlleva a una empresa innovadora [2]. CARAMELO persigue la innovación en el negocio Rebozos Rodríguez a través del uso de las TI para transformar el negocio, creando una oportunidad y capacidades para obtener ventaja competitiva en la elaboración del rebozo que es la principal atracción turística del Municipio de Santa María del Río y por lo que el potencial del uso de una aplicación móvil que personalice el producto, permitirá diferenciar al negocio como estrategia competitiva. Por ello, al utilizar como estrategia la innovación se logra un progreso económico basado en la tecnología. Por lo anterior, CARAMELO, constituye un campo fundamental para la administración y gestión del negocio.

La apertura comercial ha provocado que una gran cantidad de naciones busquen ser cada vez más competitivas por medio de sus sectores productivo y empresarial; para lograrlo es necesario considerar tres elementos clave: la innovación, la ciencia y la tecnología. La competencia propicia consolidar las empresas locales para que sus productos o servicios lleguen a ser de referencia, primero a nivel nacional y segundo a nivel internacional [3]. El mercado local vive una intensa transformación que les exige a las empresas locales tomar decisiones estratégicas para ser competitivas y poder permanecer en el mercado en corto, mediano y largo plazo. Por esta razón, es importante que las pequeñas empresas, como Rebozos Rodríguez, conozcan e implementen técnicas, modelos y estrategias de innovación para llegar a ser competitivas.

La competitividad a nivel macroeconómico, definida por Hernández [4] como “la capacidad de las empresas de vender más productos […] y de mantener-o aumentar- su participación en el mercado (abierto y competido), sin necesidad de sacrificar utilidades”, divide los factores que inciden en la competitividad a nivel de empresas individuales en:

1) Factores que inciden en los costos de los insumos, que son los referidos a los insumos intermedios, los costos de mano de obra, los costos del financiamiento, los de adquisición de bienes de capital y los relacionados con la preservación del ambiente.
2) Factores que determinan la eficiencia en la utilización de los mismos insumos, que son los que afectan la productividad del trabajo, los que determinan la eficiencia en el uso de los bienes de capital, factores tecnológicos y factores relacionados con los sistemas organizativos y de gestión de las empresas.

Cada día los negocios utilizan más la tecnología como factor para ser competitivas, las aplicaciones móviles permiten promover o conseguir productos y/o servicios a nivel global, CARAMELO, como parte de las TI, da la oportunidad de adquirir un producto único, a costo real y lo más importante, que Rebozos Rodríguez alcance nuevos y lejanos mercados. Rebozos Rodríguez deciden dar a conocer la aplicación móvil CARAMELO a inicios de enero del 2020, en las oficinas de la Secretaría de Turismo del Estado de San Luis Potosí, ubicadas en el municipio de Santa María del Río, como primer paso para dar a conocer la aplicación móvil CARAMELO dentro del Estado.

Rebozos Rodríguez, tiene en catalogo una diversidad de estilos de rebozos, los cuales se muestran a continuación.

Tabla 1. Precio de rebozos de acuerdo a estilo y material

Estilo de Rebozo	Material	
	Artícela	Seda
Diseño normal	$ 3000.00	$ 8000.00
Caramelo	$4500.00	$12000.00
Peinecillo	$4500.00	$12000.00
Diseño personalizado	$5000.00	$16000.00

Metodología

Para la obtención de la aplicación móvil CARAMELO, se estableció dividir la metodología en dos partes, el diseño y las herramientas a utilizar.

Diseño

Para el diseño del proyecto de la aplicación móvil Caramelo se manejó la metodología ágil Scrum y el modelo de proceso de software iterativo llamado: Proceso Unificado Racional (RUP), en su versión simplificada llamada Proceso Unificado Ágil (PUA) el cual brinda una capa en serie que permite que el equipo visualice el flujo en general del proceso. Cada iteración del PUA aborda las siguientes actividades:

- Modelado
- Implementación
- Pruebas
- Despliegue
- Configuración y administración del proyecto
- Administración del ambiente

 ISSN 2007-8102

Herramientas a utilizar

Como herramientas para el diseño y desarrollo de la aplicación, se utilizó el lenguaje de en maquetado HTML, Java Script (JQuery mobile y Apache Cordoba), para la creación del servicio web se utilizó el lenguaje de programación PHP, para la BD MySQL y SGBD MySQL Workbench, como entorno de desarrollo, el editor Sublime Text y un servidor web Apache, todo esto usando un paquete de software libre para el sistema de gestión de BD MySQL, el servidor web apache y montar los servicios necesarios para poder desarrollar la aplicación móvil.

Con respecto a las herramientas a utilizar, se mencionan a continuación:

- Cámara: Envía imágenes del diseño sugerido para la elaboración de un rebozo personalizado.
- Espacio de almacenamiento: Almacena los datos de los rebozos, así como imágenes e información personal del usuario.
- Ubicación: al seleccionar el rebozo existente, en su descripción se podrá acceder a la ubicación de origen donde se elaboró.

Desarrollo

La iteración basada en PUA se enfocó por conveniencia en la actividad de Despliegue, con el objetivo diseñar y desarrollar una aplicación óptima para cubrir las necesidades requeridas, en su versión de producción.

Modelado

Para el modelado se consideró el modelo de requisitos, el cual tiene como objetivo delimitar el sistema y capturar la funcionalidad que ofrecerá desde la perspectiva del usuario [5]. Este modelo puede trabajar como un contrato entre el desarrollador y el cliente, o usuario del sistema, por lo que deberá proyectar lo que el cliente desea según la percepción del desarrollador. Por ello, es esencial que los clientes lo comprendan. El modelo de requisitos que se desarrolla en la metodología Objectory, tiene su fundamento en el modelo de casos de uso. Solo se utilizará el modelo de requerimientos para la parte del apoyo para la ingeniería de requisitos. Con el fin de desarrollar un prototipo funcional a nivel alpha.

Para la actividad de modelado se utilizaron las herramientas que apoyan a la ingeniería de requerimientos, las cuales se describen a continuación:

- Entrevista: Se entrevistó al propietario del negocio.
- Diagramas de Datos: Se hizo uso de estos diagramas para visualizar la forma en que el sistema funciona, lo que el sistema logró y cómo se puso en práctica.
- Diccionario de datos: Se hizo uso de esta herramienta para evitar malas interpretaciones o ambigüedades de lo que representa cada entidad y atributo de la base de datos.

Para este proyecto se planteó el uso de una aplicación móvil hibrida, usando un patrón arquitectónico llamada Modelo Vista Controlador. El patrón de arquitectónico MVC: separa presentación e interacción de los datos del sistema [6]. El sistema se estructura en tres componentes lógicos que interactúan entre sí. El componente Modelo maneja los datos del sistema y las operaciones asociadas a esos datos. El componente Vista define y gestiona cómo se presentan los datos al usuario. El componente Controlador dirige la interacción del usuario (por ejemplo, teclas oprimidas, clics del mouse, etcétera) y pasa estas interacciones a Vista y Modelo. Como principio de diseño se va a utilizar UX-UI y la aplicación estará
en inglés y español.

 ISSN 2007-8102

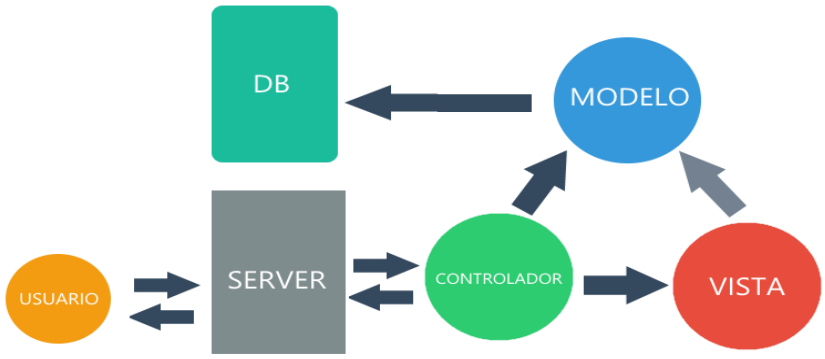


Figura 1. Diagrama de Diseño de la aplicación usando el patrón arquitectónico MVC

Para la estructura de la aplicación se utilizó el framework jQuery Mobile, que es un framework desarrollado en javascript perteneciente a jQuery Foundation, el cual proporciona una interface compatible y usable para desarrollar aplicaciones móviles para teléfonos y tablets, y que cuenta con un sistema de transición entre paginas mediante tecnología AJAX. Además, es compatible con la mayoría de las plataformas móviles y navegadores para dispositivos móviles (iOS, Android, Blackberry, WebOS, Symbian, Windows Phone, etc.).

Lo anterior porque la portabilidad de la aplicación es muy importante, esta debe ser ejecutada de manera transparente en diferentes plataformas. También se consideró como de vital importancia en el desarrollo, la aceptación del sistema final por los usuarios que lo utilizarán, porque cualquier sistema informático, independientemente de su potencia o funcionalidad, si no contempla una buena interfaz, no será utilizada por el usuario final.

A continuación, se presenta el diseño de la aplicación móvil CARAMELO, como se utiliza en estos momentos y la cual puede ser descargada de Google Play.

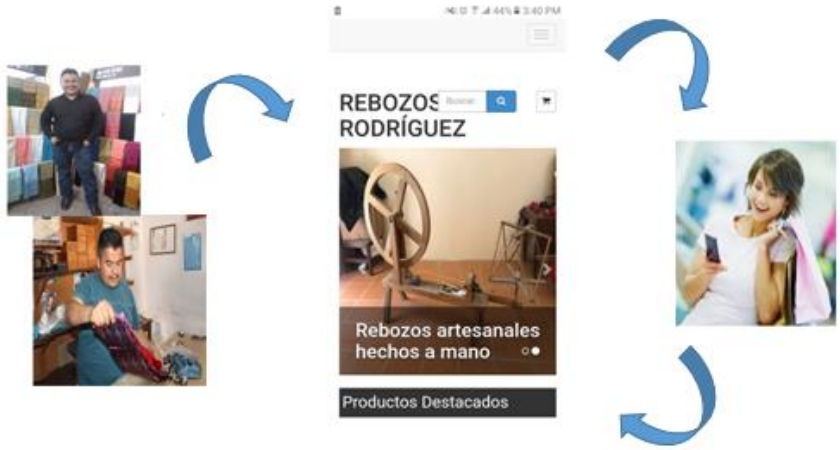


Figura 2. Proceso de comunicación de REBOZOS RODRIGUEZ-CARAMELO-CLIENTES

CARAMELO tiene en la página de inicio, el botón de menú principal y también la búsqueda de productos destacados, en esta opción el cliente podrá realizar la búsqueda de un diseño especifico del catálogo, a partir de ingresar una fotografía tomada por la cámara de su dispositivo.

 ISSN 2007-8102

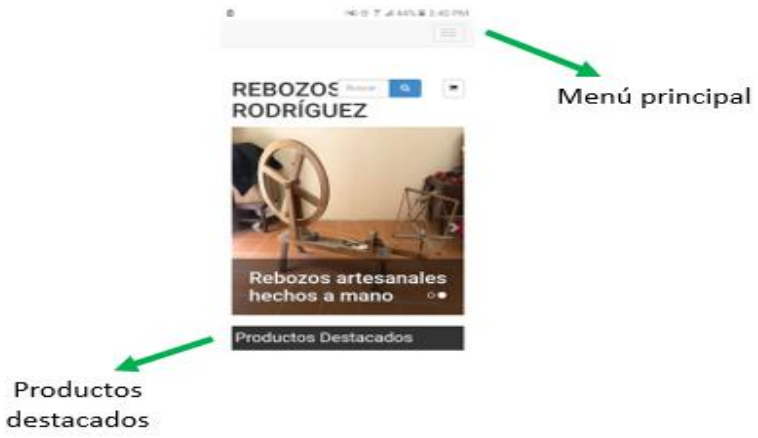


Figura 3. Pantalla inicial de CARAMELO

En el menú principal se tiene la opción de inicio de sesión, en donde se debe dar de alta al usuario con su contraseña, también se encuentra el catálogo de productos, en donde al entrar se desplegará una lista de todos los rebozos disponibles para venta que están a disposición del cliente. En la opción de contacto, es en donde se proporcionan los datos del rebozo a comprar o en su caso, se puede agregar el diseño que se desea tenga el rebozo a realizar.

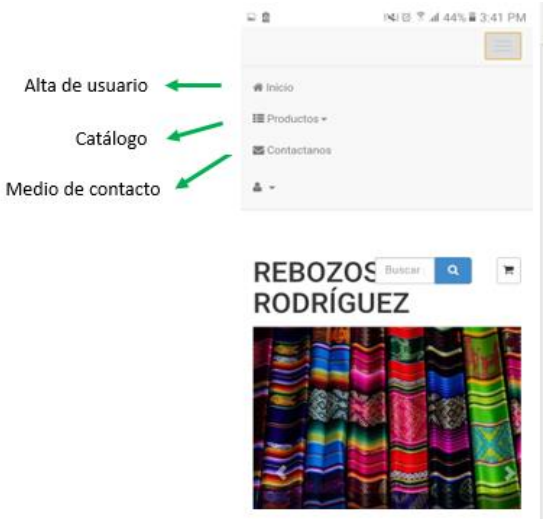


Figura 4. Menú principal de CARAMELO

En la opción de productos destacados, se muestran los diferentes estilos de rebozos que han sido solicitados con mayor frecuencia.

 ISSN 2007-8102

Resultados y discusión

Primero se realizó el desarrollo de la aplicación con éxito y se implementó en la Google Play. El desarrollo fue realizado por alumnos de la carrera de Ingeniería en Informática y docentes del Tecnológico Nacional de México Campus Instituto Tecnológico de San Luis Potosí.

Posteriormente, la divulgación y promoción de CARAMELO dentro de la Secretaría de Turismo del Estado de San Luis Potosí, aporta una herramienta importante para la comercialización de una artesanía en específico, para Rebozos Rodríguez, como lo es el rebozo caramelo en el Estado de San Luis Potosí, México, porque dio a conocer un producto a nivel estatal, nacional e internacional, teniendo como resultado el aumento en ventas en los meses de abril a agosto del 2020 con respecto al mismo periodo en el año 2019. CARAMELO también facilito al negocio tener control sobre los pedidos realizado a través de la aplicación móvil, así como facilitar a los clientes la solicitud de pedidos del rebozo caramelo personalizado, logrando un aumento en las ventas del mismo.

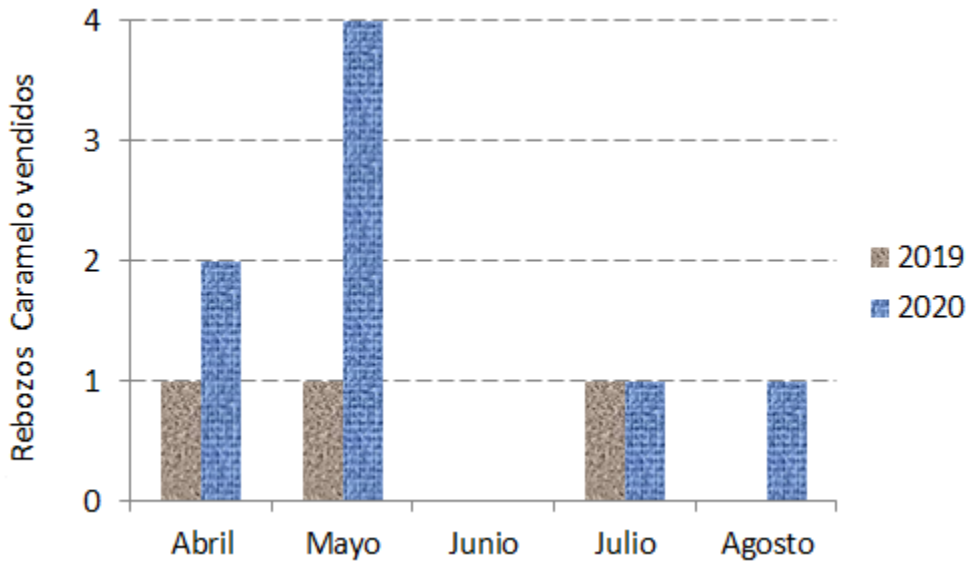


Figura 5. Venta del rebozo Caramelo durante 2019 y 2020 en un periodo especifico.

Por lo anterior, Rebozos Rodríguez, quién ha aceptado favorablemente la utilización de CARAMELO para que sus productos sigan siendo conocidos y adquiridos por clientes tanto de México como del extranjero, ampliando el nicho de mercado de la empresa, solicito que la aplicación móvil CARAMELO fuera aceptada en el programa PURO POTOSINO, de la Dirección de Comercio del Estado de San Luis Potosí, programa que apoya a los productores artesanales del estado, de los cuales Rebozos Rodríguez forma parte. Así mismo, CARAMELO será dada a conocer en la Feria Maestros del Arte, la cual se celebra en el mes de noviembre en el Lago de Chapala en el estado de Jalisco y en el Museo de Culturas Populares, ubicado en la Alcaldía de Coyoacán de la Ciudad de México, en la exposición Tápame con tu rebozo, ambos eventos tienen como objetivo dar a conocer al turismo tanto nacional como extranjero, los productos artesanales generados por los artesanos mexicanos, siendo una gran ventana para dar a conocer a CARAMELO para beneficio de Rebozos Rodríguez.

CARAMELO será registrada en el Evento Nacional Estudiantil de Innovación Tecnológica 2021 (ENEIT 2021) del Tecnológico Nacional de México, así como incorporarlo al Instituto Nacional del Derecho de Autor (INDAAUTOR) del Registro Público del Derecho de Autor de la Secretaría de Cultura de México.

Conclusiones

En México el motor que mueve a la economía del país por la derrama económica significativa es el turismo, debido a que el turismo genera más flujo en la economía. El estado de San Luis Potosí, como en otros estados del país, el turismo, turismo de negocios y la misma sociedad, son base para apoyar a la economía. El estado de San Luis Potosí, teniendo como ventaja su ubicación estratégica, permite realizar este tipo de actividades económicas. El utilizar las TI en Rebozos Rodríguez, le permite informar y demostrar cómo se realizan y de dónde provienen los rebozos, dar a conocer parte de la cultura y del impacto que tiene el proceso, debido a que estos son producidos por las personas de las comunidades de la región de Santa María del Río en el Estado de San Luis Potosí, la finalidad de utilizar CARAMELO es mejorar su calidad de vida facilitando la generación de ventas al dar a conocer su proceso a todo México. Es importante involucrar al turismo, artesanía, innovación con las TI, debe potenciarse y tenerse muy en cuenta, ya que puede ser una actividad que dinamice el turismo, así como la economía de las localidades y de las empresas regionales como Rebozo Rodríguez.

Referencias

[1] FONART, "Manual de diferenciación entre artesanía y manualidad", pp. 14-15, 2018.
[2] Schmoockler, J., “Invention and Economic Growht”. Cambridge: Harvad University Press, 1966.
[3] OECD, Reviews of Regional Innovations Competitive Regional Clusters: National Policy Approaches OECD, s.l.: s.n., 2007.
[4] Henández, Laos Enrique, “La competitividad industrial en México”, Plaza y Valdes, México, 2000.
[5] Weitzenfeld, A., "Ingeniería de Software Orientada a Objetos con UML, Java e Internet," International Thomson Editores, México, 2005.
[6] Sommerville, I., "Ingeniería de Software (Novena ed.)," Pearson Educación, México, 2011.

Características de las empresas rurales productoras de café

G. Mejía Méndez[*], *D. Gómez Bonilla, L.E. Hernández Galindo, L. Munguía Inés*

Instituto Tecnológico Superior de Zacapoaxtla, Carretera Acuaco-Zacapoaxtla, Km 8. Colonia Totoltopec. C.p. 73680. Tel 595 11 33 408

mejia@colpos.mx

Área de participación: Ingeniería Administrativa

Resumen

La cafeticultura nacional se encuentra en una grave crisis. Esta se traduce en bajos precios del producto, y el paulatino abandono de la producción. El cultivo sigue teniendo importancia social y económica por el número de productores, empresas relacionadas que participan, y empleos que se generan. En la sierra nororiental del estado de Puebla once municipios tienen relevancia en la producción de café, y se considera la actividad principal de la región. Las fases críticas de la cadena son la producción, transformación y comercialización del producto. El objetivo de esta investigación es identificar y caracterizar a las empresas que participan dentro de la cadena productiva. Se encontró que los productores trabajan de forma aislada, no cuentan con visión empresarial y se resisten a organizarse en sociedades mercantiles. Algunos se organizan en sociedades cooperativas pero lo hacen por la búsqueda de apoyo y no como una forma de mejorar su actividad.

***Palabras Clave**: Sociedad mercantil, cadena productiva, rentabilidad.*

Abstract

The national coffee industry is in a serious crisis. This translates into low prices of the product, and the gradual abandonment of production. The crop continues to have social and economic importance due to the number of producers, related companies that participate, and jobs that are generated. In the northeastern highlands of the state of Puebla, eleven municipalities are relevant in the production of coffee, and it is considered the main activity in the region. The critical phases of the chain are the production, transformation and commercialization of the product. The objective of this research is to identify and characterize the companies that participate in the production chain. It was found that producers work in isolation, do not have a business vision and are reluctant to organize themselves into commercial companies. Some are organized in cooperative societies but they do so in search of support and not as a way to improve their activity.

***Key Words**: Mercantile society, productive chain, profitability.*

Introducción

Las empresas son la forma de organización mejor estructurada para la producción agrícola. Sin embargo, la estructura productiva del sector primario se compone por un grupo mayoritario de campesinos y pequeños productores que no cuentan con una visión empresarial. Uno de los principales problemas de los productores agrícolas es cómo acceder al mercado de productos agropecuarios, y el desconocimiento de su funcionamiento. El problema se acentúa conforme las zonas presentan mayor dispersión de los productores, unidades de producción atomizadas, relieves accidentados que limitan la aplicación o mejoramiento de la tecnología, y la falta de motivación para organizarse en una sociedad mercantil acorde al medio rural. Esto provoca que otros agentes del mercado aprovechen la deficiencia de canales de comercialización para completar los eslabones de la cadena productiva. El intermediario con su presencia completa la cadena de comercialización, pero el productor directo no se ve beneficiado ya que los precios de venta de sus productos son bajos. En la región de la sierra nororiental del estado de Puebla encontramos productos agropecuarios que tienen condiciones agroclimáticas favorables, pero se encuentran dispersos y en pequeños volúmenes. El margen en que se comercializan es bajo, y se utilizan para autoconsumo, frutos: naranjas, limas, zapotes, plátanos, manzanas, peras, aguacates; hortalizas: quelites, acelgas, calabacita, cilantro, cebollina, entre otros. En el caso del maíz, no se considera un producto muy comercial y su función ha sido más de autoconsumo.

Los datos estadísticos sobre la producción agropecuaria del Sistema de Información Agropecuaria (SIAP,[1]) muestran que dos de los principales cultivos comerciales de la región son la papa y café. Pero el café es el cultivo que logra abarcar mayor superficie plantada,

El café es uno de los cultivos comerciales más importantes del país por el número de personas que se ven involucradas de manera directa o indirecta desde la producción, transformación o comercialización del aromático. Dependen de este, más de medio millón de pequeños productores diseminados en 14 entidades federativas y 480 municipios. En la región de la sierra nororiental de acuerdo al SIAP once municipios tienen relevancia en la producción del aromático. Aunque lo podemos encontrar en la mayor parte de ellos, pero por su superficie plantada no tienen importancia comercial.

En el estudio del Centro de Estudios para el Desarrollo Rural Sustentable y la Soberanía Agroalimentaria (CEDRSSA, 2018, [2]) se señala que aunque México atraviesa por un dinamismo en el mercado del café, la producción se observa a la baja por la falta de adopción de tecnología en el campo tanto en el proceso de producción como para combatir plagas. Se insiste que los presupuestos designados a los diferentes programas, como Procafé, deben seguir otorgándose a los productores y la renovación de cafetales debe de continuar, así como diseñar políticas que permitan promover y fomentar la productividad en el sector cafetalero, den impulso a la modernización tecnológica, promuevan alianzas estratégicas entre los agentes productivos para lograr una ubicación adecuada del café mexicano en el mercado internacional. Aunque la visión es ambiciosa y muy optimista ya que primero se debe resolver el problema de la producción local y su acceso eficiente al mercado.

Los resultados de Alvarado et al., (2006, [3]) muestran que los productores poseen un bajo nivel de escolaridad, con pequeñas superficies de tierra y debido a sus condiciones de pobreza y marginación, se ven obligados a vender su cosecha a precios inferiores a su valor real. La mayoría de los productores venden el café con pequeños comercializadores que van a las comunidades y una pequeña proporción lo vende a alguna organización, aunque por las crisis recurrentes de los precios del café hacen que estas organizaciones tengan problemas en su permanencia. Debido a las continuas crisis, la cafeticultura presenta problemas de rentabilidad, aun cuando se utiliza fuerza de trabajo familiar, por lo que los productores tiene que buscar ingresos extras, como la migración, para lograr mejores condiciones de vida. En su estudio de Mejía (2016, [4]) encontró que la sierra nororiental es una expulsadora constante de mano de obra joven.

De acuerdo Benítez et al., (2015, [5]) los sistemas de producción en la región son no especializados, sin embargo señala que lo que predomina es la producción orgánica del café, sin embargo la evidencia empírica en campo demuestra que la producción regional es convencional,

porque mantener un sistema orgánico incurre en costos que los pequeños productores serranos no pueden absorber. La mayoría de los cafetales están en un sistema bajo sombra, que puede ser de acuerdo a la vegetación local, o intercalada con árboles frutales.

A nivel local es una situación crítica, pues además de lo reducido del precio internacional, los intermediarios disminuyen más el precio, afectando las condiciones de vida de los productores indígenas de la región.

Aunado a lo anterior, los precios de café son excesivamente bajos, incluso no llegan a cubrir el costo de producción del cultivo, esto, sin duda ha afectado al productor y ha obligado a que un gran número de productores se vean obligados a abandonar sus cafetales, proliferando las plagas y las enfermedades, con lo que se afecta la producción y calidad de la cosecha. Ante esta situación el productor no invierte en mejores prácticas de cultivo, manteniendo sus plantaciones semi abandonadas, pasando de cultivadores a recolectores de café. Las ganancias del café son para los comercializadores del café en grano y sus derivados. Estas son las grandes contradicciones, mientras que el precio del café pagado a los campesinos disminuye, el precio que pagan los consumidores no se reduce. (Rivadeynera et al., 2006, [6]).

En la región de estudio existen organizaciones campesinas, que trabajan bajo la forma mercantil de sociedades cooperativas. Entre las principales tenemos la Tosepan Titataniske ubicada en Cuetzalan y conformada por productores nahuats, la Organización Independiente Totonaca (OIT), ubicada en Huehuetla, Café Huitzi, y Café Colibrí del municipio de Huitzilan de Serdán. Pero su presencia es todavía marginal.

Cabe mencionar que el cultivo del café en esta entidad se caracteriza por la producción desordenada, teniendo en las fincas cafetaleras una gran diversidad de variedades, asimismo, y dada la variación de precios en el mercado internacional, también ya es característica de las regiones cafetaleras la baja productividad y rendimientos demeritados por la calidad del fruto. Así, la pulverización en la tenencia de la tierra de igual manera se ha convertido en un factor condicionante para la adopción de nuevas tecnologías. Por lo tanto es preciso estructurar planes y programas que sean acorde a las condiciones de producción presentadas en las zonas cafetaleras del Estado. Es por ello que la estrategia de Innovación hacia la competitividad en la cafeticultura mexicana, debe contemplar en una segunda fase el proceso de la incorporación de nuevas tecnologías, e innovaciones, no solo en el eslabón productivo sino en el mismo proceso dinámico de incorporación de las mismas con los productores (Franco S.,González G., 2013, [7]). Pero lo más importante es incidir en los agentes de la cadena productiva para que su participación sea más ordenada a través de figuras mercantiles acordes a la región.

Los cafeticultores de la región de estudio en su mayoría se consideran pobres y esta autocalificación depende básicamente del ingreso total obtenido por la venta de café y esta se expresa a través de la superficie bajo control y el nivel productivo de la plantación. La investigación confirma que su actividad principal continúa siendo principalmente las plantaciones de café y que las actividades realizadas para mejorar los ingresos son complementarias a su principal actividad (Ramirez V., Juarez S., 2008, [8])

El objetivo de esta investigación es caracterizar las empresas relacionadas a la cadena productiva del café en la sierra nororiental desde su producción hasta su comercialización e identificar las áreas de oportunidad para este sector.

Metodología

El estudio se realizó en los municipios productores y comercializadores de café de la sierra nororiental del estado de Puebla. Para ello se elaboraron tres tipos de cuestionarios para recabar los datos. El diseño de los instrumentos permite realizar la trazabilidad del producto, desde que es café cereza en la finca, hasta llegar al consumidor final. Los instrumentos aplicados son:

A) Cuestionario para la producción en finca
B) Cuestionario para la trasformación en beneficiado húmedo, beneficiado seco, y torrefacción
C) Cuestionario para la comercialización del café molido

Estos instrumentos permitirán un análisis integral de toda la cadena productiva del café de la región. Otros estudios se han centrado en cuestiones más específicas.

Para determinar el tamaño de muestra se consideró que la presencia de empresas relacionadas al producto café en la región forman un universo reducido, por lo que se entrevistó a las empresas líderes o más representativas de la cadena productiva. En el proceso de producción del café en finca participan más de 3200 productores con superficies mayores a media hectárea de acuerdo a los datos de Sanidad Vegetal [9], pero la mayoría de ellos son productores independientes que no han requerido formalizarse como una empresa ni de forma individual ni colectiva. Las figuras organizativas locales mercantiles son escasas.

Para la determinación de las características de las empresas relacionadas a la transformación encontramos que estas se ubican en los municipios de mayor relevancia como Huitzilan de Serdan, Zapotitlán de Méndez, Cuetzalan del Progreso, Tlatlauquitepec, Tezihutlan, Hueytamalco y Zacapoaxtla.

En el caso las empresas que participan en la comercialización del producto, se puso énfasis en los puntos de ventas, en las tiendas de la región, pero se dio especialmente seguimiento a las cafeterías como empresas especializadas de la cadena productiva del café.

Resultados y Discusión

Producción

El tamaño de la unidad económica de los productores de café en la región es de 1.63 hectáreas en promedio. Los productores en el municipio de Tlatlauquitepec cuentan con una superficie productiva de mayor tamaño, de 2.87 hectáreas, y las de menor tamaño las encontramos en el municipio de Zoquiapan con media hectárea. Respecto al número de productores, son 3,292, de estos la mayor proporción se encuentra en Huitzilan de Serdán, y representa el 43.41% de los productores de café. La altura se asocia a la calidad del aromático, SAGARPA determina que es considerado un café de altura aquellos que son sembrados arriba de los 900 msnm. Los municipios que tienen esta ventaja comparativa son Huitzilan de Serdán, Xochitlán de Vicente Suárez, Zongozotla y Zoquiapan, pero es el primero donde se presentan las condiciones idóneas para aprovecharlo como una ventaja competitiva. La mayoría de productores son indígenas de las etnias totonacas o náhuatl, cuyas labores culturales en las parcelas son manuales, utilizando principalmente la mano de obra familiar, y contratan jornaleros eventualmente en las actividades de limpias con chapeo, y durante la cosecha. Los productores realizan su actividad productiva basada en la experiencia, y no tienen una visión empresarial, por lo que ni de forma individual o colectiva se han constituido en sociedades mercantiles. Las formas organizativas que prevalecen en la región son las Sociedad Cooperativas. Este tipo de sociedad por la cosmovisión cooperativa de los grupos indígenas es la que más se ha apegado a sus intereses, porque es una forma de organización social integrada por personas físicas con base en intereses comunes y en los principios de solidaridad, esfuerzo propio y ayuda mutua. Tienen como propósito satisfacer las necesidades individuales y colectivas, a través de la realización de actividades económicas de

producción, distribución y consumo de bienes y servicios. Este tipo de sociedades está regida por la Ley General de Sociedades Cooperativas, publicada en el Diario Oficial de la Federación del 3 de agosto de 1994; dentro de las cooperativas de producción se ubican las cooperativas agropecuarias. Los productores regularmente acuden a ellas, cuando requieren algún tipo de apoyo, ya sea monetario o asistencia técnica. Sólo algunos han encontrado en este tipo de sociedad una forma planificada de mejorar sus ingresos.

Transformación

Con respecto a la transformación del café cereza a café pergamino, café oro y por último a café molido y empaquetado. Los productores en caso de estar organizados entregan el café cereza a la sociedad cooperativa que cuenta con el beneficio en húmedo, seco y torrefacción, y si no están organizados en una sociedad mercantil lo llevan con algún particular que acopia y transforma el producto. Los productores comprenden que en el proceso de transformación el café adquiere mayor valor agregado, por lo que algunos compran maquinaria artesanal para el despulpado y tueste. Sin embargo el producto pierde calidad. Las organizaciones cooperativas de la región cuentan con el proceso de transformación completo, desde el beneficiado húmedo hasta la torrefacción y empaquetado del producto. Pero también en la región encontramos sociedades mercantiles anónimas de capital variable, con una mejor organización administrativa y empresarial, que cuentan mejor modernización de la tecnología y de los procesos, están se ubican en lugares más urbanizados como Tlatlauquitepec y Teziutlan. En las empresas líderes en el producto tanto las sociedades cooperativas como las mercantiles se cuida la calidad del producto y compiten dentro del mercado regional con otras marcas más reconocidas.

Comercialización

Respecto a la comercialización, las sociedades cooperativas como Café Huitiz, Colibrí, Tosepan cuentan con cafeterías en diversas regiones del Estado de Puebla. En el caso de café Huitzi tiene cafeterías en varias capitales de los estados, y café Colibrí cuenta con franquicias. El contar con cafeterías ha servido para lograr posicionar de mejor forma sus productos, por lo que las empresas productoras de café aprovechan el valor agregado obtenido por la venta directa del prodcuto. Sin embargo, los puntos de venta locales, las tiendas departamentales y las cafeterías regionales constituyen todavía un reto introducirse y generar la confianza en este segmento de mercado.

Trabajo a futuro

Realizar estudios particulares en las empresas líderes de cadena productiva del café, con el propósito de desarrollar un modelo de planeación estratégica que consideré los aspectos de tamaño de la empresa, así como el entorno rural en que funcionan.

Conclusión

La evidencia empírica demuestra la imperante necesidad de fomentar el desarrollo empresarial dentro de la cadena productiva del café serrano. La mayoría de empresas se encuentran en la parte de comercialización de los productos, prevaleciendo la figura mercantil anónima y el régimen de persona física.

Las empresas encargadas de la transformación de los productos tienen problemas para acceder a mercados más competitivos, y sus costos de producción se elevan por la falta de modernización de la maquinaria.

En la producción encontramos una cantidad mínima de figuras organizativas. Y los campesinos acuden a ellas sólo por los apoyos que pudieran ofrecerles.

Es necesaria una política económica de acompañamiento para la creación de empresas relacionadas a la cadena productiva de café.

Referencias

[1] Sistema de Información agropecuaria (SIAP). Datos estadísticos de la producción de café 2017-2108. México.

[2] CEDRSAA 2018. El café en México, diagnóstico y perspectiva. Publicaciones de la Cámara de Diputados.

[3] Alvarado et al; (2006). La comercialización de café en una comunidad indígena: estudio en Huehuetla, Puebla. Revista Ra Ximhai, vol. 2, Núm 2. Pp 293-318

[4] Mejía M., (2016) Precariedad del empleo rural en la sierra norte de Puebla. Congreso internacional de Ciencia y Servicio. Chapingo. México

[5] Benitez et al; (2015). Caracterización del café en Cuetzalan. Rev. ASyD Núm. 12. Pp 181-198

[6] Rivadeneyra et al.,2006. El comercio local del café a raíz de su crisis en la sierra norte de Puebla. Revista Mexicana de Agronegocios. Vol. X, num, 18 pp 5-15.

[7] Franco S., González G., 2013. El comportamiento de la producción en México. Consejo Editorial, p. 114.

[8] Ramírez Valverde 2008. Opciones económicas y productivas de restructuración de unidades indígenas de producción de café. Estudio en la sierra norte de Puebla. X Coloquio Internacional de Geocrítica.

[9] Sanidad Vegetal. Estadísticas locales de la producción de café, 2017, 2018.

Uso de la mercadotecnia en las PyME comerciales de la zona centro de Orizaba, Veracruz.

B. Andrade Carbajal[1], G. Ruiz Contreras[2], M. E. Quezada Fadanelli[2], C. H. Dimas García[2],*
[1]Pasante de la carrera de Ingeniería en Gestión Empresarial, Tecnológico Nacional de México, Campus Zongolica, Km 4 Carretera a la Compañía S/N, Tepetitlanapa, C.P. 95005 Zongolica, Ver; México.
[2]Departamento de Ingeniería en Gestión Empresarial, Tecnológico Nacional de México, Campus Zongolica, Km 4 Carretera a la Compañía S/N, Tepetitlanapa, C.P. 95005 Zongolica, Ver; México.
**gabriel_ruiz_ige@zongolica.tecnm.mx*

***Área de participación**: Ingeniería Administrativa*

Resumen

En este trabajo se presenta un estudio realizado en las pequeñas y medianas empresas del sector comercio de la zona centro de la ciudad de Orizaba, Veracruz, con el objetivo de analizar cuáles son las estrategias de mercadotecnia que aplican, para ello, se realizó una prueba piloto a 16 PyME, el tipo de investigación fue descriptiva, se aplicó una lista de verificación, misma que consideró cinco dimensiones principales que son filosofía organizacional, relación con proveedores, competencia, clientes y marketing mix.
Los resultados muestran, que las empresas analizadas, llevan a la práctica el uso de algunas estrategias de mercadotecnia, sin embargo, hay áreas de oportunidad en las que se deben prestar atención para mejorar su competitividad y asegurar su permanencia en el mercado.

***Palabras clave**: PyME, Mercadotecnia, Competitividad.*

Abstract

This paper presents a study carried out in small and medium-sized companies in the commercial sector in the downtown area of the city of Orizaba, Veracruz, with the aim of analyzing which marketing strategies are applied, for this, a test was carried out pilot to 16 SMEs, the type of research was descriptive, a checklist was applied, which considered five main dimensions that are organizational philosophy, relationship with suppliers, competition, customers and marketing mix.
The results show that the analyzed companies put into practice the use of some marketing strategies, however, there are areas of opportunity in which attention should be paid to improve their competitiveness and ensure their permanence in the market.

***Key words**: SMEs, Marketing, Competitiveness.*

Introducción

Las Pequeñas y Medianas Empresas (a las cuales se referirá como PyME) son grandes generadoras de empleo que mueven la economía de su entorno; el concepto que se tiene acerca del término PyME no está definido universalmente, pero en términos generales su identificación se basa en el número de empleados ocupados y en algunos casos, al volumen de ventas. En el 2019 en México, de acuerdo con el Instituto Nacional de Estadística y Geografía [1], son consideradas PyME aquellas que tienen desde 11 hasta 250 empleados en el caso de las que pertenecen al sector industrial y desde 11 hasta 100 empleados para las comerciales. Actualmente existen más de 4 millones de

entidades económicas en México, de las cuales el 99.8% son consideradas PyME, aportando el 42% del Producto Interno Bruto (PIB) y generando el 78% del empleo en el país [2].

De acuerdo a Fischer y Espejo [3], hacer uso de la mercadotecnia en las empresas, ayuda a establecer un proceso de planeación, ejecución y conceptualización de precios, promoción y distribución de mercancías creando valor en los consumidores y una fidelidad con la marca. Kotler y Amstrong [4, p. 32], definen a la mercadotecnia como "[…] un proceso social y administrativo mediante el cual los individuos y las organizaciones obtienen lo que necesitan y desean creando e intercambiando valor con otros". La mercadotecnia busca identificar y satisfacer las necesidades humanas y sociales, creando un intercambio de valor que beneficie a las partes involucradas. Es por ello que el éxito de la organización se basa en gran medida de la habilidad mercadológica desempeñada dentro de la misma [5].

A pesar de la importancia que debiera tener la mercadotecnia en las PyME, un 90% de estas empresas no tienen un plan de negocio y mucho menos de mercadotecnia [6]. El problema de la mercadotecnia en tales entidades radica en que los propietarios de estos negocios consideran que su uso es exclusivo de las grandes compañías que tienen a su favor presupuestos elevados para llevar a cabo campañas publicitarias. Desconocen que la mercadotecnia no solo es hacer uso de publicidad, aunque en cierta medida sí es importante, pero es más que eso, y en diversas ocasiones las estrategias de mercadotecnia se ven aplicadas en sus actividades diarias sin ser consciente de ello [7]. No llevar de manera adecuada la aplicación de la mercadotecnia provoca en las empresas, rezagarse, perder dinero y el cierre del negocio en el peor de los casos [8].

Dado el panorama anterior, se desprende el objetivo general del estudio que fue analizar situacionalmente las estrategias de mercadotecnia usadas por las PyME del sector comercio de la zona centro de la ciudad de Orizaba, Veracruz.

Según el Instituto Mexicano para la Competitividad [9] se define a ésta, como la capacidad que tiene una empresa o país de obtener rentabilidad en el mercado en relación con sus competidores, así como el poder de atraer y retener inversiones; también indica que la competitividad es un concepto que hace referencia a la capacidad de las empresas de producir bienes y servicios de forma eficiente, reduciendo costos, aumentando calidad y haciendo los productos atractivos.

Finalmente, respecto a la ciudad de Orizaba, esta se encuentra ubicada en la zona centro del Estado de Veracruz, con una población de 120,844 habitantes, cuenta con un área de 27.97 km cuadrados; es conocida como la "Ciudad de las Aguas Alegres" y también como "Pluviosilla" y desde el 2015 es considerado "Pueblo Mágico". En la ciudad ha existido un gran desarrollo industrial, de servicios y comercial [10]. Este último sector, el comercial ha cobrado una importancia relevante en la economía de la ciudad. Una empresa comercial es aquella "[...] que ya compran el producto hecho y que ellas se encargan de venderlo directamente al cliente, ofreciendo un producto atractivo y competidor" [11, p. 56].

Metodología

Delimitación del universo de estudio

De acuerdo al censo empresarial 2017-2018 en la ciudad de Orizaba, Veracruz, se tiene una población de 2,348 PYME [12]. Para este estudio se consideraron las entidades del sector comercio y de la zona centro de la ciudad.

Diseño de la investigación

El tipo de investigación es, no experimental, con un alcance, descriptivo y método mixto.

 ISSN 2007-8102

Recopilación de datos

Se realizó una entrevista rápida a propietarios o encargados de las entidades en estudio, mediante el diseño y aplicación de una lista de verificación integrada por 5 dimensiones (81 Ítems y respuestas cerradas). La confiabilidad se realizó por medio de la prueba de Alfa de Cronbach, mediante el programa SPSS Estadistics, en una prueba piloto a 16 empresas, obteniendo una confiabilidad del .772. Como menciona Oviedo [13] un Alfa de Cronbach de .79 a .70 es aceptable. La figura 1 muestra las dimensiones y distribución de las preguntas del instrumento utilizado:



Figura 1. Ejemplo de las dimensiones y distribución de las preguntas del instrumento de investigación.

Análisis de datos

Se realizó por medio de la estadística descriptiva, se ordenaron los datos a través de gráficos, para interpretar las listas de verificación contestadas. Se determinó la frecuencia de cada categoría para emitir las opiniones.

Resultados y discusión

A continuación, se muestra los resultados más relevantes del estudio, de acuerdo a las dimensiones investigadas, es importante destacar que, al ser un estudio piloto, no son representativos estadísticamente. Sin embargo, muestran una aproximación de la realidad de las unidades económicas.

Datos demográficos de las empresas analizadas

La figura 2a, muestra que del total de 31 PyME objeto de estudio, únicamente 16 accedieron a la aplicación del instrumento, 13 se negaron a ser encuestadas y 2 se encontraron cerradas. Por otra parte, en la figura 2b, se observa que un porcentaje importante, rebasa los 5 años en su actividad comercial.

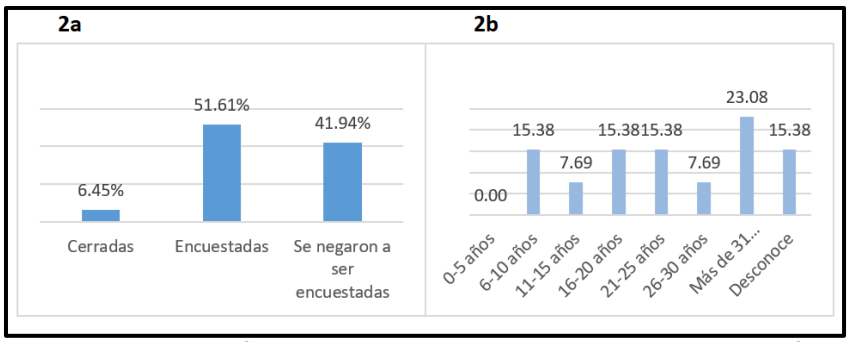


Figura 2. Datos demográficos de las empresas censadas: a) Participación de las PYMES, b) Años en actividad comercial

 ISSN 2007-8102

Un área de oportunidad observada en las PyME es su hermetismo, ya que la participación de un poco más del 50%, indica que no son accesibles a brindar información sobre sus actividades comerciales. Otro dato importante es, que acuerdo al estudio, el 93.75% de los entrevistados mencionó tener formación universitaria y el resto preparatoria; por lo que se esperaría verse reflejado en la profesionalización de las empresas, aunado a los años en el mercado.

Filosofía organizacional

En la figura 3a, se observa que el 56.3% de las PyME cuentan con una visión establecida. La figura 3b, muestra que un 93.8% no han llevan a cabo la aplicación de un análisis FODA. Por otro lado, en la figura 3c se aprecia que el 93.8% menciona no contar con un plan de mercadotecnia.

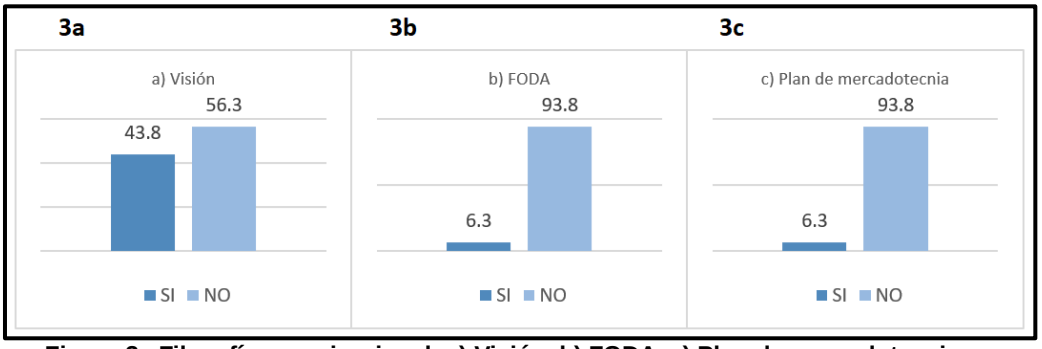


Figura 3. Filosofía organizacional: a) Visión, b) FODA, c) Plan de mercadotecnia

Estos resultados indican, por ejemplo, que un poco más de la mitad de las entidades de estudio carecen de una Visión Corporativa, la cual es importante, que los líderes desarrollen previamente, como un sueño de la condición futura deseable para la empresa [14]. Por otro lado, la mayoría de ellas no evalúan las oportunidades y amenazas actuales en su entorno, que, al combinarlas con los factores internos como son las fortalezas y debilidades, proporcionan una perspectiva general de la situación estratégica de una organización [15]. Lo anterior se refleja en la falta de un plan estratégico de mercadotecnia, necesario para sobrevivir y crecer a largo plazo, considerando su situación específica [4].

Relación con la competencia

En la figura 4a, se observa que el 93.8% de las empresas, menciona conocer quién es su competencia directa, mientras que en la figura 4b, el 62.5% indican no hacer benchmarking. Por otro lado, en la figura 4c, señalan que el 75% de ellas tiene definida una ventaja competitiva.

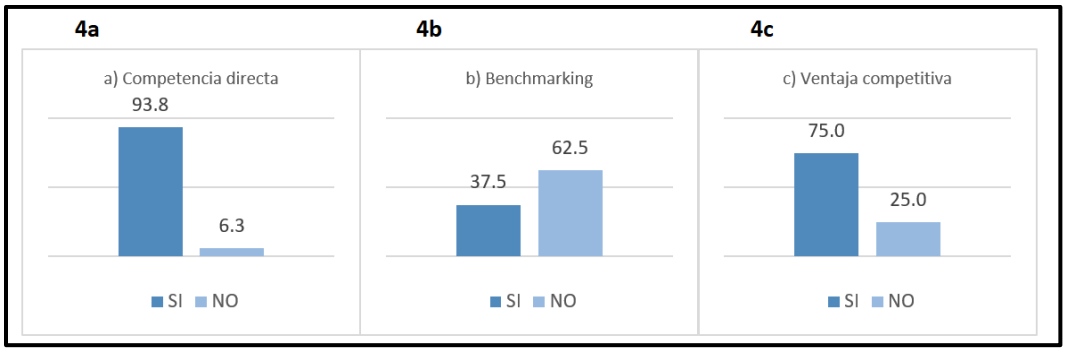


Figura 4. Relación con la competencia: a) Competencia directa, b) Benchmarking, c) Ventaja competitiva

 ISSN 2007-8102

Los resultados indican, que la mayoría de las empresas analizadas conocen quienes son sus competidores directos –los cercanos a su local-, sin embargo, es importante que estén conscientes que, debido al fenómeno de la globalización, los competidores en realidad no suelen ser tan cercanos. Respecto al benchmarking, resulta ser un área de oportunidad el no utilizar herramientas que buscan que las organizaciones tengan una actitud crítica con lo que han hecho, comparadas con las estrategias implementadas por las mejores empresas de su ramo [16]. Un porcentaje importante, menciona estar conscientes de que es importante tener una mejor posición que sus competidores, buscando el aseguramiento de clientes, así como defenderse de las fuerzas competitivas [17].

Relación con proveedores

En la figura 5a, el 93.8% de las empresas respondieron tener proveedores de calidad. En la figura 5b, el 75% indicaron contar con proveedor de internet fijo; mientras que en la figura 5c, el 93.8% señalan tener punto de venta.

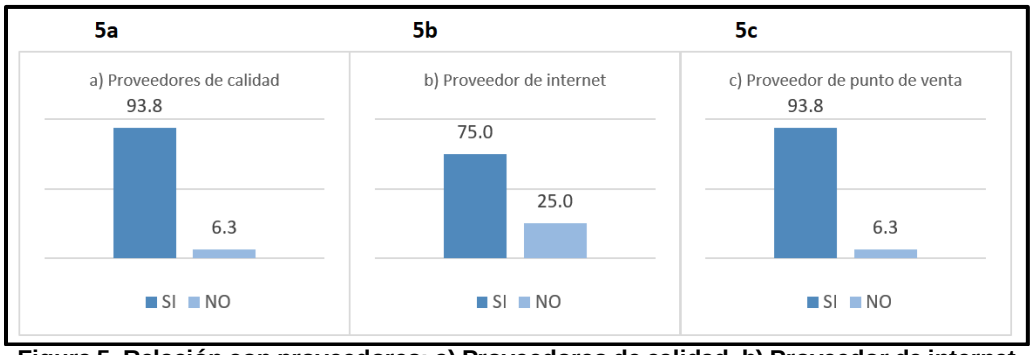


Figura 5. Relación con proveedores: a) Proveedores de calidad, b) Proveedor de internet, c) Proveedor de punto de venta.

Los resultados anteriores, hacen mención positiva de que las empresas mantienen relación con proveedores de productos, que les permitan obtener ganancias y distinción en el mercado. Por otra parte, al tener servicio de internet fijo, se esperaría que esto les facilitará tener acceso a plataformas de comunicación gratuita con sus clientes; además, resulta ser positivo que, al usar la tecnología, de los puntos de venta, esto les ayuda en el control de los inventarios y ventas diarias, lo cual es imprescindible hoy en día en la administración de los negocios.

Relación con clientes

Como se observa en la figura 6a, el 93.8% de las empresas, respondieron no aplicar encuestas de satisfacción. En la figura 6b, se observa que el 87.5% de ellas no dan seguimiento a quejas y sugerencias de sus clientes. En la figura 6c, se muestra que el 68.8% de estas empresas no capacitan a sus empleados en servicio al cliente.

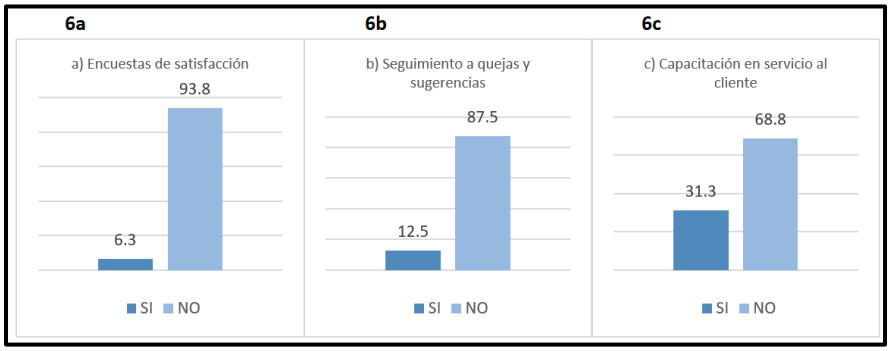


Figura 6. Relación con clientes: a) Encuestas de satisfacción, b) Seguimiento a quejas y sugerencias, c) Capacitación en servicio al cliente.

 ISSN 2007-8102

Resulta un área de oportunidad en las empresas estudiadas, el hecho de no conocer la opinión de sus clientes sobre los productos y servicios brindados; además de no dar seguimiento a quejas y sugerencias para mejorar aquellos aspectos necesarios; así como el no considerar importante la capacitación de sus empleados en servicio al cliente.

Marketing Mix

En la figura 7, se muestran algunas de las estrategias del marketing mix usadas por las empresas:

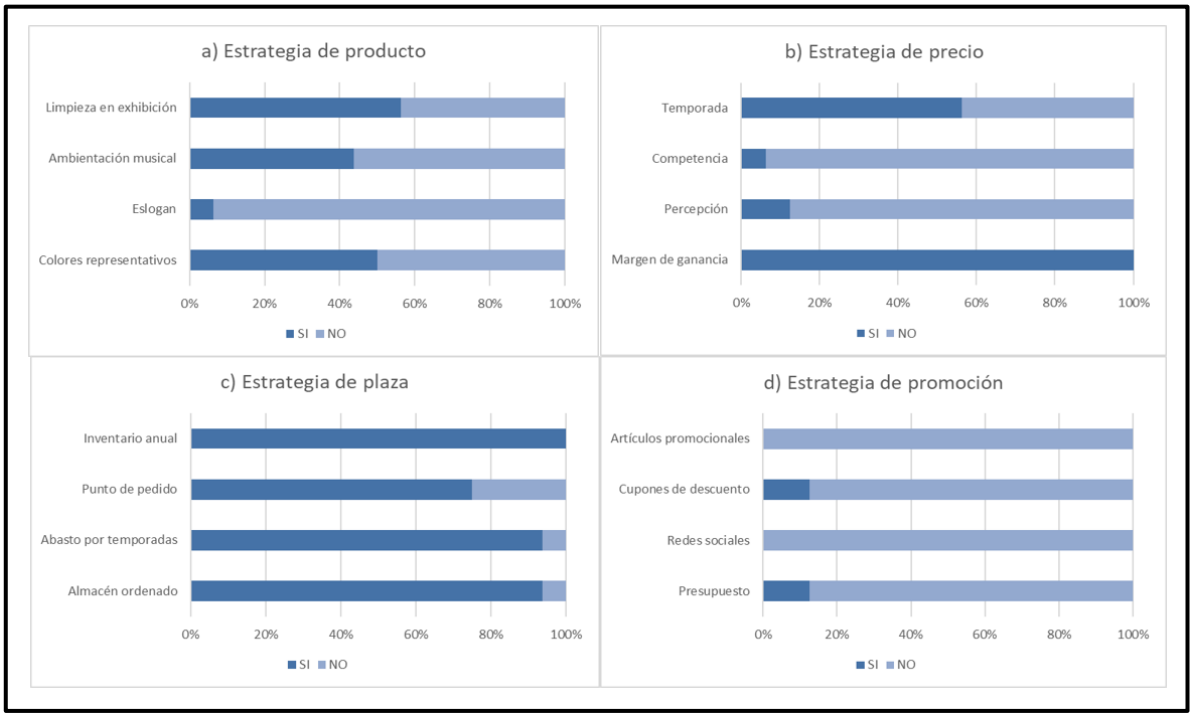


Figura 7. Marketing mix: a) Estrategia de producto, b) Estrategia de precio, c) Estrategia de plaza, d) Estrategia de promoción.

En la figura 7a, se puede observar que es importante que las PyME analizadas establezcan estrategias de producto básicas, por ejemplo, el uso de colores para la marca y local comercial debe estar establecido de una manera que se encuentren relacionados; así como tener un eslogan que atraiga o cautive a quien lo escuche. La figura 7b, muestra una forma tradicional de fijación del precio, siendo un área de oportunidad combinar otras estrategias. La figura 7c, indica que la mayoría de las empresas considera hacer uso de estrategias básicas de plaza. En la figura 7d, se observa una importante área de oportunidad, ya que la mayor parte de las empresas no aplican estrategias de promoción.

Trabajo a futuro

En un futuro a corto plazo, se pretende ampliar el estudio a empresas PyME del sector comercio en la ciudad de Orizaba; con la finalidad de proponer acciones conjuntas con instituciones y organismos pertinentes, que permita su fortalecimiento.

Conclusiones

Se analizó a las PyME del sector comercial de la zona centro de la ciudad de Orizaba, Veracruz, mediante una lista de verificación con cinco dimensiones enfocada a aspectos mercadológicos. Los resultados, aunque no son representativos estadísticamente, muestran que la mayoría las PyME analizadas realizan estrategias de mercadotecnia, aun cuando no se den cuenta de ello. Las dimensiones, en las cuales se detectaron mayores oportunidades son la filosofía organizacional, relación con clientes y marketing mix; por otro lado, las de menor oportunidad son la relación con proveedores y competencia.

Referencias

[1] Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), «Encuesta Nacional sobre Productividad y Competitividad de las Micro, Pequeñas y Medianas Empresas (ENAPROCE) 2018,» 2019. [En línea]. Available: https://www.inegi.org.mx/contenidos/saladeprensa/boletines/2019/especiales/ENAPROCE2018.pdf. [Último acceso: 2020].

[2] D. Arana, «Forbes México,» 2018. [En línea]. Available: https://www.forbes.com.mx/pymes-mexicanas-un-panorama-para-2018/. [Último acceso: 2019].

[3] L. Fischer y J. Espejo, Mercadotecnia, México: Mc Graw Hill, 2011.

[4] P. Kotler y G. Armstrong, Marketing, México: Pearson Educación, 2012.

[5] P. Kotler y K. Lane, Dirección de Marketing, México: Pearson, 2016.

[6] C. Ortiz, M. Limón y J. A. Rosales, «Mercadotecnia en las PYMES: aplicación del marketing en las PYMES, tendencias actuales.,» Red Iberoamericana de Academias de Investigación, 2018. [En línea]. Available: http://redibai-myd.org/portal/wp-content/uploads/2019/03/Mercadotecnia-11-1.pdf. [Último acceso: 2019].

[7] D. Regueiro, «Marketing&Estrategia,» 2015. [En línea]. Available: https://www.marketingyestrategia.com/la-realidad-del-marketing-en-las-pymes/. [Último acceso: 2018].

[8] J. Jaramillo, R. Cantú, L. Chávez y R. A. Escobedo, «Situación actual del uso de marketing en las MIPYMES de San Nicolás de los Garza, Nuevo León,» 2013. [En línea]. Available: http://eprints.uanl.mx/8569/1/SITUACION%20ACTUAL.pdf. [Último acceso: 2018].

[9] Instituto Mexicano para la Competitividad (IMC), «Índice de Competitividad Internacional 2011,» 2016. [En línea]. Available: https:// goo.gl/vaulGd.

[10] Comité Estatal de Información Estadística y Geográfica de Veracruz (CEIEG), «Cuadernillos Municipales,» 2019. [En línea]. Available: http://ceieg.veracruz.gob.mx/2019/05/09/cuadernillos-municipales-2019/. [Último acceso: 2020].

[11] S. Anzola, Administración de Pequeñas Empresas, México: Mc Graw Hill, 2010.

[12] M. E. Quezada, G. Ruiz, C. Velásquez y I. Sánchez, «Censo empresarial 2017-2018 de las MIPYMES de Orizaba, Veracruz como estrategia para detectar áreas de oportunidad que permitan su fortalecimiento,» 2018. [En línea]. Available: https://iquatroeditores.com/revista/index.php/relayn/article/view/41.

[13] H. C. Oviedo y A. Campos, «Metodología de la investigación y lectura crítica de estudios,» 2015. [En línea]. Available: https://www.redalyc.org/pdf/806/80634409.pdf.

[14] L. D. Goodstein, T. M. Nolan y J. W. Pfeiffer, Planeación Estratégica Aplicada, Colombia: Mc Graw Hill, 1998.

[15] P. Kotler y G. Armstrong, Fundamentos de Marketing, México: Pearson Educación, 2013.

[16] C. Hernández y M. Cano, «La importancia del Benchmarking como Herramienta para incrementar la calidad en el servicio en las organizaciones,» 2017. [En línea]. Available: https://www.uv.mx/iiesca/files/2018/03/04CA201702.pdf.

[17] H. O. Arellano, «La calidad en el servicio como ventaja competitiva,» 2017. [En línea]. Available: https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6093282.

Propuesta de Plan de Desarrollo Empresarial para Restaurante en Huatusco de Chicuellar, Veracruz.

D. I. Jiménez Castro[1], G. Ruiz Contreras[2], M. E. Quezada Fadanell[2], C. H. Dimas García[2],*
[1]Pasante de la carrera de Ingeniería en Gestión Empresarial, Tecnológico Nacional de México, Campus Zongolica, Km 4 Carretera a la Compañía S/N, Tepetitlanapa, C.P. 95005 Zongolica, Ver; México.
[2]Departamento de Ingeniería en Gestión Empresarial, Tecnológico Nacional de México, Campus Zongolica, Km 4 Carretera a la Compañía S/N, Tepetitlanapa, C.P. 95005 Zongolica, Ver; México.

**gabriel_ruiz_ige@zongolica.tecnm.mx*

***Área de participación**: Ingeniería Administrativa*

Resumen

En este trabajo se diseñó una propuesta de Plan de Desarrollo Empresarial para la Empresa Express Restaurante de Huatusco; la metodología fue de tipo proyectiva aplicando el Sistema Integral de Gestión y Medición de Indicadores de Logros (SIGMIL), con la finalidad de contribuir en su profesionalización y crecimiento en el mercado. Los resultados obtenidos fueron la entrega del Plan de Desarrollo Empresarial. Lo anterior, fundamentado en el análisis interno y externo de la organización, así como en la participación de los líderes de opinión de la misma; además de un sistema de medición de indicadores de desempeño (También conocidos como KPI's Key Performance Indicators por sus siglas en inglés), tal sistema permitirá el seguimiento y evaluación del Plan Estratégico para su posterior implementación.

***Palabras clave**: MIPyMES, Planeación Estratégica, Cuadro de Mando Integral.*

Abstract

In this work a proposal for a Business Development Plan was designed for the Huatusco Express Restaurant Company; The methodology was of a projective type applying the Comprehensive System for the Management and Measurement of Achievement Indicators (SIGMIL), in order to contribute to its professionalization and growth in the market. The results obtained were the delivery of the Business Development Plan. The foregoing, based on the internal and external analysis of the organization, as well as on the participation of its opinion leaders; In addition to a system for measuring performance indicators (Also known as KPI's Key Performance Indicators), such a system will allow the monitoring and evaluation of the Strategic Plan for its subsequent implementation.

***Key words**: MSMEs, Strategic Planning, Balanced Scorecard.*

Introducción

Actualmente las Micro, Pequeñas y Medianas Empresas (MIPyMES), tienen una relevancia socioeconómica muy importante a nivel mundial. En México, estas entidades económicas constituyen la columna vertebral de la Economía Nacional, esta importancia se debe a los acuerdos comerciales que han logrado en los últimos años, así mismo, por su alto impacto en la generación de empleos (el 72 %) en el país [1, p. 2]. De acuerdo a cifras oficiales, en México existen más de 4 millones de unidades empresariales, de las cuales 99.8 % se integran por micro, pequeñas y medianas empresas [2].

Sin embargo, las MIPyMES enfrentan diversos retos que frenan su desarrollo, entre ellos destaca, la falta de competitividad, lo cual, les impide permanecer y consolidarse [3]. Otra situación que enfrentan es la baja productividad en sus áreas. Góngora [1, p.5] menciona que una de las múltiples razones por las que se deriva la baja productividad es que muchas de las empresas tienen sus inicios en negocios de tipo familiar y, que con el paso del tiempo debido a un aumento en la participación del mercado requieren hacer paulatinas expansiones. Sin embargo, algunas empresas no realizan los cambios organizacionales, de gestión o, incluso, jurídicos para poder generar bases de crecimiento más sólidas. Por ello es importante que las organizaciones establezcan las estrategias acordes a sus capacidades y necesidades, que les permita prevenir situaciones que ponga en riesgo su estabilidad, así como alcanzar su crecimiento.

La empresa Express Restaurante, inicia sus actividades el 09 julio de 2014, en la ciudad de Huatusco de Chicuellar, en el Estado de Veracruz, México; actualmente cuenta con 4 sucursales y una plantilla de 30 colaboradores. Dentro de los productos que ofrecen destacan: alimentos y bebidas, producción y comercialización de café artesanal, venta de souvenirs, y elaboración de repostería; sin embargo, la organización a pesar del tiempo que tiene en el mercado, presenta áreas de oportunidad.

Las situaciones que se observaron al analizar la empresa, son las siguientes:

- Descuido en la fijación de precios de venta.
- Carencia de profesionalismo por parte de los colaboradores.
- Se requiere simplificación y orden en el menú
- Se requiere definición y tropicalización de los productos que ofrece el restaurante.
- Excesiva rotación del personal.

Esta serie de factores, de acuerdo a la gerencia, afecta principalmente en el bajo consumo de clientes y en colaboradores insatisfechos.

Lo anterior se deriva de la inexistencia de un Plan de Desarrollo Empresarial, lo cual resulta imprescindible elaborar, para permitir a Express Restaurante definir el camino a seguir, estableciendo los objetivos a largo plazo, estrategias y acciones necesarias bajo las directrices de calidad, eficiencia y eficacia; así como el sistema que permita dar seguimiento y tomar decisiones oportunas.

De no llevarse a cabo el Plan de Desarrollo Empresarial, la empresa no tendrá un marco de referencia sobre el cual pueda fundamentarse el proceso de decisiones que facilite el consenso del mismo en los niveles alto y medio. Por tanto, es necesario implantar la Planeación Estratégica con una adecuada participación de todos los miembros mediante una comunicación efectiva y el compromiso de todos.

Dado lo anterior, fue importante plantear los siguientes objetivos específicos: 1) Elaborar el plan de acción requerido para el establecimiento del equipo de trabajo, que permita el desarrollo y ejecución del modelo de planeación estratégico, 2) Definir las estrategias de largo plazo necesarias para el buen desempeño de la organización, acordes a las amenazas y oportunidades que enfrenta del entorno y 3) Diseñar un cuadro de mando integral para el despliegue de las estrategias.

Marco Teórico

Al revisar la literatura se consideró la pertinencia de aplicar la metodología: “Sistema Integral de Gestión y Medición de Indicadores de Logro” (SIGMIL) desarrollada específicamente con más de 30 empresas de la región Orizaba-Córdoba, estado de Veracruz en México [4]. En la siguiente figura se muestra esquemáticamente el modelo SIGMIL:

 ISSN 2007-8102

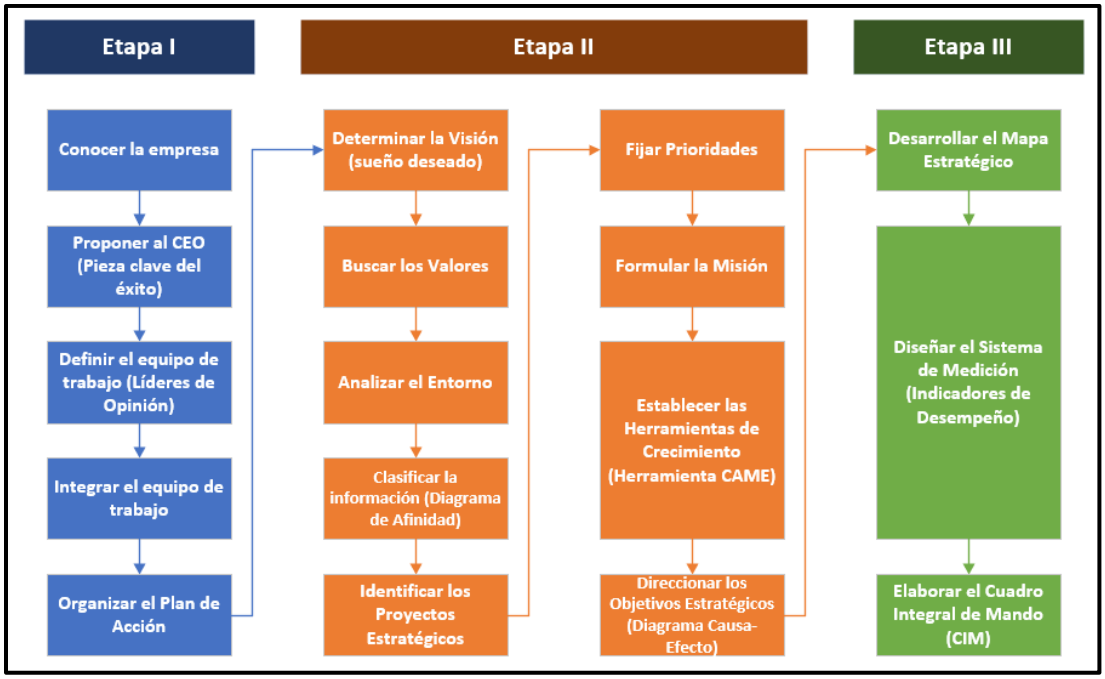


Figura 1. Modelo SIGMIL [4].

La primera etapa (planeado para planear) comprende esencialmente, la integración de un equipo de trabajo de alto desempeño. La segunda etapa, como parte central del modelo, consiste en elaborar el plan integral de desarrollo (definiendo la estrategia de largo plazo). Finalmente, la tercera etapa corresponde al diseño y desarrollo de un sistema de control, el cual permite el despliegue de la estrategia.

Metodología

Tipo de investigación

El tipo de investigación es proyectiva, ya que se diseñó un Plan de Desarrollo Empresarial, como alternativa de solución al problema identificado por el investigador, definiendo metas a alcanzar y considerando las restricciones a satisfacer [5].

Delimitación del sujeto de estudio

- Unidad de análisis: empresa Express Restaurante, del sector servicio, y del giro restaurantero.
- Ubicación: ciudad de Huatusco, estado de Veracruz, en México.
- Estatus: PyME legalmente establecida

Diseño de investigación

La propuesta presentada corresponde a un estudio de caso, el cual, Hernández-Sampieri, Fernández-Collado y Baptista-Lucio [6, p. 164] mencionan que corresponde en analizar a profundidad un objeto de estudio de forma integral, para responder a los planteamientos del investigador.

Recopilación de datos

Llevada a cabo en dos etapas básicamente:

 ISSN 2007-8102

- Trabajo de campo:
  - Entrevista no estructurada con el gerente de la empresa, con la finalidad de preparar el plan de trabajo.
  - Reunión de trabajo formal con los principales líderes de opinión de la empresa, para la elaboración compartida de elementos fundamentales de la estrategia, diagnóstico situacional de la empresa e identificación de proyectos estratégicos.
- Trabajo de gabinete:
  - Procesamiento de la información para la elaboración del plan estratégico.
  - Desarrollo del sistema de medición de indicadores de desempeño.

Resultados y discusión

El resultado principal de este estudio fue el diseño del Plan de Desarrollo Empresarial, el cual fue entregado a la Gerencia de la empresa.



Figura 2. Entrega de Plan de Desarrollo Empresarial a Express Restaurante.

A continuación, se comentan los elementos estratégicos más relevantes del plan de desarrollo empresarial.

Elementos estratégicos

Determinar la visión y búsqueda de valores

En la figura 3, se muestra la visión y valores, como elementos fundamentales del plan estratégico. La generación de ambos elementos, fue a través de una lluvia de ideas, con la participación de los integrantes del equipo de planeación.



Figura 3. Visión y valores de Express Restaurante.

 ISSN 2007-8102

La visión es el camino al cual se dirige la empresa a largo plazo, permitiendo orientar las decisiones estratégicas de crecimiento y competitividad [7]. La visión debe establecerse por consenso entre los líderes de opinión y la alta gerencia, con la finalidad de plasmar los intereses y expectativas del equipo. Este tipo de visión compartida, debe ser deseable, posible, estratégica, flexible, basada en el tiempo, motivadora, entre otras características. Por otra parte, los valores son fundamentales para las organizaciones, ya que son un conjunto de normas y creencias que guiarán su gestión y representan la orientación y cultura de la organización [8]. Los valores al igual que la visión deben ser compartidos por el equipo de planeación, siendo el resultado de un proceso de selección de los valores del equipo.

Direccionamiento estratégico:

En la figura 4, se observa una representación esquemática de un diagrama causa y efecto. La identificación de los proyectos estratégicos, se fundamenta con el análisis del entorno, cuyo objetivo es recabar la opinión del equipo de planeación, acerca del comportamiento de la empresa, en dos dimensiones: interno y externo, utilizando herramientas como lluvia de ideas, FODA, modelo del macro-entorno y micro-entorno y diagrama de afinidad. Por otra parte, la misión, es la integración de los proyectos estratégicos, transformados en un enunciado, que traduce lo que la empresa debe hacer hoy, para lograr lo que mañana se quiere llegar a ser [9].

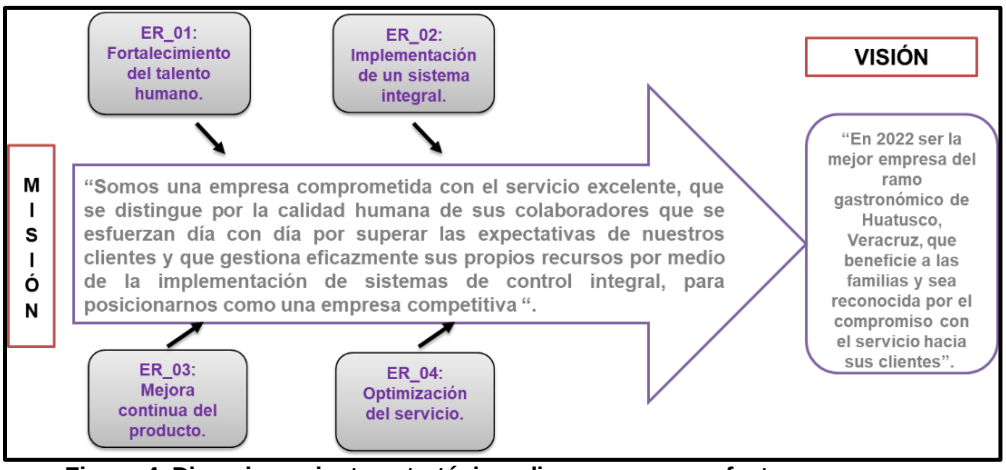


Figura 4. Direccionamiento estratégico: diagrama causa-efecto.

De acuerdo al diagrama mostrado en la figura 4, se explica la relación de los proyectos estratégicos, la misión y visión, es decir, para que Express Restaurante logre hacer realidad su visión en un futuro, debe cumplir hoy con su misión, la cual estará fundamentada con los cuatro proyectos estratégicos, identificados por el análisis del entorno, realizado por el equipo de planeación. Respecto a la misión, normalmente se sugiere que desde el principio sea redactada, sin embargo, hacerlo así, puede llevar a que carezca de un sentido de rumbo; empero, redactada a partir del contexto de los proyectos estratégicos, le indica a la organización la trayectoria para alcanzar la visión [9].

Cada proyecto estratégico, debe identificarse con una clave, un nombre, un objetivo general y estará conformado por factores afines, que suelen ser fortalezas, debilidades, amenazas y oportunidades del entorno. A su vez, estos factores son convertidos en objetivos estratégicos, mediante la herramienta CAME (Corregir, Afrontar, Mantener y Explotar). Conjuntamente, el equipo de planeación de acuerdo al modelo, debe priorizar los proyectos, dándoles un orden de jerarquía. La importancia de los proyectos estratégicos, radica en que, a partir de ellos, se desarrolla un plan de acción más específico y se establecen los indicadores de desempeño.

En la tabla 1, se ejemplifica, el proyecto estratégico ER_01.

 ISSN 2007-8102

Tabla 1. Proyecto estratégico: ER_01. Fortalecimiento del talento humano.

DAFO	Factores	CAME	Objetivos específicos
D	El personal carece de las competencias necesarias para realizar las actividades correspondientes a su área.	C	O.E._1.1 Diagnósticar las necesidades de los colaboradores para el establecimiento de un plan de acción que mejore su productividad individual.
O	Acceso a cursos a distancia.	E	O.E._1.2 Identificar los cursos online de acceso abierto, acorde a las necesidades específicas de capacitación.
D	No exiten procedimientos estandarizados para realizar el trabajo en las áreas prioritarias.	C	O.E._1.3 Elaborar manuales de procedimientos de las áreas más representativas, con apoyo de residentes de instituciones de nivel superior.
D	La falta de compromiso de los colaboradores.	C	O.E._1.4 Fomentar la comunicación efectiva entre la gerencia y los colaboradores, mediante un programa de reuniones periódicas para mejorar el compromiso en la organización.
D	Ausentismo laboral.	C	O.E._1.5 Elaborar la política para el control de retardos, inasistencias o incapacidades de los colaboradores.

Sistema de control

La figura 5, ejemplifica el menú del sistema de control, cuya finalidad es dar seguimiento al cumplimiento de los proyectos estratégicos. Dicho sistema, fue desarrollado de forma básica en el software Excel de Microsoft Office.



Figura 5. Menú del sistema de control.

El sistema de control, básicamente contiene los elementos estratégicos previamente desarrollados por el equipo de planeación, así como, un mapa estratégico, un sistema de medición y un cuadro de mando integral. El cuadro de mando integral de Kaplan y Norton, es un instrumento de gestión que se usa para hacer operativa la visión estratégica de una empresa [10] mencionan que el cuadro de mando integral mide la actuación de una organización desde cuatro perspectivas que son decisivas en los resultados de una empresa: financiera, clientes, procesos internos y conocimiento y aprendizaje, todo lo cual se sintetiza en un mapa estratégico, en una relación causa efecto y un tablero o cuadro de mando.

En la figura 6, se presenta el mapa estratégico general, donde cada proyecto estratégico incide en alguna de las cuatro perspectivas que son importantes en los resultados de una empresa.

 ISSN 2007-8102

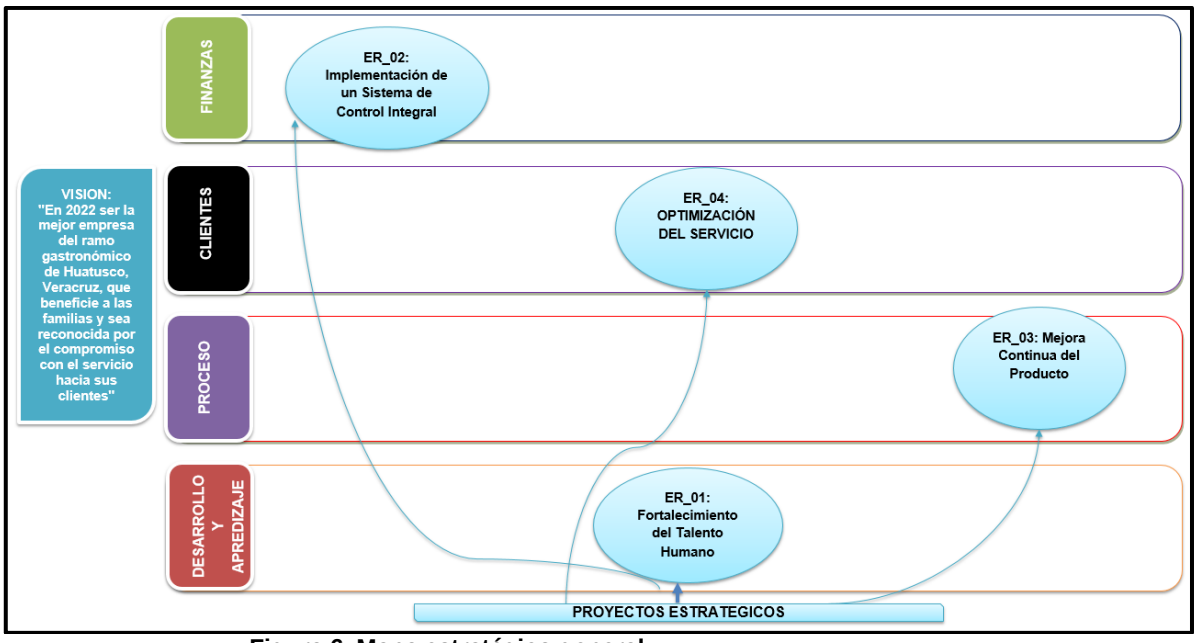


Figura 6. Mapa estratégico general.

Trabajo a futuro

A partir de la experiencia, con la empresa objeto de estudio, se ha concientizado a 10 pequeñas empresas de la región de Orizaba, Veracruz, mediante el diseño e impartición de un curso taller de planeación estratégica, bajo el estándar de competencia EC0217 (Impartición de cursos de formación del capital humano de manera presencial grupal), y se busca a un futuro a corto plazo, seguir colaborando con ellos, en el diseño de su plan de desarrollo empresarial. Se comparte link de evidencia:

https://www.diarioelmundo.com.mx/index.php/2019/11/11/capacitan-y-apoyan-a-pymes-de-la-region/

Conclusiones

Se diseñó un plan de desarrollo empresarial para una empresa MIPyME del sector servicio y giro restaurantero. Los resultados indican, que el compromiso del gerente general y el equipo de planeación, conformado por los líderes de opinión de la empresa, son imprescindibles para establecer los principales elementos estratégicos del plan. A la empresa, le fue entregado el documento que contiene el plan estratégico y el sistema de control, cumpliendo así, con los objetivos planteados en el presente estudio. Se comprobó, que la planeación estrategia no es solo para las grandes corporaciones, las pequeñas empresas pueden también elaborar su plan a largo plazo y a la medida de sus necesidades y posibilidades, que les permita no solo permanecer, sino crecer y consolidarse en el mercado. También fue ratificado, que las pequeñas empresas, requieren apoyo por parte de las instituciones educativas de nivel superior, para que, en conjunto establezcan relaciones de colaboración, con la finalidad de lograr el fortalecimiento de este tipo de entidades económicas, tan importantes para el desarrollo económico del país.

Agradecimientos

A la gerencia general de la empresa Express Restaurante y sus colaboradores, por la apertura y compromiso requerido para el desarrollo del presente estudio.

Referencias

[1] J. P. Góngora, «El panorama de las micro, pequeñas y medianas empresas en México,» 2013. [En línea]. Available: http://revistas.bancomext.gob.mx/rce/magazines/754/1/El_paronama_de_las_micros.pdf.

[2] FORBES, México., «Pymes mexicanas, un panorama para 2018,» 2018. [En línea]. Available: https://www.forbes.com.mx/pymes-mexicanas-un-panorama-para-2018/.

[3] O. García-Ramírez, E. F. López-Nube, N. Vigueras-Del Ángel y M. Martín-Torres, «Análisis de la Competitividad de las PYMES mediante un Diagnóstico,» 2017. [En línea]. Available: https://www.ecorfan.org/actas/A%20T%20III/A%20TIII_5.pdf.

[4] M. C. Sánchez Romero, F. Aguirre y Hernández y M. Raygoza Bello, «Proyectos estratégicos prioritarios en empresas de la región de Orizaba,» 2016. [En línea]. Available: ftp.repec.org › opt › ReDIF › RePEc › ibf › rgnego.

[5] H. Simon, «La racionalidad limitada como moduladora de las ciencias de diseño,» 2007. [En línea]. Available: http://ruc.udc.es/bitstream/2183/11880/2/9788497452120.pdf.

[6] R. Hernández-Sampieri, C. Fernández-Collado y P. Baptista-Lucio, Metodología de la Investigación, México: Mc Graw Hill, 2014.

[7] J. Fleitman, Negocios exitosos, México: McGraw-Hill Interamericana, 2000.

[8] K. A. Solórzano Martínez y B. P. Rodríguez Paredes, «Planificación Estratégica de la Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo – SENPLADES,» 2015. [En línea]. Available: https://repositorio.espe.edu.ec/handle/21000/12971.

[9] F. Aguirre y Hernández, E. Roldan Reyes y M. Gallardo Córdova, «Modelo SIGMIL como instrumento de permanencia de las MIPyMES en los mercados competitivos,» 2016. [En línea]. Available: https://drive.google.com/file/d/0By0_6hdYT0bkRkg4VDFwZzhpbU0/view.

[10] R. S. Kaplan y D. P. Norton, Cuadro de Mando Integral, España: Gestión 2000, 2002.

Estrategia administrativa para la toma de decisiones en MIPYMES Texcoco Estado de México

E.A. Domínguez Pérez[1] G. Pérez González[2*]*
[1]Licenciatura en Informática Administrativa.*
Universidad Autónoma del Estado de México-Centro Universitario Texcoco
Av. Jardín S/N. Fraccionamiento "El Tejocote C.P. 56259, Texcoco, Estado de México
[2] Tecnológico de Estudios Superiores de Chimalhuacán. [2*]*
División de Ingeniería Química y Subdirección de Posgrado
C. Primavera S/N, Col. Santa María Nativitas, Chimalhuacán, Estado de México
[*]aripk.yt@gmail.com

Área de participación: *Ingeniería Administrativa*

Resumen

Este estudio es una recomendación o alternativa de uso para el sistema organizacional de algunas MIPYMES del Municipio de Texcoco, considerando la importancia de implementar herramientas de administración estratégica que permitan diagnosticar la situación interna para conocer el impacto de estas empresas en su competitividad globalizada a la cual se enfrentan. El objetivo es formular nueve matrices que pueden ser utilizadas para la toma de decisiones del mercado empresarial; se propone la matriz FODA como vertiente para obtener el marco analítico para diagnosticar necesidades, áreas de oportunidad y dar respuesta con el uso de alternativas de trabajo; modelando técnicas administrativas en tres etapas que permitan al sistema organizacional mantenerse en el mercado. Etapa uno: referente a los insumos; matriz EFI, EFE y MPC. Etapa dos: conforman la adecuación con: matriz MAFE, PEYEA, BCG, IE y GE. Etapa tres, decisión en producción; matriz CPE. Al final se presenta caso de estudio.

Palabras clave: *empresa, administración, estrategias, matriz*

Abstract

This study is a recommendation or alternative use for the organizational system of some SMEs in the Texcoco Municipality, State of Mexico, considering the importance of implementing strategic management tools to diagnose the internal situation and acknowledge the impact on their environment. The aim of this study is to formulate nine types of matrices that can be used for decision making in different activities of the company. The SWOT matrix can be used to obtain an immediate analytical framework to diagnose needs and areas of opportunity through a technical administrative model in three key stages allowing the organizational system to stay in the market. Stage one – Inputs: IFE, EFE and CPM matrices. Stage two – Adoption: Strategy-Formulation Analytical Framework, SPACE, IE, and Grand strategy matrix. Stage three – Production decision: QSPM. A case study is presented.

Key words: *company, administration, strategies, matrix*

Introducción

Hoy día los sistemas organizacionales en la localidad de Texcoco aluden de implementar modelos sistemáticos que optimicen su proceso de mercado, se cree que para dar respuesta a esta necesidad deben conformar un plan de trabajo estratégico que le permita tomar decisiones actuales para resultados favorables al futuro, utilizando herramientas que impactan en el análisis situacional de la empresa, tal es el caso del diagnóstico denominado FODA, que es una matriz que se aplica de forma sencilla a razón de cuatro variables principales; denominadas: fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas que determinan la función situacional de una organización. Además, se considera que se puede aplicar a cualquier tipo de empresa.

Es menester hacer mención que el principal expositor es Albert S. Humphrey, creador de las cuatro variables del análisis situacional. Sin embargo, el creador de la Matriz FODA fue Heinz Weihrich [7]. Posteriormente Fred R. David a partir de esta matriz; desarrolla nueve matrices más, divididas en tres etapas que se enfocan de manera directa a la evaluación de los criterios de las variables correspondientes, con el fin de formular estrategias que lleven a la organización al éxito [3].

Para finalizar este apartado se especifica el contenido del trabajo: en primera instancia se presenta la forma de elaborar la matriz FODA, posteriormente se especifica como se van originando las nueve matrices restantes para su correcta implementación en el sistema organizacional, posteriormente se presenta un caso de Estudio aplicado a la "Empresa Textil de Chiconcuac, S.A."

 ISSN 2007-8102

Herramienta técnica de la administración estratégica

La matriz FODA es una herramienta que permite conocer y recopilar datos enlistados de un sistema organizacional; muestra el diagnóstico de la situación interna de la empresa, a través de sus dos primeras variables: Fortalezas y Debilidades, reconocidas como factores internos que determinan las siguientes dos variables: Oportunidades y Amenazas registradas como factores externos. El cuadro muestra los aspectos con los cuales debe cumplir cada variable que conforma la matriz FODA.

FORTALEZAS	DEBILIDADES
Son los elementos o factores que mantiene en alto el nivel de desempeño competitivo de una empresa.	Son los elementos de vulnerabilidad de una organización en los niveles de desempeño y desventaja competitiva, con posibilidades no aptas hacia el futuro.
OPORTUNIDADES	**AMENAZAS**
Circunstancias potencialmente favorables en el entorno, que pueden ser utilizadas ventajosamente para alcanzar o superar los objetivos empresariales.	Factores del entorno, circunstanciales y adversos, que ponen en riesgo el alcance de los objetivos establecidos creando una condición de incertidumbre e inestabilidad dentro del sistema organizacional.

Cuadro 1 Matriz FODA. Fuente [1]

Ahora bien, la base fundamental del modelado de las nueve matrices; es la construcción de una planeación estratégica administrativa que se desarrolla en tres etapas; cuya finalidad es que la empresa tome la mejor decisión para mantenerse dentro del mercado competitivo de su entorno.

Metodología de las tres etapas

La Etapa 1: conforma el resumen de inicio, al crear estrategias internas administrativas sobre los insumos en una mejora de precios competitivos. Esto se lleva a cabo con tres matrices denominadas: EFI, EFE, y MPC.

Matriz de Evaluación de los Factores Internos (EFI)

Con esta matriz se evalúa las fortalezas y debilidades de la matriz previa denominada FODA. Para trabajar con la matriz EFI, se deben enlistar los factores críticos que determinan el buen desempeño de la empresa. Al evaluar la situación interna se asigna un peso relativo a cada factor de éxito, el 0.0 se le da al factor (no importante), el 1.0 es (muy importante) por tanto; sí el peso es relativo, el total de todos los pesos asignados deben sumar 1.0.

De esta forma se construye la calificación; entre 1 o 2 a cada debilidad: 3 o 4 a las fortalezas: dónde el 1 es (totalmente débil), el 2 (menos débil), el 3 es (menos fuerte) y el 4 es (muy fuerte). Posteriormente se realiza la multiplicación peso relativo por la calificación de cada fortaleza o debilidad, se suman todos los pesos ponderados y, se obtiene el total ponderado de cada variable con los factores internos de la empresa [2], entonces la calificación promedio puede ser 2.5, ver cuadro 2.

FACTORES INTERNOS	PESO	CALIFICACIÓN	PESO PONDERADO
FORTALEZAS			
Se enlistan fortalezas obtenidas de la matriz FODA	$a = 0.1$	$b = 3$	(a)•(b)
DEBILIDADES			
Se enlistan debilidades obtenidas de la matriz FODA	$a = 0.9$	$b = 1$	(a)•(b)
TOTAL	$\sum a = 1.0$		$\sum$ = (a)•(b)

Cuadro 2 Matriz de Evaluación de los Factores Internos (EFI). Fuente: Propia

Finalmente comparar el peso ponderado total de las fortalezas contra el peso ponderado total de las debilidades, determina si los factores internos de la empresa en su conjunto son favorables, si las fortalezas son mayores al 2.5 del resultado de las debilidades, se dice que la empresa tiene fortalezas, o en caso contrario, siendo un resultado desfavorable, pero sí las debilidades son mayores que las fortalezas indica una debilidad de la empresa.

 ISSN 2007-8102

Matriz de Evaluación de Factores Externos (EFE)

Elaborar la matriz de Evaluación de Factores Externos, su acrónimo (EFE) lleva el mismo procedimiento que la matriz EFI, la diferencia es que esta matriz valora los factores externos como: Oportunidades y Amenazas, permitiendo analizar la información económica, social, cultural, demográfica, política, legal, tecnológica y competitiva; como se muestra en el (Cuadro No. 3). Ahora bien, con la misma matriz FODA, se busca un resultado favorable si el peso ponderado de Oportunidades es mayor al resultado del peso ponderado de las Amenazas entonces la empresa es favorable y desfavorable si el resultado de las amenazas es mayor al de las oportunidades Con el formulario del cuadro 3, se determinan los factores externos de la empresa.

FACTORES EXTERNOS	PESO	CALIFICACIÓN	PESO PONDERADO
OPORTUNIDADES			
Se enlistan oportunidades obtenidas de la matriz FODA	**a**	**b**	(a) •(b)
AMENAZAS			
Se enlistan amenzas obtenidas de la matriz FODA	**a**	**b**	(a) •(b)
TOTAL	∑ *a = 1.0*		∑*a • b*

Cuadro 3 Matriz de Evaluación de Factores Externos (EFE). Fuente: Propia

Matriz del Perfil Competitivo (MPC)

La matriz de Perfil Competitivo su acrónimo (MPC) es utilizada para identificar o evaluar los: objetivos, estrategias, debilidades y fortalezas de los competidores del mismo segmento del mercado en el cual se encuentra la propia empresa; esta matriz es considerada una parte fundamental del proceso de formulación de la planeación estratégica administrativa; se le ve como una herramienta de entrada que arroja información decisiva sobre los competidores: como se muestra en la primera columna de los factores clave de éxito de la competencia; información utilizada para comparar sus fortalezas y debilidades dentro del mercado contra las de la propia empresa [3].

En la columna de peso relativo se anota una numeración menor a 1 a cada factor de éxito de las empresas competitivas, hasta que la suma del peso ponderado arroje 1.0, identificándose como una equivalencia de peso que determina el valor de cada factor de éxito de la competencia, según la jerarquización del estudio. En la columna de los competidores se asigna un número a cada empresa en comparación; la primera será la propia empresa. La segunda será la(s) empresa(s) competidora(s), asignado valores de calificaciones del 1 al 4, colocando el 1 al más débil, con 2 al menos débil, el 3 al de menor fuerza y el 4 a la empresa de mayor fuerza.

Según Kepner; al concluir la calificación de la matriz PC, se ha obtenido el cálculo recomendado para conocer la causa posible del problema competitivo al que se enfrenta la empresa y con ello se puede tomar una decisión acertada a la solución; derivando la ventaja de uso: concretando esfuerzos y procedimientos competitivos a corto plazo, reduciendo costos; conociendo las debilidades de sus competidores. Entonces se aprovecha el resultado para incrementar la producción e insertar productos competitivos en el mercado y posesionarse (Cuadro 4).

COMPARACIÓN		*EMPRESA 1 (Propia empresa)*		*EMPRESA 2 (la más competitiva)*	
FACTORES	PESO	CALIFCACIÓN	PESO PONDERADO	CALIFICACIÓN	PESO PONDERADO
Se enlistan todos los factores importantes para el éxito	a	b	(a)•(b)	y	(a)•(y)
TOTAL	∑ a = 1.0		∑ a • b		∑ a • y

Cuadro 4 Matriz del Perfil Competitivo (MPC). Fuente: Propia

La etapa 2, se centra en la creación de alternativas y estrategias posibles por medio del ajuste de los factores externos e internos. La clave del éxito de esta etapa; estriba en utilizar la información inicial de la etapa 1 para evaluar con objetividad las alternativas de las estrategias posibles que se identificaran en la etapa 2. Para hacer más específico este enunciado se explica a continuación con cinco matrices denominadas con sus acrónimos: (MAFE), (PEYEA o PEEA), (BCG), (MIE) y por último (GE).

La Matriz de las Amenazas, Oportunidades, Debilidades y Fortalezas, su acrónimo (MAFE)
Para trabajar con esta matriz se toma como base la matriz FODA se recomienda desarrollar cuatro tipos de estrategias principales (Estrategia FO, DO, FA, DA), esta matriz busca expectativas, de relaciónales en sus actores empresariales para elaborar un análisis estratégico y ajustar los factores de la matriz FODA, como se muestra en el cuadro numero 5:

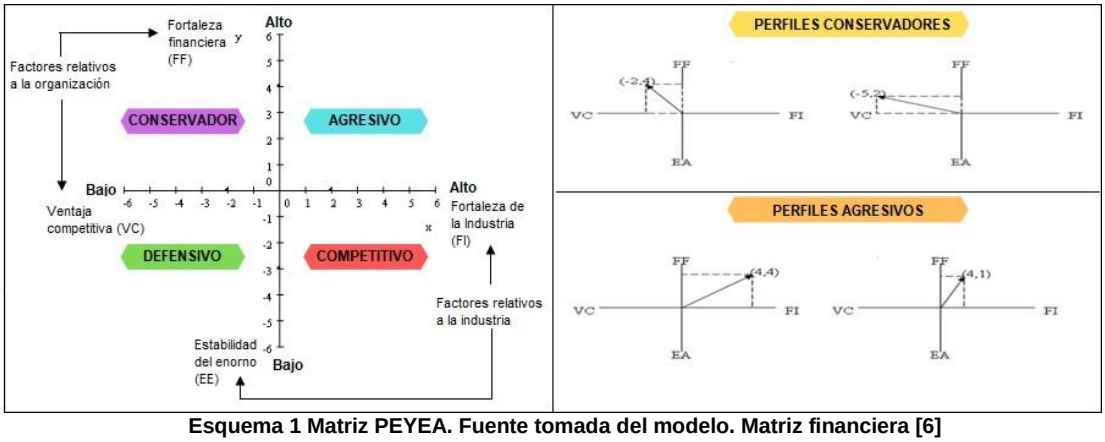
	FORTALEZAS (F) Lista de fortalezas	***DEBILIDADES (D)*** Lista de debilidades
OPORTUNIDADES (O) Lista de oportunidades	**ESTRATEGIAS FO:** Relacionar las fortalezas internas para aprovechar las oportunidades externas.	**ESTRATEGIAS DO:** Superar debilidades internas usando las oportunidades externas.
AMENAZAS (A) Lista de Amenazas	**ESTRATEGIAS FA:** Relacionar las fortalezas internas para evitar o disminuir las amenazas externas	**ESTRATEGIAS DA:** Reducir debilidades internas y amenazas externas

Cuadro 5 Matriz MAFE. Fuente: [4]

Matriz de la Posición Estratégica y Evaluación de la Acción (PEYEA)
Esta matriz define estrategias financieras para la competitividad; utilizando el esquema del plano cartesiano, sus cuadrantes modelan la caracterización de la empresa en cuatro vertientes: intensiva, conservadora, defensiva y competitiva. Los ejes de esta matriz representan dos factores internos [3]; Fortaleza Financiera (FF) y Ventaja Competitiva (VC), en función de dos dimensiones externas: Fortalezas Industriales (FI) y Estabilidad del Ambiente (EA), estos dos factores y las dos dimensiones determinan la posición estratégica general de la empresa.

Ahora bien, para elaborar la matriz PEYEA, se requiere de cuatro pasos:

1. Seleccionar las variables Fuerzas Financieras FF y la Ventaja Competitiva VC, como factores relativos a la organización en función de las dimensiones; Estabilidad del Ambiente EA, y Fuerza Industrial FI.
2. Asignan valores numéricos que varían de (+1, peor) a (+6 el mejor), sólo para la posición Financiera e Industrial; clasificándolas como dimensiones Fuertes. Para la Ventaja Competitiva (VC) y Estabilidad del Ambiente (EA) se asigna un valor numérico que varíe de (-1 mejor) a (- 6 peor) por cada variable, [5]. Clasificándolas como dimensiones débiles.
3. Calcular un promedio para FF, VC, FI y EA, sumando los valores asignados a cada variable, dividiendo el resultado entre el número de variables incluidas en la dimensión respectiva.
4. Sumar los dos puntajes del eje X= VC + FI y registrar el resultado en X; sumar los dos puntajes del eje Y= FF + EA, registrar en Y; registrar la intersección del nuevo punto XY, desde el origen de la matriz PEYEA que pase a través del nuevo punto de intersección. Este vector revela el tipo de estrategia recomendada para la empresa.

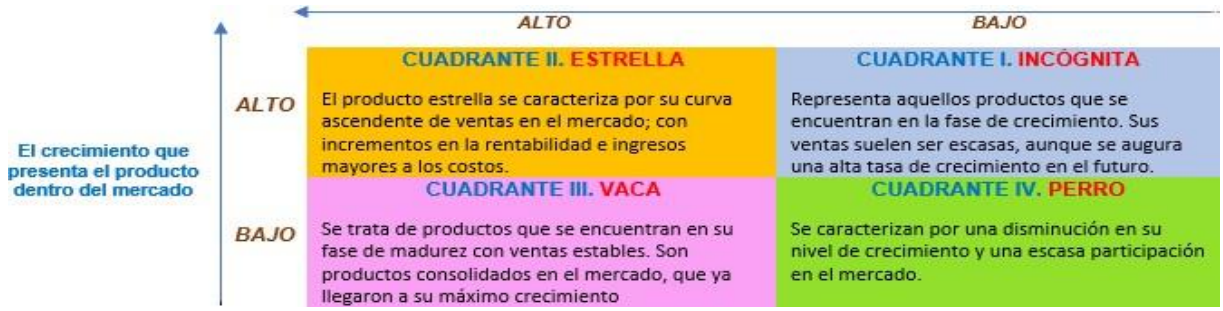


Esquema 1 Matriz PEYEA. Fuente tomada del modelo. Matriz financiera [6]

Matriz del Boston Consulting Group (BCG)
La estructura de esta matriz consta de cuatro cuadrantes, un eje vertical y otro horizontal; representando un producto por cuadrante caracterizándolo con una figura de: incógnita, estrella, vaca y perro [6].
El eje vertical señala en la parte superior los productos que van en ascendencia en ventas y que el resultado fue mayor a 1. En la zona inferior se encuentran los productos cuyas ventas están en descendencia con un número menor a 1. El eje horizontal define la participación del mercado diferenciado por productos que se identifican por

el gran volumen de ventas, frente a los productos cuyas ventas son escasas denominados con débil participación en el mercado.
El primer paso para elaborar la matriz BCG: es calcular la tasa de crecimiento del mercado. Cuando la tasa de crecimiento en ventas es superior al 10%, estos productos serán ubicados en la parte superior de la matriz, mientras que el resto se encontrarán en la parte inferior. Conforme al resultado de estas dos fórmulas: entonces el producto se coloca en el cuadrante que corresponda.

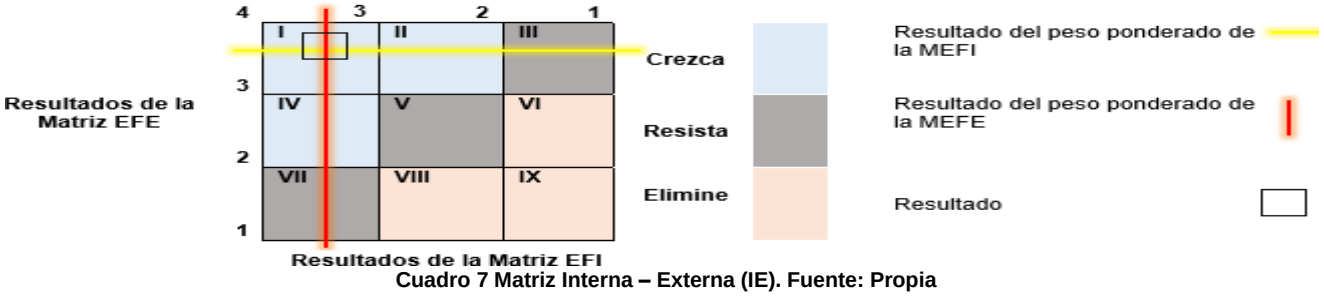
1.- *Ventas Porcentuales* = $\frac{Ventas\ del\ 2°\ año - Ventas\ del\ 1°\ año}{Ventas\ del\ 1°\ año} X\ 100.$, 2.- *Participación relativa del mercado* = $\frac{Producto\ a\ analizar}{Producto\ competidor}$.



Cuadro 6 Matriz del Boston Consulting Group (BCG). Fuente: Propia

Matriz Interna – Externa (IE)

Una vez elaboradas las matrices EFI y EFE, se tomarán los pesos ponderados resultantes de estas matrices. Su construcción consta de 9 cuadrantes, donde el eje horizontal correspondiente al resultado de la matriz EFI, que se enumera del 1 al 4 de derecha a izquierda, este resultado tendrá que ser posicionado en uno de estos cuadrantes, obteniendo así la primera coordenada, mientras que el eje vertical se enumera del 1 al 4 empezando de abajo hacia arriba y corresponde al resultado del peso ponderado de la matriz EFE. Una vez localizadas las dos coordenadas se tendrán que cruzar dibujando las líneas rectas de extremo a extremo, lo cual indicará en que cuadrante se encuentra y cuál es la recomendación estratégica que debe tomar de acuerdo con los parámetros que indica esta matriz, cuadro 7.



Cuadro 7 Matriz Interna – Externa (IE). Fuente: Propia

Matriz de la Gran Estrategia (GE)

Esta matriz es una herramienta de análisis en donde todas las empresas competitivas se posicionan en uno de los cuatro cuadrantes para determinar el análisis e implementar la estrategia necesaria para mantenerse en la posición del cuadrante cuatro y ser una empresa sólida en el mercado; esta matriz se basa en dos dimensiones de evaluación: una es la posición competitiva y la segunda es el crecimiento del mercado. (cuadro 8).

CRECIMIENTO RAPIDO DEL MERCADO

POSICIÓN COMPETITIVA DÉBIL	**II** 1. Desarrollo del mercado 2. Sagacidad en el mercado 3. Desarrollo del producto 4. Integración horizontal 5. Desinversión 6. Liquidación	**I** 1. Desarrollo del mercado 2. Sagacidad en el mercado 3. Desarrollo del producto 4. Integración horizontal 5. Integración hacia delante 6. Integración hacia atrás 7. Diversificación concéntrica
	III 1. Atrincheramiento 2. Diversificación concéntrica 3. Diversificación horizontal 4. Diversificación conglomerada 5. Desinversión 6. Liquidación	**IV** 1. Diversificación concéntrica 2. Diversificación horizontal 3. Diversificación conglomerada 4. Empresa de riesgo compartido

POSICIÓN COMPETITIVA SÓLIDA

CRECIMIENTO LENTO DEL MERCADO

Cuadro 8 Matriz de la Gran Estrategia. Fuente [3]

Es decir, si la empresa se ubica en el *cuadrante I*, entonces se encuentra en una posición estratégica excelente se recomienda no alejarse de esta ventaja competitiva establecida. Sí la empresa se localiza en el *cuadrante II* necesita reevaluar su estrategia de competitividad más eficaz hacia el mercado, debe buscar el motivo por el cual la estrategia actual no funciona, debe crear una solución a la causa del problema. Si se encuentra en el *cuadrante III,* la empresa compite con la industria de lento crecimiento y tiene una posición competitiva débil; debe efectuar algunos cambios drásticos con rapidez para evitar un mayor declive o que colapse esta. Por último, sí se está en el *cuadrante IV*, quiere decir que tienen una posición competitiva sólida, su posición está en zona de industria de crecimiento alto entonces tiene la posibilidad de un crecimiento más prometedor.

Matriz Cuantitativa de la Planeación Estratégica (CPE)

Tiene como objetivo el análisis cuantitativo y comparativo de las estratégicas obtenidas de las matrices anteriores, en base a las matrices EFI y EFE, obteniendo el resultado la estrategia alternativa más atractiva para la empresa. Sera más atractiva la estrategia, sólo sí la suma total de los CA es mayor.

		ESTRATEGIA 1		ESTRATEGIA 2	
FACTORES	PESO	CALIFICACIÓN DEL ATRACTIVO (CA)	TOTAL CA	CALIFICACIÓN DEL ATRACTIVO (CA)	TOTAL CA
Enlistar todos los factores de la matriz EFI (Fortalezas y Debilidades)	Tomar los pesos originales de la Matriz EFI.	Asignar un valor a cada factor (del 1 al 4), donde 1 no es atractiva, 2 algo atractiva, 3 bastante atractiva y 4 muy atractiva.	Es el resultado de multiplicar los pesos por las calificaciones del atractivo de cada factor	Se repite el mismo paso que en la primera columna de Calificación del atractivo	Se repite el mismo paso que en la primera columna de Total CA
Enlistar todos los factores de la matriz EFE (Oportunidades y Amenazas)	Tomar los pesos originales de la Matriz EFE.				
TOTAL			Sumar todos los CA para obtener Total 1		Sumar todos los CA para obtener Total 2

Cuadro 9. Matriz Cuantitativa de la Planeación Estratégica. Fuente: Propia

Resultados y discusión

Los resultados obtenidos del caso de estudio de la "Empresa Textil de Chiconcuac, S.A.", se presenta en la información dentro de cada matriz y en las acotaciones de como figuras que a continuación se plasman, por falta de espacio no se parafrasean más resultados.

FODA	
FORTALEZAS	**DEBILIDADES**
1. El producto se realiza con telas e hilos; insumos oriundos de Chiconcuac. 2. Sus productos son diferenciados para consumidores: por edad, gustos, genero, moda y competitividad de sus adversarios 3. Diseños exclusivos con calidad en sus acabados 4. Tecnología de punta en sus procesos de producción. 5. Excelente atención al cliente 6. Ventas: sólo dentro del país	1. Esta empresa no exporta 2. La marca es poco conocida en el mercado externo. Sólo se le conoce en la región 3. Falta de promoción y publicidad.
OPORTUNIDADES	**AMENZAS**
1. El mercado textil crece internacionalmente. 2. Hay una gran aceptación de los productos. 3. Calidad textil 4. Construcción de nueva infraestructura para mejorar la competitividad. 5. Ferias locales internacionales (Feria del caballo), ventana para dar a conocer producto	1. El producto puede ser imitado con facilidad 2. Competencia con productos de más bajo costo. 3. Empresas de la competencia que si exportan sus productos 4. Desabasto de textiles

Cuadro 10. FODA de la Empresa Textil de Chiconcuac, S.A. Fuente: Propia

Matriz EFI			
FORTALEZAS	**PESO**	**CALIFICACIÓN**	**P. P**
El producto se realiza con telas e hilos oriundos de Chiconcuac.	0.15	4	0.6
Sus productos son diferenciados para consumidores por: edad, gustos, genero, moda, y competitividad de sus adversarios	0.15	3	0.45
Diseños exclusivos con calidad en sus acabados	0.10	3	0.3
Tecnología actualizada en los diferentes procesos de la producción textil.	0.09	3	0.27
Excelente atención al cliente	0.10	4	0.4
Ventas sólo dentro del país	0.09	3	0.27
DEBILIDADES			
Esta empresa no exporta	0.14	1	0.14
La marca es poco conocida en el mercado externo, sólo se le conoce en la región.	0.09	2	0.18
Falta de promoción y publicidad.	0.09	1	0.09
TOTAL	1		2.7

Cuadro 11. Matriz EFI de la Empresa Textil de Chiconcuac, S.A. Fuente: Propia

Matriz EFE			
OPORTUNIDADES	**PESO**	**CALIFICACION**	**P.P**
El mercado textil crece internacionalmente.	0.18	4	0.6
Hay una gran aceptación de los productos.	0.18	3	0.45
Calidad textil	0.11	3	0.3
Construcción de nueva infraestructura para mejorar la competitividad.	0.10	3	0.27
Mercados locales y ferias internacionales, ventana para conocer los productos	0.11	4	0.4
AMENAZAS			
El producto puede ser imitado	0.14	1	0.14
Competencia con productos de más bajo costo.	0.08	2	0.18
Empresas de la competencia que si exportan sus productos	0.10	1	0.09
TOTAL	1		2.7

Cuadro 12. Matriz EFE de la Empresa Textil de Chiconcuac, S.A. Fuente: Propia

P.P TOTAL OPORTUNIDADES	0.68	Resultado favorable, la empresa tiene oportunidades
P.P TOTAL AMENAZAS	0.32	
P.P TOTAL FORTALEZAS	2.29	Resultado favorable, la empresa tiene fortalezas
P.P TOTAL DEBILIDADES	0.41	

Cuadro 13. Resultado de la matriz EFI y EFE de la Empresa Textil de Chiconcuac, S.A. Fuente: Propia

 ISSN 2007-8102

Matriz del Perfil Competitivo (PC)					
		EMPRESA 1 (PROPIA)		EMPRESA 2 (COMPETENCIA)	
FACTORES	PESO	CALIFICACIÒN	P.P	CALIFICACIÒN	P.P
Producto nacional	0.20	4	0.8	3	0.6
Variedad de productos	0.10	3	0.3	4	0.4
Diseños de calidad	0.15	4	0.6	4	0.6
Tecnología actualizada	0.10	3	0.3	4	0.4
Exportaciones	0.15	1	0.15	4	0.6
Reconocimiento de marca	0.20	2	0.4	3	0.6
Publicidad	0.10	2	0.2	3	0.3
TOTAL	1.0		2.75		3.5

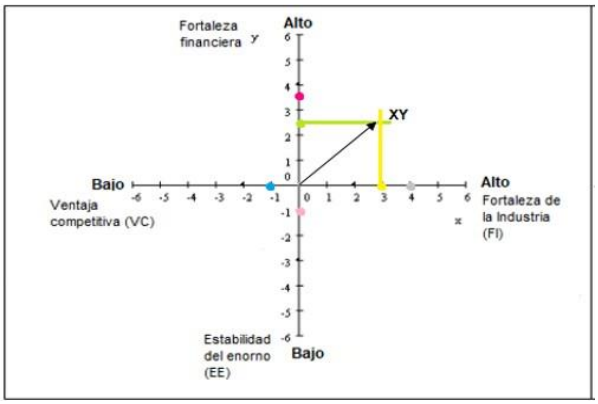
Se recomienda ajustar estrategias en la variedad de productos, tecnología actualizada, exportaciones, reconocimiento de marca y publicidad.

Cuadro 14. Matriz PC de la Empresa Textil de Chiconcuac, S.A. Fuente: Propia

	MAFE	
	FORTALEZAS	**DEBILIDADES**
	1. El producto se encuentra realizado con telas originarias de Chiconcuac. 2. Cuenta con diferentes productos para consumidores de diferentes edades. 3. Cuenta con diseños exclusivos y de buena calidad 4. Tecnología actualizada en los diferentes procesos de la producción textil. 5. Excelente atención al cliente 6. Ventas nacionales	1. Esta empresa no hace exportaciones de ninguno de sus productos 2. La marca es poco conocida en el mercado externo. 3. Falta de promoción.
OPORTUNIDADES 1. El mercado textil crece internacionalmente. 2. Hay una gran aceptación de los productos. 3. Calidad textil 4. Construcción de nueva infraestructura para mejorar la competitividad. 5. Mercados locales y ferias internacionales, ventana para conocer los productos	**ESTRATEGIAS FO** 1. Expandir el catálogo de productos a ofrecer 2. Innovación textil 3. Mantener altos los niveles de atención al cliente	**ESTRATEGIAS DO** 1. Exportar el producto nacional 2. Expandir ventas a los mercados nacionales para el reconocimiento de la marca
AMENZAS 1. El producto puede ser imitado 2. Competencia con productos de más bajo costo. 3. Empresas de la competencia que si exportan sus productos 4. Desabasto de textiles.	**ESTRATEGIAS FA** 1. Crear patentes de diseño textil, de modelos 2. Encuestas de calidad precio a los clientes	**ESTRATEGIAS DA** 1. Promocionar la empresa en redes sociales

Cuadro 15. MAFE de la Empresa Textil de Chiconcuac, S.A. Fuente: Propia

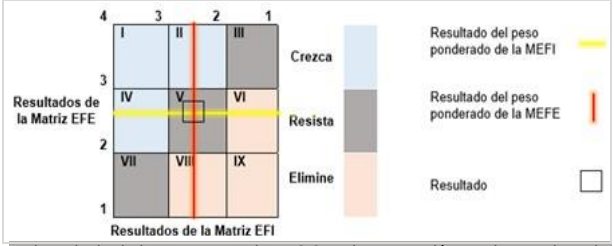
Matriz de la Posición Estratégica y Evaluación de la Acción (PEYEA).	
POSICION ESTRATEGICA INTERNA	
FORTALEZA FINANCIERA (FF)	**VALOR**
El producto se encuentra realizado con telas originarias de Chiconcuac.	4
Ventas nacionales	3
Cuenta con diferentes productos a la venta para distintas edades.	4
PROMEDIO	3.6
VENTAJA COMPETITIVA (VC)	
Tecnología actualizada	-1
Atención al cliente	-1
PROMEDIO	-1
POSICIÓN ESTRATÉGICA EXTERNA	
ESTABILIDAD AMBIENTAL (EA)	
Calidad textil	-1
PROMEDIO	-1
FORTALEZA INDUSTRIAL (FI)	
El mercado textil crece internacionalmente.	6
Hay una gran aceptación de los productos.	4
Construcción de nueva infraestructura para mejorar la competitividad.	3
Mercados locales y ferias internacionales, ventana para conocer los productos	3
PROMEDIO	4
Eje X = VC + FI	3
Eje Y = FF + EA	2.6



La empresa arrojo un perfil agresivo en el aspecto financiero, se dice que ha logrado ventajas competitivas importantes en una industria creciente y estable.

Esquema 2. Matriz PEYEA de la Empresa Textil de Chiconcuac, S.A. Fuente: Propia

Matriz Interna-Externa (IE)	
Resultados de la matriz EFE (P.P TOTAL)	**2.7**
Resultados de la matriz EFI (P.P TOTAL)	**2.7**



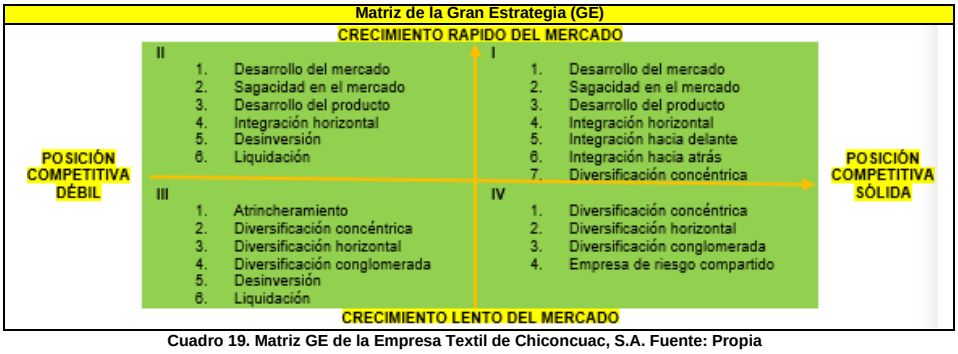
El resultado de la empresa arroja RESISTA, la penetración en el mercado y el desarrollo de productos son dos estrategias que se emplean con frecuencia en este tipo de resultado.

Cuadro 17. Matriz IE de la Empresa Textil de Chiconcuac, S.A. Fuente: Propia



Cuadro 18. Matriz BCG de la Empresa Textil de Chiconcuac, S.A. Fuente: Propia

Una vez teniendo el resultado de la matriz IE se realiza un análisis de los cuatro cuadrantes de la matriz de la gran estrategia.



En este caso arroja el resultado de resista ubicándola en el cuadrante II y se recomienda fijar ventajas competitivas de acuerdo con lo que indica este cuadrante.

Cuadro 19. Matriz GE de la Empresa Textil de Chiconcuac, S.A. Fuente: Propia

Matriz Cuantitativa de la Planeación Estratégica (CPE).					
		Alianza con mercados locales		Alianza con mercados internacionales	
El producto se encuentra realizado con telas originarias de Chiconcuac.	0.15	4	0.6	4	0.6
Cuenta con diferentes productos para consumidores de diferentes edades.	0.15	3	0.45	4	0.6
Cuenta con diseños exclusivos y de buena calidad	0.10	3	0.3	4	0.4
Tecnología actualizada en los diferentes procesos de la producción textil.	0.09	1	0.09	3	0.27
Excelente atención al cliente	0.10	2	0.2	3	0.3
Ventas nacionales	0.09	2	0.18	3	0.27
Esta empresa no hace exportaciones de ninguno de sus productos	0.14	1	0.14	4	0.56
La marca es poco conocida en el mercado externo.	0.09	2	0.18	3	0.27
Falta de promoción.	0.09	2	0.18	2	0.18
El mercado textil crece internacionalmente.	0.18	3	0.54	4	0.72
Hay una gran aceptación de los productos.	0.18	4	0.72	4	0.72
Calidad textil	0.11	4	0.44	4	0.44
Construcción de nueva infraestructura para mejorar la competitividad.	0.10	4	0.4	4	0.4
Mercados locales y ferias internacionales, ventana para conocer los productos	0.11	4	0.44	4	0.44
El producto puede ser imitado	0.14	1	0.14	1	0.14
Competencia con productos de más bajo costo.	0.08	1	0.08	1	0.8
Empresas de la competencia que si exportan sus productos	0.10	1	0.10	1	0.10
TOTAL			5.18		7.21
Se recomienda la búsqueda de mercados fuera de la región con expectativas hacia la exportación					

Cuadro 20. Matriz CPE de la Empresa Textil de Chiconcuac, S.A. Fuente: Propia

Trabajo Futuro

Se trabaja en la implementación de este modelo de administración estratégica en algunas de las más de 250 empresas familiares que se dedican al mercado textil en la región del Oriente del Estado de México municipio de Texcoco y sus barrios aledaños, se busca que los empleadores locales tomen la mejor decisión basado en un modelo sistemático y no tomen decisiones en ocasiones contraproducentes que recaen en egresos o perdidas para la empresa.

Conclusiones

Para finalizar se hace mención que los modelos estratégicos representan fenómenos que se encuentran en la realidad; cuándo se observan los quehaceres, procesos u objetos con posibilidad de estudio. Sin embargo, es necesario mencionar, que las empresas familiares de la localidad no utilizan estos modelos: como el aquí expuesto que los lleve a despuntar como empresas competitivas con procesos bien rodados en función de una competitividad bien organizada o sistematizada para enfrentar el día con día a grandes corporativos que trabajan sistemas de marketing robustos que merma la capacidad de demanda por los clientes hacia los productos de la localidad.

Referencias

[1] J. L. R. Rojas, «uv.mx,» Universidad Veracruzana, s/f. [En línea]. Available: https://www.uv.mx/iiesca/files/2012/12/herramienta2009-2.pdf. [Último acceso: 20 marzo 2020].

[2] H. Ponce Talancón, «La matriz foda: alternativa de diagnóstico y determinación de estrategias de intervención en diversas organizaciones,» *Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal,* vol. 12, nº 1, p. 19, 2007.

[3] F. R. David, Conceptos de administración estratégica, México: Pearson Educación, 2003.

[4] T. B. C. Ramiro, «Repositorio Digital UTMACH,» S/F 2016. [En línea]. Available: http://repositorio.utmachala.edu.ec/handle/48000/7965. [Último acceso: 7 abril 2020].

[5] S. G. Pilar, «La Matriz BCG (Boston Consulting,» *Metas de Enfermería,* nº 10.4321/S1132-12962005000200011, p. 10, 2005.

[6] M. Dalia, «Repositorio Institucional Universidad de Cuenca,» s/f 2012. [En línea]. Available: http://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/1104. [Último acceso: 2 abril 2020].

[7] D. Otero y F. L. Gache, «Evoluciones dinámicas en el diagrama FODA,» *Revista Científica "Visión de Futuro",* vol. 6, nº 2, 2006.

 ISSN 2007-8102

Modelo algebraico como estrategia administrativa para optimizar insumos en MiPyMES

E. A. Domínguez Pérez[1], G. Pérez González[2]*
[1] Universidad Autónoma del Estado de México. Centro Universitario Texcoco*
Licenciatura en Informática Administrativa.
. Av. Jardín, Fraccionamiento El Tejocote, Texcoco, C.P. 56259
[2]Tecnológico de Estudios Superiores de Chimalhuacán.
Subdirección de Posgrado y División de Ingeniería Química
C. Primavera S/N, Col. Santa María Nativitas, Chimalhuacán, Estado de México. C.P. 56330
[2]Instituto de Estudios Universitarios, IEU, División de Posgrado
4 poniente No. 1919, Col San Matías CP.72140. Puebla Pue.
[*]aripk.yt@gmail.com

***Área de participación**: Ingeniería Administrativa*

Resumen
Los modelos econométricos lineales implementados en la producción al transformar los insumos a bienes; tuvo auge en los años cincuenta del siglo XX hasta nuestros días, conformando nuevas áreas de conocimiento tal como: administración gerencial, planeación estratégica, diagnóstico situacional, control de la producción, maximización productiva, minimización de insumos, etc., para mejorar los sistemas productivos. El objetivo de este trabajo es implementar un modelo matemático de programación lineal por método gráfico que permita la asignación óptima de recursos escasos; maximizando algunos procedimientos de producción, minimizando costos del proceso al transformar los insumos a bienes en competencia productiva. A razón de lo encontrado en las estadías del Modelo Dual, se asume que algunas pequeñas empresas locales al Oriente del Estado de México carecen de un modelo que sistematice: la optimización de recursos disminuya costos e incremente ingresos. Finalmente se presenta un caso simple que muestra las ventajas del uso de este método.

***Palabras clave:** formulación, algebraica, optimización, insumos*

Abstract
The linear econometric models implemented in production by transforming inputs into goods had a boom in the fifties of the twentieth century, and until today, has shaped new areas of knowledge, such as management administration, strategic planning, situational analysis, production control, production maximization, cost-minimization, among others, to improve productive systems. The aim of this study is to implement a mathematical model of linear programming with a graphic method that allows the optimal allocation of scarce resources maximizing some production procedures and minimizing process costs by transforming inputs into goods in productive competition. Based on the findings of the Dual Model, it is assumed that some small local companies in the East of the State of Mexico, Mexico, lack a model that systematizes the optimization of resources to reduce costs and increase revenues. A simple case shows the advantages of this method.

***Keywords:** formulation, algebraic, optimization, inputs*

Introducción
En años recientes la aplicación de modelos de investigación de operaciones se ha encargado de optimizar los recursos, a través de métodos analíticos, que permitan una mejor toma de decisiones en la directriz de la planificación estratégica de las organizaciones para los procesos de producción. Sin embargo, para desarrollar estos modelos de aplicación sistemática empresarial se requiere de un diagnóstico, que arroje la necesidad de analizar el uso de métodos, técnicas e instrumentación sencilla del modelo matemático para optimizar recursos adicionando el uso adecuado de la

tecnología informática. que conlleve a una mejor administración de los problemas reales en el acto mismo de la producción de bienes o servicios cuándo los recursos siempre son escasos [1].

Se antecede que un modelo estratégico organizacional es una herramienta analítica; que sirve para conocer el comportamiento de los elementos de un sistema, con el fin de optimizar su desempeño de acción en la mejor forma posible para lograr una visión esquemáticamente estructurada de la realidad hacia un buen fin. Por ello, hay que hacer mención que los grandes corporativos nacionales e internacionales que compiten en producción y distribución de sus productos en el mercado mexicano; a nivel nacional e internacional echan mano de este tipo de modelos que les permite optimizar sus recursos escasos, tal es el caso de LG, General Electric en los años 60 del siglo pasado. La empresa de alimentos procesados "La moderna, Bimbo, entre otras.
Sin embargo, con los adelantos tecnológicos en Informática; hoy estos modelos están al alcance del cualquier tipo de empleador o productor en menor o a mayor escala. Sólo por mencionar que este modelo no es limitativo, ni sólo utilizable para las grandes corporaciones; se muestra que es posible implementar esta estrategia en las MiPyME del Oriente del Estado de México dónde maximizan su producción, minimizando sus recursos escasos e incrementando ingresos [1].

Es necesario hacer remembranza de los principales expositores de estas teorías, que se han aplicado en los sistemas organizacionales, tal como: Janos Von Newman, que en 1928 publica su "Teoría de Juegos", la cual complementa hasta 1947, con la equivalencia de los problemas de programación lineal; dando origen a la teoría de matrices; terminando su modelo al aplicarlo a las organizaciones industriales [2].

En 1946 el matemático de W. Leontief, añade a estas teorías su "Modelo de insumo producto", creando con ello nuevas alternativas cuantitativas para la optimización de recursos en los sistemas organizacionales de producción y por último G.B. Dantzig en 1947, se encargó de desarrollar el modelo de "Programación lineal aplicada a la producción de los sistemas empresariales" denominado hoy día como "Investigación de operaciones para las ciencias económico-administrativas" [3].

Aquí se propone: que sólo con el uso de una PC las PyME de la ZOEM, logren implementar estos modelos; optimizando sus procesos de producción cuando sus insumos son escasos. Sólo se requiere del conocimiento de la Tecnología Informática (su acrónimo TI), y los datos numéricos de investigación de operaciones que consta de una serie de pasos que hay que realizar en una hoja de cálculo electrónica usando la función de *f(x)*, en la paquetería de Office Excel, logrando con ello obtener soluciones óptimas por el uso de estos modelos sistematizados. La finalidad es ahorrar costos de producción; repercutiendo éstos al incremento de ingresos y decremento de egresos en insumos al realizar en tiempo y forma el proceso de producción.

Con este modelado se puede obtener resultados significativamente mejores en comparación con las decisiones convencionales que hasta el día de hoy los empleadores de la Zona del Oriente del Estado de México (ZOEM), toman de forma simple, intuitiva o por la experiencia de los años que dicen tener en el negocio. Se considera que hoy día los empresarios de la ZOEM deben estar en la búsqueda constante para renovar su conocer en las mejores formas que les permita optimizar sus procesos de producción y mantenerse en el mercado competitivo: local, regional, estatal, hasta despuntar hacia un mercado nacional e internacional.

Es un error demostrado pasar por alto la situación del mercado globalizado al que se tienen que enfrentar las PyMES de la ZOEM, esta competencia indiscriminada para las pequeñas empresas en la localidad; ha costado la salida del mercado de una gran cantidad de empresas familiares, mermando con ello la demanda de trabajo e incrementando la tasa de desempleo en la localidad.
Estas pequeñas empresas se enfrentan a grandes corporativos internacionales que realizan estrategia de mercado robustas para ganar adeptos (clientes) posicionándose en el mercado dejando marcas reconocidas en la mente del cliente y de esta forma el consumidor abandona las opciones mercantiles de su localidad [4].

Por esta razón, se propone que sí se sistematiza una organización con modelos simples, sin costos robustos, la demanda de empleo puede mantenerse en o al menos en las empresas competitivas de la localidad. El desarrollo de este objetivo se fundamentó con modelos matemáticos flexibles y sencillos para el usuario; que caracteriza a la teoría de conjuntos, teoría de matrices, vectores de algebra lineal; que identifican las variables de control y restricciones mínimas de un sistema operacional en su desempeño u optimización de ingresos, minimizando egresos con la eliminación de mermas de insumos en tiempo y forma, permitiendo el ahorro en costos.

Otro de los objetivos de este trabajo es presentar un modelo práctico, sencillo y flexible para los usuarios empíricos en los procesos de producción de la ZOEM, es decir, empleadores no calificados en las áreas de matemáticas, pero que poseen una empresa, sólo se requiere que el usuario conozca la paquetería Excel y mínimo conocimiento sobre captura de datos en la hoja electrónica de Excel, el uso del algoritmo de la función, $f(x)$. Se encargará de arrojar el resultado buscado.

Ahora bien, este trabajo está estructurado de la siguiente manera. La primera sección proporciona una síntesis de los conceptos básicos de la metodología de investigación de operaciones para el control de producción en la transformación de insumos; planeación y control de la producción con la matriz tecnológica, por último, se plantea la problemática con el modelado matemático de la secuenciación de tareas y la compartición de recursos en sus dependencias lógicas que lo antecede el estudio de mercado de costos.

Finalmente se presenta un caso de estudio con un ejemplo simple de actividad productiva para optimizar tiempos y de esta forma ahorrar costos en el proceso de producción de terminado de dos lotes de bienes; de insumos reciclados 1. aluminio y polietileno, 2. microesfera de celulosa, derivados de la degradación del cartón multicapa.

Secuenciación de tareas previa a la aplicación del modelo propuesto (teoría de costos)
La secuenciación de actividades se explicará con las funciones algebraicas y que por falta de espacio no se expresaran gráficamente. Ahora bien, para poder implementar el modelo de Investigación de Operaciones propuesto se requiere de datos previos: como los costos de producción que son elementales en el proceso de trasformación de insumos a bienes [4]. Como se muestra en la tabla número 1 de la formulación algebraica de costos de producción que antecede al modelo de Investigación de Operaciones, su acrónimo (IO).

Tabla Número 1. Fuente propia. Formulación algebraica del modelo de costos de mercado producción. [4]

(Q_0) Cantidad de bienes ofertados	(PT) Producto Total de bienes	(CT) Costo Total	(CF) Costo de insumos Fijos	(CV) Costo Variable insumos	(CTMe) Costo total medio	(CMg) Costo Marginal	(IT) Ingreso Total	(IMg) Ingreso Marginal	(P) Precio del bien
Bienes para el consumo	*PT=f(ct)*	CT=CF+CV	Desgaste de Tecnología, Pasivos	insumos que se pueden cambiar	CTMe = CT/ Q_0	CMg = $d_iCT/d_iCT = 1$	IT= P●Q_0	IMg = $d_iIT/d_iIT = 1$	*P = CT + G*
Q = Bienes y servicios de mercado	PT = a una función del CT	El costo total es la suma de todos los costos de producción	Durante la transforma ción de los insumos a bienes o servicios	Materia prima, incremento o decremento de producción	Es el costo mínimo de producción por unidad de bien o servicio	El incremento en una unidad al incrementarse el CT en una unidad los costos	Son los ingresos de la empresa por ventas	Es el incremento en una unidad monetaria, al incrementar las ventas en 1	Es el precio del bien igual a CT + la ganancia

Conceptos generales del modelo de programación lineal
El modelo de Programación Lineal (PL) utiliza la Investigación de Operaciones IO, porqué éste permite una aproximación de la realidad en 4 puntos. 1) define el objetivo básico del problema mencionando la optimización que se desea alcanzar. 2) desarrolla la función objetivo de forma específica por medio de un modelo matemático, definiendo las variables de decisión involucradas;

 ISSN 2007-8102

generalmente se cuenta con valores positivos. 3) las variables están sujetas a restricciones representadas por inecuaciones, es decir, están dadas por cantidades, tamaños, volumen, área etc. 4) se exige la optimización de una función sujeta a varias restricciones de desigualdad. Si las restricciones son muchas; entonces éstas se limitan a dos variables que es la forma más sencilla para utilizar el método gráfico ya sea para maximizar o minimizar la producción.

La matriz técnica de producción es estandarizada, se utiliza según corresponda el giro de producción de la empresa en estudio, esto es:

- Qué hay una variación en el proceso de producción y transformación de los bienes a generar, es decir, se conocen las particularidades de costos de insumos según el proceso a ejecutar.
- Se describe el conjunto de vectores de producción para n, productos que utilizan m, insumos en compartición de algunos recursos: Entonces n = productos que define a la matriz técnica de producción que consta de una serie de insumos unitarios que se utilizan para la producción de una unidad llamada bien.
- El coeficiente técnico a_{ij} se denota como el valor o la cantidad de insumo i, que se requiere para producir una unidad de producto j, a un valor o precio de demanda x, entonces se tiene que para toda $i = 1, 2, \ldots, n$, , $j = 1,2\ldots, m$, existe que $Q_0(n)/(m)$ [5].

Metodología del Insumo Producto

En una empresa o ente económico moderno que se dedica a producir artículos se requiere de una serie de insumos, tal como: productos intermedios (materia prima) o productos finales (luz, agua, tecnología, etc.) para el proceso de producción, Por tanto la demanda total de x de un producto será la suma de toda la demanda intermedia del producto, más la demanda final del bien b_i, para crear el producto que se le debe entregar a los consumidores que es igual a la Demanda Total (DT) [6].

$$DT = x_i = a_{i1}x_1 + a_{i2}x_2 + \cdots .. + a_{in}x_n + b_i$$

Así mismo, se define la matriz de coeficiente técnico o de producción total en dimensiones (intermedia y final) $m \cdot n$, que está dada por la orden de producción, entonces se procede a desarrollar la actividad de transformar los insumos en bienes; denominados x_1 unidades de producto 1,…., x_n , x_2 unidades de producto 2,…, x_n, es decir, que las cantidades establecidas constituyen un programa de producción que en forma vectorial o matriz tecnológica, la cual está dada por: la matriz de producción se denomina con la letra Q_o=A; y se denota como la cantidad de productos a elaborar y que se ofertaran [6].

Dónde: $AX + B = X$ $\quad X = \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ \vdots \\ x_n \end{bmatrix}$ $\quad Q_o = A = \begin{bmatrix} a_1 & a_{12} & \ldots. & a_{1n} \\ a_{12} & a_{22} & \ldots., & a_{2n} \\ \ldots\ldots & \ldots\ldots\ldots & \ldots\ldots & \ldots.. \\ a_{qn1} & a_{n2} & \ldots\ldots, & a_{qnn} \end{bmatrix}$ $\quad B = \begin{bmatrix} b_1 \\ b_2 \\ \vdots \\ b_n \end{bmatrix}$

Metodología del uso de la PC con la matriz tecnológica

El objetivo del uso de la programación lineal es implementar al proceso de producción que determina la asignación óptima de recursos escasos (insumos) para la transformación a productos B, por las actividades: Tareas (Tij) a realizar en competencia con el ejecutor o Responsable (Ri) del modelado.

Considere a $Ri\ldots, Rn$, como el responsable o los responsables del proceso, es decir, que, Hombre (H) es igual; horas/ trabajo o tarea que está en función de la actividad (trabajo) del responsable función; $H = F(Ri) = \{Ti_1, \ldots, TiKi\}$ como el conjunto de las Ki, tareas que realiza Ri [7].

Sumando la compartición de insumos (A) del conjunto de los recursos $\{A_1, +, \ldots, + Ap\}$ o recursos insumos, denotado por; $A = \{A_1, +\ldots, + Ap\}$ o insumos del sistema; entonces el Sistema (S), está

en función de la cantidad disponible del recurso o insumo $S= \mathcal{F}(\mathcal{A}i)$, dónde $\mathcal{A}_1$ es insumo que se transforma en bien o producto denominado $\mathcal{A}p$ [7].

Finalmente se define la Unidad a elaborar $\mathcal{U}=(\mathcal{T}ij) \subseteq \mathcal{A}$, como el conjunto de insumos que se utiliza en la tarea $\mathcal{T}ij$. Con el algoritmo de $\mathcal{F}(x)$ en la función de la hoja electrónica de Excel, al capturar los datos se sintetiza la maximización del proceso [8].

A menudo, las situaciones productivas económico-administrativas, exigen la optimización de una función sujeta a varias restricciones de desigualdad; por muchas que sean, se recomienda el uso de la Investigación de Operaciones, ya que ésta se limita a dos variables, entonces el problema pierde complejidad y la resolución se vuelve más sencilla, aplicando el método grafico para maximización y/o minimización en la producción. Con la exposición de un caso simple se demostrará la ventaja del uso de este modelo matemático para la optimización de recursos en la producción.

Presentación de un caso simple de estudio

El caso de estudio estriba en el proceso de reciclado de residuos sólidos urbanos específicamente de cartón multicapa de la empresa denominada “Desperdicio Industrial y sus derivados, S.A.” Empresa que recolecta, almacena, recicla y degrada el cartón multicapa o contenedor de alimentos industrializados para anaquel; con la finalidad de rescatar los elementos manufacturados en su fabricación de cartón multicapa, ahora bien, estos elementos son: aluminio, polietileno y celulosa, entre otros productos que no son considerados para éste estudio.

La producción se desarrolla por lotes en peso de 50 kilogramos. Es necesario hacer mención que el empleador siempre produce dos tipos de reciclado similares o semejantes para ahorrar tiempo en cada uno de los rescatables; que él empleador le denomina: “dúo de productos”, por ejemplo, nunca produce vidrio y papel, sólo productos semejantes para su transformación p. ej., cartón y polietileno; sólo produce o separa cartón multicapa y cartón ahulado; lata de aluminio con desperdicio industrial de viruta metálica y/o metales de cobre con fierro, etc. Para ejemplificar en este trabajo se propone la producción de dos bienes: 1. polietileno con aluminio y 2. celulosa. El empleador, calcula el tiempo en las actividades de una forma incorrecta “Al tanteo o por la experiencia”, sin estandarizar las directrices en los tiempos; ocasionando problemas tal como:

- Los trabajadores dictan el tiempo de la actividad y no el empleador. Cuando los trabajadores necesitan dinero trabajan muy rápido, pero en ocasiones simplemente lo hacen duplicando el tiempo en cada actividad o tarea que desarrollan.

- El tiempo laboral lo pierden en: jugar, desayunar, comer o simplemente en tiempos muertos hasta de cinco horas al día.

- Los trabajadores incurren en consumir horas/trabajo, sin realizar las tareas; retrasando la producción ocasionando el incumplimiento de pedido del cliente; incrementando costos, generando egresos que se traduce en pérdidas para la empresa.

Por ello, se le recomienda al empleador que a través de la hoja de cálculo (Excel), obtenga los tiempos de trabajo para ensamblar el “dúo de productos” que él designe según los pedidos de sus clientes, este modelo simple de trabajo estandarizará el proceso de recolecta, almacenaje y reciclado, optimizando el tiempo de las actividades (o tareas) maximizando la producción; obteniendo beneficios para la empresa.

Optimización de tareas, producción de reciclado, rescate del polietileno, aluminio y celulosa.
Las tareas a desarrollar son las siguiente: El empleador de “Desperdicio industrial y sus derivados, S.A”, realiza reciclado de cartón multicapa que se denotarán con dos derivados; el primero es el polietileno con aluminio (x_1) y el rescate de la celulosa se denotarán con (x_2) Cada lote de aluminio y polietileno requiere de 2.5 horas de trabajo para su montaje en la maquina recicladora (pulper) (A),

 ISSN 2007-8102

3 horas de trabajo para el enjuague y secado (B), 1 hora para embalaje (C). Para cada paquete de celulosa se necesita 1 hora para el montaje en la maquina recicladora pulper, 3 horas para el enjuague y secado y 2 horas para el embalaje, Se propone que la empresa no debe utilizar más de 20 horas para separar los elementos del cartón multicapa, 30 para el enjuague y secado, y 16 para el embalaje; esto es cada semana. Su margen de beneficios es de $3.00 por 1¼ por lote de celulosa y $ 4.00 por un ¼ por lote de polietileno y aluminio. Se muestra en la matriz de producción representada en la tabla No. 2.

Tabla No. 2. Fuente propia. Matriz de tareas: proceso de producción; reciclado de cartón multicapa, conjunto de insumos, e ingresos de la empresa "Desperdicio industrial y sus derivados, S.A"

Matriz original simple	Variables	Reciclado A	Enjuague y secado B	Embalaje C	Beneficio
Polietileno y aluminio	X_1	2.5	3	1	$3.00
Celulosa	X_2	1	3	2	$4 .00
		20 horas/trabajo	30 horas/trabajo	16 horas/trabajo	

A continuación, se utiliza el método gráfico para determinar la mezcla de producción que maximizará los beneficios de reciclado del cartón multicapa de la empresa **"Desperdicio industrial y sus derivados, S.A".**

1. Se expresan los datos como ecuaciones o desigualdades. La función que se tiene que optimizar, es la función objetiva, se hace de la siguiente.

$$Z = 3X_1 + 4X_2$$

Sujeta a las restricciones:

Restricción de A: $2.5X_1 + X_2 \leq 20$

Restricción de B: $3X_1 + 3X_2 \leq 30$

Restricción de C: $X_1 + 2X_2 \leq 16$

Restricción de no negatividad $X_1 , \quad X_2 \geq 0$

2. Las tres primeras desigualdades son restricciones técnicas determinadas por el estado de la tecnología y la disponibilidad de insumos; la cuarta desigualdad es una restricción de falta de negatividad, impuesta en el problema para que no haya valores negativos (por tanto, inaceptables) en la solución [6].
3. Son ecuaciones las tres restricciones de desigualdad, se resuelven para X_2 en función de X_1, y se traza la gráfica así. Dónde: $X_1, X_2 \geq 0$. p, ej. $2.5(0) + X_2 = 20$; Restricción1, $A.$, y así sucesivamente con cada operación.

Tabla No. 2. Fuente propia. Operaciones algebraicas y la solución de restricciones de la función objetiva Z.

Restricción	Inecuación de desigualdad	Inecuación de desigualdad	Restricción $(X_1 , X_2,)$	Función objetiva Soluciones básicas $Z = 3X_1 + 4X_2$
Sobre el insumo A	$X_2 = 20 - 2.5\ X_1$	$X_1 = 8; 20/2.5$	(0, 20) (8, 0)	A) 3(0) + 4(0) = 0
Sobre el insumo B	$X_2 = 10 - X_1$	$X_1 = 10; 30/3$	(0,10) (10, 0)	B) 3(0) + 4(8) = 32
Sobre el insumo C	$X_2 = 8 - 0.5\ X_1$	$X_1 = 16; 16$	(0, 8) (16, 0)	**C) 3(4) + 4(6) = 36**
	$X_1 = 0$	$X_2 = 0$		D) 3(6.5) + 4(3.5) = 33.5 E) 3(8) + 4(0) = 24

 ISSN 2007-8102

El resultado para la toma de decisiones del proceso de producción en la optimización o maximización de las horas de trabajo en el reciclado; se observan en la tabla No. 2; representada gráficamente con los puntos de isobeneficios y/o restricciones de los insumos de las figuras 1(a) y 1(b).

Sin embargo, en la gráfica de la figura 1(a) y 1(b). La desigualdad original de "menor que o igual a" incluirá todos los puntos sobre la línea a la izquierda de ella. Las restricciones de falta de negatividad, $x_1, x_2 \geq 0$ se representa mediante el eje vertical y el eje horizontal respectivamente. La zona sombreada se denomina región factible; contiene todos los puntos que satisfacen las tres restricciones más las de no negatividad x_1 y x_2 se denominan variables de decisión o variables estructurales.

4. Para encontrar la solución óptima dentro de la región factible, sí existe, se traza una gráfica de la función objetiva como una serie de líneas denominadas isobeneficios.

A partir de la ecuación Z =$3x_1 + 4x_2$, se tiene $x_2 = {}^{Z}/_{4} - {}^{3}/_{4}x_1$. De esta forma la línea de isobeneficios tienen una pendiente de - ${}^{3}/_{4}$ al dibujar una serie de líneas de isobeneficios, dejando margen para beneficios cada vez mayores, se visualiza que la línea de isobeneficios que representa los beneficios mayores posibles; toca la región factible en E; Dónde: $\overline{X_1} = 4$ y $\overline{X_2} = 6$, ver la gráfica 1 (b), al sustituir en la ecuación Z= 3(4) + 4(6) =36.

5. Los beneficios se maximizan en la intersección de dos restricciones denominada punto extremo.

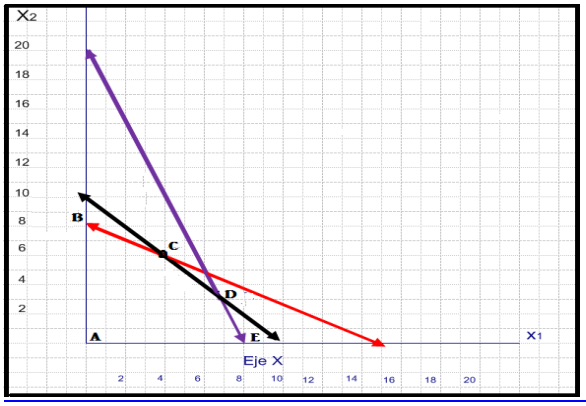


Figura No. 1 (a) muestran la intersección de los isocostos en cada eje

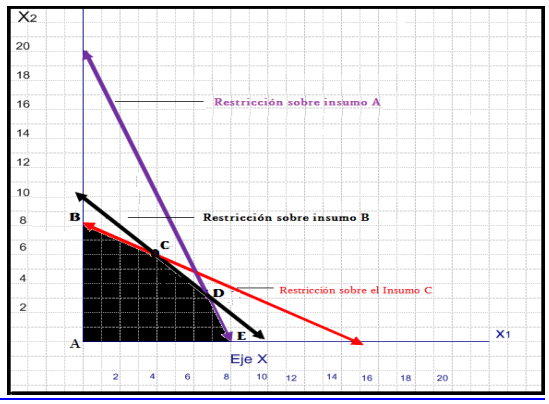


Figura No.1 (b), muestra la solución básica factible sombreada.

El análisis del punto extremo indica que; sí existe un valor factible óptimo de la función objetiva,se encuentra en uno de los puntos extremos del límite que es el punto (C), como es maximización de tiempos de trabajo y/o tareas; por tanto, se elige el número mas positivo.

Observese que hay diez puntos extremos : (0,20), (0,10), (6,5), (10,0), (16,0), (0,8), (4,6),(7,3), (8,0) y (0,0) como se muestra en la figura 1(a), el último de los cuáles es la intersección de las restricciones de falta de negatividad que es el más positivo. (4,6).

Todos los puntos reciben el nombre de soluciones básicas, pero sólo las cinco últimas son soluciones básicas factibles puesto que no violan ninguna de las restricciones . Por lo común, sólo será óptima una de las soluciones básicas factibles. Por ejemplo, en Z = 3(7) + 4(3) = 31, no lo es. Sin embargo, si lo es en: Z = 3(4) + 4(6) = 36. porque el 36 es el resultado más positivo. Porque es el que máximiza los beneficios de la empresa por tarea.

Trabajo futuro

Se trabaja en la extensión e implementación de este modelo algebraico para las empresas familiares semi rurales de la Zona Oriente del Estado de México, también conocido como: sistema organizacional semiurbano, en función de un sistema óptimo de producción rentable que genere resultados cuantitativos con un menor egreso provocando mayores ingresos; sumando un valor agregado por la ejecución de este modelo algebraico, al controlar el proceso mejora la calidad y eficiencia en la producción al transformar insumos a bienes de forma óptima al usar los insumos de forma correcta con el uso de la tecnología informática (TI) para la toma de decisiones [8].

Conclusiones

Por consiguiente, se menciona que los modelos matemáticos representan fenómenos reales mediante símbolos, cifras o algoritmos. Estos se encuentran en la realidad cuándo se observan los fenómenos u objetos, procesos y/o actividades de los individuos. Sin embargo, hay que hacer referencia sobre los modelos algebraicos que involucran: cualidades y cantidades en mediciones necesarias para el objeto de estudio, como se puede ver en la representación gráfica de este trabajo, dónde se mide cualidades y cantidades. Es necesario decir, que, en el escrutinio literal, aún no se ha encontrado el uso de estas técnicas dentro de las empresas familiares de la localidad.

Finalmente, es deber reconocer que los empleadores deben implementar nuevos modelos que innove sus procesos; sin necesidad de una robusta infraestructura o costos elevados. Este trabajo muestra que sólo se requiere que las Instituciones de Educación Superior IES lleven a cabo su tercer precepto y transfieran el conocimiento a estos empleadores para que ellos den el gran salto del proceso de producción artesanal al proceso de producción sistematizado, para mejorar su nivel de producción, a través de la forma más sencilla y amigable que permite el uso de la tecnología informática.

Referencias

[1] R. J. Hoperman, Administración de producción y operaciones, 27 ed., V. University, Ed., México: Grupo Editorial Patria, 2010.

[2] C. P. Roberto, Investigación de operaciones en administración, 2 ed., Mar de Plata: Universidad Nacional de Mar de Plata, 2014, p. 512.

[3] A. d. J. Á. Villeda, Aplicación de la Investigación de Operaciones, *Boletín Científico de las ciencias Económico administrativas del ICEA,* vol. 6, nº 11, 2017.

[4] D. Salvatore, Teoría de costos en: Microeconomía, 25 ed., México: Mc Graw Hill, 2014, p. 25.

[5] A. T. Handy, Investigación de operaciones, 7 ed., México, México: Alfaomega, 215.

[6] E. t. Duwling, Matemáticas para administradores, 4 ed., F. d. C. y. Administración, Ed., México: UNAM, 1990, p. 459.

[7] G. F. S., Conceps and Methods in Discrete, Event Digital Simulatión, New York: Jhon Wiley & Sons Inc, 1973.

[8] G. F. P. Siquieros, «Introducción a la teoría de colas y simulación,» Hermosillo Sonora, 2013.

Diagnóstico de necesidades de capacitación en MiPyMEs del municipio de Zongolica, Veracruz.

*U.A. Morales-Carrera *, J.A. Bonilla-Gutiérrez, L.A. Cosme-Reyes*, S. López-Loyo*, R. Limón-Rivera.*

[1] Instituto Tecnológico Superior de Zongolica, Km 4 Carretera a la Compañía S/N, Tepetitlanapa, 95005 Zongolica, Ver.
*Uriel_ige@zongolica.tecnm.mx

Área de participación: *Ingeniería Administrativa*

Resumen

El motor de la economía en México son las micro, pequeñas y medianas empresas (MiPyMEs), ya que representan el 99% de las empresas en México. Durante el primer año de operación, 58 de cada 100 empresas cierran, por lo que el conocimiento de sus necesidades de capacitación, puede ayudar a generar propuestas que ayuden a mitigar la cantidad de empresas que fracasan. En la investigación, se aplicó un cuestionario a 273 empresas en el municipio de Zongolica, Veracruz, con el objetivo de identificar las necesidades de capacitación existentes en las áreas de Administración, Manufactura, Finanzas, Tics, Habilidades Directivas, Mercadotecnia y Trámites legales. En los resultados hay coherencia con los datos nacionales y con las razones por las cuales las empresas cierran.

Palabras clave*: MiPyMEs, necesidades de capacitación, diagnóstico.*

Abstract

The engine of the economy in Mexico is Micro, Small and Medium Enterprises (MiPyMEs) since they represent 99% of companies in Mexico. In the first year, 58 out of every 100 companies close, so knowing what training needs you have can help to generate proposals that help mitigate the number of companies that close. In the investigation, a questionnaire was applied to 273 companies in the municipality of Zongolica, Veracruz, to identify, according to management disciplines, what training needs exist in the region. In the results there is consistency with national data and with the reasons why companies close.

Key words*: MSMEs, training needs, diagnosis.*

Introducción

El Instituto Nacional de Geografía y Estadística (INEGI) presentó los resultados de la Encuesta Nacional sobre Productividad y Competitividad de las Micro, Pequeñas y Medianas Empresas (ENAPROCE) para el 2018. Los resultados mostraron que en México, hasta el 2018, había la cantidad de 4,057,719 Microempresas, representando el 97.3% de participación en el mercado, generando el 41.8% del empleo total; las pequeñas empresas suman la cantidad de 174,800 y representan 15.3% de empleabilidad; por su parte, las medianas empresas llegan a 34,960 y generan 15.9% del empleo nacional [1].

En México, la esperanza de vida de las empresas es documentada por medio del censo económico realizado por el INEGI; en el informe por entidad federativa, se indica que Veracruz es el tercer estado con el más bajo índice de esperanza de sobrevivencia empresarial a nivel nacional. En el primer año de operaciones, 58 de cada 100 negocios sobreviven, en 5 años sólo 28 siguen abiertos y en un periodo de 20 años, sólo 10 permanecen con actividades [2]. En la figura 1 se observa el mapa nacional segmentado en 4 grupos, Veracruz se encuentra en el grupo 1 con una esperanza de vida empresarial de 5.3 a 6.3 años, muy por debajo de la media nacional con 7.8 años.

 ISSN 2007-8102

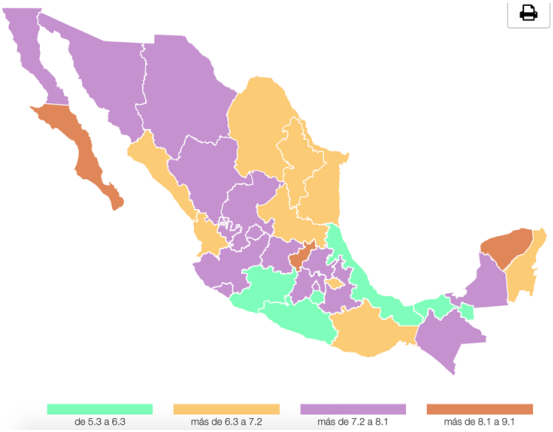


Figura 1 Esperanza de Vida de los negocios en México (INEGI, 2016)

De acuerdo con la ENAPROCE de las MiPyMEs, algunos problemas identificados en las empresas son: 1) la mayoría de las empresas no tienen un sistema de evaluación del desempeño, 2) las empresas rechazan la capacitación debido al costo y por creer que las personas que contratan tiene las capacidades adecuadas, 3) exceso de trámites e impuestos, 4) competencia de empresas informales [3].
El Instituto Tecnológico Superior de Zongolica realizó un censo a empresas como parte de un plan educativo de vinculación e intervención con el sector empresarial con el objetivo de identificar necesidades, de capacitación y desarrollo tecnológico en las MiPyMEs del municipio de Zongolica [4].

Metodología

El estudio fue exploratorio, descriptivo y transversal [5], se aplicó en la cabecera municipal de Zongolica Veracruz, con una población total de 470 empresas registradas en el Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas [6]. Se calculó una muestra probabilística por proporción [7]:

$$n = \frac{P(1-P)\cdot Z^2_{\alpha/2}\cdot N}{P(1-P)\cdot Z^2_{\alpha/2} + e^2\cdot(N-1)}$$

$$= \frac{0.5\,(1-0.5)\cdot 1.96^2\cdot 470}{0.5\,(1-0.5)\cdot 1.96^2 + 0.04\cdot(469)} = 273$$

n= Tamaño de la muestra
N= Población total (470)
P= Proporción (50%)
e= Error máximo admisible (0.04)
z= Valor Z para $\alpha/2 = 0.05$(1.96)

En la recolección de información se realizaron preguntas con referencia a las necesidades que presentan las empresas en diferentes disciplinas de conocimiento, se aplicaron 34 ítems distribuidos en las categorías que se presentan en el cuadro 1.

Cuadro 1 Identificación de áreas de oportunidad en las empresas.

Necesidades de la empresa por disciplina	No.
Administración	14
Manufactura	5
Finanzas	3

Tics	5
Habilidades Directivas	3
Mercadotecnia	4

Las disciplinas que se presentaron para identificar las necesidades de capacitación se tomaron del plan de estudios de administración de la Universidad Autónoma de México [8] y del plan de estudios de la ingeniería en gestión empresarial del Instituto Tecnológico Superior de Zongolica [9].

Resultados y discusión

Como resultados del tamaño de empresa por número de empleados se identificó que el 97% de las empresas son micro (cuadro 2), lo cual coincide con la proporción en el tamaño de empresas a nivel nacional reportado por el INEGI [1].

Cuadro 2 Número de empleados y tamaño de la empresa.

Número de empleados	Número	Tamaño	Porcentaje
Sólo un empleado	130	Micro	97%
Menos de 10 pero más de un empleado	136		
Entre 11 y 50	5	Pequeña	2%
Entre 50 y 250	2	Mediana	1%
Total	273	**Total**	100%

De acuerdo con los resultados, el 42% de las empresas no declaran impuestos, el 67% de las empresas aseguró no dar capacitación de ningún tipo a sus empleados. En el cuadro 3, se observan los resultados obtenidos en la aplicación del instrumento a las empresas de la ciudad de Zongolica; los resultados se presentan separados por disciplina y por actividad y muestran la proporción en que las empresas aplican los criterios que caracterizan a las disciplinas de las gestión empresarial.

Cuadro 3 Número de empleados y tamaño de la empresa.

Administración	No	Sí	No aplica
Tiene definido un organigrama	68%	14%	18%
Tiene definido los puestos, actividades y perfiles.	59%	24%	17%
Tiene una estrategia definida.	59%	23%	18%
Cuenta con registro de sus clientes	61%	33%	6%
Cuenta con registro de sus proveedores	30%	65%	5%
Cuenta con registros contables	43%	52%	5%
Cuenta con Registros financieros	51%	45%	4%
Tiene mermas, desperdicios o demoras	48%	46%	6%
Cuenta con sistemas de normas y políticas	61%	32%	7%

 ISSN 2007-8102

Define metas de ingresos y egresos por periodo	55%	39%	6%
Define periodos de capacitación	72%	18%	10%
Define fechas para entrega de resultados	66%	23%	11%
Anticipa reuniones y eventos	70%	17%	14%
Manufactura	**No**	**Sí**	**No aplica**
Demora en la fabricación de un producto	48%	8%	45%
Cuellos de Botella	46%	4%	50%
Problemas de Transporte	46%	5%	49%
Manejo de Inventarios	42%	16%	41%
Accidentes, riesgos y enfermedades de trabajo	42%	17%	40%
Finanzas	**No**	**Sí**	**No aplica**
Realiza estados de información financiera	57%	32%	11%
Cuenta con fuentes de financiamiento externos	76%	14%	11%
Cuenta con indicadores financieros de rentabilidad	70%	19%	11%
Tics	**No**	**Sí**	**No aplica**
Capacitación en ofimática	74%	16%	10%
Capacitación en Aspel	82%	7%	10%
Uso de redes sociales	49%	44%	8%
Utiliza puntos de venta o software especializado	75%	16%	8%
Da mantenimiento preventivo a sus equipos	61%	24%	15%
Liderazgo	**No**	**Sí**	**No aplica**
Cuando existen conflictos con sus personal, utiliza la negociación	48%	36%	16%
Utiliza técnicas de comunicación efectiva	42%	42%	15%
Tiene un listado de criterios para tomar decisiones objetivas	58%	30%	12%

 ISSN 2007-8102

Mercadotecnia	No	Sí	No aplica
Cuenta con plan de mercadotecnia	74%	18%	8%
Mide la efectividad de su publicidad y promociones	67%	26%	7%
Conoce las características de su mercado meta	53%	41%	6%
Utiliza una estrategia para agregar valor a su negocio	60%	34%	6%

De igual forma en el cuadro 3, se señalan que actividades si se realizan, cuáles no y cuales no aplican, obteniendo la media de la aplicación de todas las actividades, en la administración sólo se realizan el 33% de las actividades, de manufactura sólo el 10%, en las finanzas sólo el 22%, en las tics 21%, el liderazgo 36% y por último mercadotecnia el 30%. Las empresas no realizan la mayoría de las actividades consideradas en las disciplinas del presente diagnóstico.

Los resultados de necesidades de capacitación son consistentes con los factores asociados al cierre o liquidación de una empresa señalados en los estudios de Márquez-Hernández y Ortiz-Gómez [10]; Cámara de Comercio de Bogotá [11], estos como referencia de algunos factores que influyen: 1) falta de experiencia, 2) falta de financiamiento, 3) planeación inexistente, 4) liderazgo, 5) no llevan contabilidad en las empresas, 6) problemas con el entorno y mercado, 7) problemas legales, 8) problemas logísticos. En las empresas la capacitación no siempre es vista como un factor de crecimiento, según Danvila y Sastre [12], la capacitación no debe verse como un costo, sino como una inversión, ya que la capacitación se ve reflejada en el rendimiento.
En relación al tiempo de vida de las empresas, se observó que la media es de 9.5 años de sobrevivencia, lo que indica que está por encima de la media nacional. En la figura 2 se presenta un histograma, en donde se observa que hay empresas con antigüedad de hasta 80 años, sin embargo son pocos los casos de este tipo de empresas familiares.

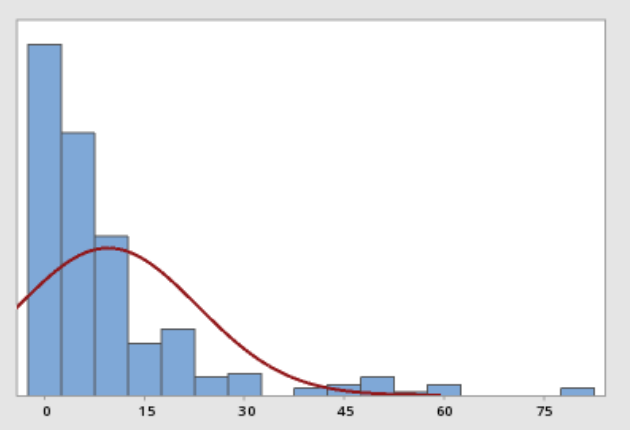


Figura 2 Tiempo de vida de las empresas

Trabajo a futuro

En el ámbito de la investigación: realizar un estudio que determine la relevancia de los factores considerados en el presente diagnóstico como variables en el tiempo de vida de las empresas. En el aspecto de la incidencia de las instituciones de capacitación y educación: diseñar material interactivo en línea, para la capacitación de MyPyMEs orientado a micronegocios, y diseño de talleres impartidos por estudiantes en las áreas de necesidad de administración en el municipio de Zongolica.

Conclusiones

Las instituciones de capacitación técnica y educación superior deben satisfacer las demandas sociales, en relación al área o disciplina que se imparte; tal y como lo muestran los resultados, las empresas de Zongolica: 1) requieren de capacitación y, 2) tienen afinidad a los programas impartidos en el ITSZ.

Respecto a las necesidades de capacitación, los resultados muestran que sería conveniente que las empresas buscarán fortalecerse en: a) procesos administrativos, tales como diseño organizacional, manejo de capital humano, procesos y normativas para la capacitación de personal; b) finanzas para MiPyMEs, tales como gestión de fuentes de financiamiento, registros contables y elaboración de información financiera; c) uso de tecnologías de la información y comunicaciones, tales como manejo de software especializado de gestión de empresas, administración y ofimática y; d) gestión del marketing, tales como investigación de mercados y estrategias sobre la mezcla de mercadotecnia.

Es importante mencionar que, si las empresas se fortalecen en los aspectos de capacitación mencionados, podrán tener las bases para aplicar de manera sistemática ese conocimiento y adaptar los procedimientos a sus necesidades específicas, sentando de esa manera, los cimientos para generar desarrollo tecnológico específico dentro de su propio contexto.

Finalmente, se observó que hay coincidencia en los datos nacionales en relación a la proporción del tamaño de las empresas, y las necesidades de capacitación con respecto al cierre de las empresas. En Zongolica, la esperanza de vida de un negocio es más alta con respecto a la media nacional, sin embargo, tomar medidas de precaución y capacitarse puede ayudar a disminuir el número de empresas que fracasan.

Agradecimientos

A los estudiantes de la academia de gestión empresarial campus Zongolica, por su apoyo incondicional, especialmente al estudiante Jorge Ángel Gonzáles Colohua D.E.P. y a los empresarios de Zongolica que participaron aportando información.

Referencias

[1] INEGI. (2018). *Encuesta Nacional sobre Productividad y Competitividad de las Micro, Pequeñas y Medianas Empresas*. INEGI. https://www.inegi.org.mx/contenidos/programas/enaproce/2018/doc/ENAPROCE2018Pres.pdf

[2] INEGI. (2016). *Esperanza de vida de los negocios a nivel nacional y por entidad Federativa*. INEGI. *https://www.inegi.org.mx/temas/evnm/doc/evn_ent_fed.pdf*

[3] INEGI. (2019). *INEGI PRESENTA RESULTADOS DE LA ENCUESTA NACIONAL SOBRE PRODUCTIVIDAD Y COMPETITIVIDAD DE LAS MICRO, PEQUEÑAS Y MEDIANAS EMPRESAS (ENAPROCE) 2018*. INEGI. https://www.inegi.org.mx/contenidos/saladeprensa/boletines/2019/especiales/ENAPROCE2018.pdf

[4] ITSZ. (2018, December 1). *ITSZ celebra su 16 Aniversario*. Itszongolica.edu.mx. http://itszongolica.edu.mx/TecNM/ver-nota.php?id=4364

[5] Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, P. (2010). *Metodología de la investigación* (MCGrawHill (ed.); Vol. 5).

[6] INEGI. (2018). *México - Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas 2018, Información para la actualización e incorporación de unidades económicas al DENUE. Datos a noviembre de 2018* INEGI. *http://www3.inegi.org.mx/rnm/index.php/catalog/341/study-description?idPro=*

[7] Valdivieso Taborga, C. E., Valdivieso Castellón, R. V., & Valdivieso Taborga, O. Á. (2011). Determinación del tamaño muestral mediante el uso de árboles de decisión. *Revista Investigación & Desarrollo*, *1*(11), 53–80.

[8] UNAM. (2013). *Plan de Estudios - Administración*. Oferta.unam.mx. http://oferta.unam.mx/planestudios/administracionfca-plandeestudios13.pdf

[9] ITSZ. (2018). *Oferta Educativa - Retícula de la ingeniería en gestión empresarial*. Zongolica.tecnm.mx. https://zongolica.tecnm.mx/TecNM/marco.php?u=Y2FycmVyYXMvcHJvZ19pZ2UvcmV0aWN1bGEucGhw

[10] Márquez-Hernández, P., & Ortiz-Gómez, A. (2011). Por qué fracasan las empresas. En la Universidad de Guadalajara (Ed.), *Memoria del V congreso de contaduría pública* (Vol. 1, pp. 157–170).

[11] CCB. (2019). *Causas de liquidación de empresas 2018*. https://bibliotecadigital.ccb.org.co/bitstream/handle/11520/22862/Causas%20de%20liquidaci%C3%B3n%20de%20las%20empresas%20en%20Bogot%C3%A1%202018.pdf?sequence=1

[12] Danvila del Valle, I., & Sastre Castillo, M. A. (2009). Human capital and sustainable competitive advantage: an analysis of the relationship between training and performance. *Int Entrep Manag J*, 139–163.

Análisis de riesgo de los factores psicosociales en un Ingenio azucarero basado en la NOM-035-STPS-2018

L.M. Hernández Mendoza [1], M. S. Flores Serrano[1], M. R. Acevedo Serrano[1], B. Cruz Utrera[2]
[1] Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico Superior de Tierra Blanca, Prol. Avenida Veracruz S/N esq, Calle Heroes de Puebla, Col. Pemex, 95180 Tierra Blanca, Ver.
[2]Estudiante de licenciatura en Ingeniería Industrial, Instituto Tecnológico Superior de Tierra Blanca, Prol. Avenida Veracruz S/N esq, Calle Heroes de Puebla, Col. Pemex, 95180 Tierra Blanca, Ver.
herdoza3@hotmail.com

***Área de participación**: Ingeniería Administrativa*

Resumen
Se desarrolla el análisis de los factores de riesgo psicosocial basado a la Norma Oficial Mexicana NOM-035-STPS-2018, en un Ingenio Azucarero, del cual se obtiene un tamaño de muestra de 205 personas, para identificar el nivel de riesgo psicosocial en el centro de trabajo, para ello se llevo la aplicación de un cuestionario propuesto por la misma norma, como instrumento a utilizar, para la identificación de los riesgos psicosociales. Se estudió el comportamiento de los factores de riesgo psicosocial en los diferentes departamentos del centro de trabajo. Los resultados muestran que el 76.6%, se encuentra dentro de un nivel de riesgo psicosocial nulo, bajo y medio, como lo clasifica la NOM-035-STPS-2018. Se observó también que el Ingenio se encuentra con un número mayor de riesgo medio, considerándose el tamaño de muestra y la clasificación del nivel a como lo establece la misma norma. Asi mismo se describen las acciones a implementar que prevengan la presencia de los efectos generados a causa de los factores de riesgos psicosocial, mediante los niveles de riesgos clasificados.

***Palabras clave:** Riesgo, tamaño de muestra, factor riesgo psicosocial, productividad.*

Abstract

The analysis of psychosocial risk factors based on the Official Mexican Standard NOM-035-STPS-2018 is developed in a sugar mill, from which a sample size of 205 people is obtained, to identify the level of psychosocial risk in the work center, for this, the application of a questionnaire proposed by the same standard was carried out, as an instrument to be used, for the identification of psychosocial risks. The behavior of psychosocial risk factors in the different departments of the workplace was studied. The results show that 76.6% are within a null, low and medium psychosocial risk level, as classified by NOM-035-STPS-2018. It is also possible that the ingenuity finds it self with a higher number of medium risk, considering the sample size and the classification of the level a as established by the same rule. Likewise, the actions to be implemented that prevent the presence of the effects generated by psychosocial risk factors are described, through the levels of classified risks.

***Key words:** Risk, sample size, psychosocial risk factor, productivity*

Introducción
Actualmente, el desempeño de las personas en las diversas actividades se ve afectado con su estado emocional derivado por diversos factores que están presentes en el ámbito laboral.
Las condiciones de trabajo son cada vez más exigentes por las diversas necesidades que siempre han existido en la competitividad, por lo que ha hecho que las empresas exijan a sus colaboradores a rendir más para lograr ser productivos. Esto ocasiona un gran impacto que de manera inconsciente afecta el clima laboral, el bienestar físico y psicológico del trabajador, es decir, problemas psicosociales. Los líderes que están a cargo de la empresa o área, delegan condiciones a sus subordinados dependiendo el giro de la empresa y esto genera graves consecuencias en el rendimiento del trabajo o insatisfacción por parte del trabajador[1].
Por otra parte, también influyen las capacidades de la persona, sus necesidades, aspiraciones, su cultura y la influencia de la situación personal [2].

La raíz de estos problemas psicosociales es, por qué existe el peligro en el contexto de trabajo, es decir la parte del medio ambiente laboral y de igual forma el contenido del trabajo, es por ello que se genera estos problemas psicosociales prolongando insatisfacción a los trabajadores que desempeñan las tareas o actividades de la empresa con el objetivo de alcanzar las metas establecidas por el centro de trabajo y conocer el impacto que producen los factores en el clima laboral correspondiente [2].

En el presente trabajo con la ayuda de la guía de referencia III de norma, se analizan las condiciones ambientales, la cantidad y ritmo de trabajo, el esfuerzo mental las actividades que realiza en su trabajo, las responsabilidades que tiene, la jornada de trabajo, las decisiones que puede tomar en el trabajo, el cambio que ocurra en el trabajo, la capacitación e información que se proporcione sobre en el trabajo, el comportamiento de los jefes con quien tiene contacto [3]. Asi mismo se proponen acciones a realizar para disminuir el nivel de riesgo psicosocial en el Ingenio azucarero, como lo establece la NOM-035-STPS-2018.

Metodología

Tipo de investigación

Se realiza en Ingenio Azucarero la investigación de tipo de descriptiva, para buscar describir el nivel de riesgo psicosocial que se presenta en los trabajadores, así mismos permitirá definir los criterios para la toma de acciones.
Antes de realizar el analisis de los factores psicosociales en el Ingenio azucarero, basado en la NOM-035-STPS-2018, fue necesario conocer y analizar de manera detallada los puntos que establece la norma antes mencionada, dónde, se utiliza el cuestionario, como instrumento propuesto por la misma, para identificar los factores de riesgo psicosocial y evaluar el entorno organizacional en el centro de trabajo, determinar y analizar el nivel de riesgo, así como las acciones que se deberán adoptar para el control de los factores de riesgo psicosocial, a través de un Programa de intervención para los niveles medio, alto y muy alto [4].

Conocer e identificar las áreas del centro de trabajo

Se realizó recorridos en las diversas áreas del centro de trabajo para conocer los diversos departamentos y la forma como interactúan las personas en su entorno laboral

Investigación de los factores psicosociales

Se llevó a cabo la investigación de todos los factores relacionados con los riesgos psicosociales en el Ingenio azucarero y la manera como impactan en las personas tanto en su desempeño como en su bienestar individual.

Investigar y conocer las actividades de cada área del centro de trabajo

Realizar las investigaciones sobre la función y actividades de cada departamento que contribuye de manera directa e indirecta en el centro de trabajo que pudieran tener riesgos psicosociales.

Identificar y analizar los factores de riesgo psicosocial en el centro de trabajo

Ejecutar cuestionarios a los colaboradores, para la identificación y análisis de los factores riesgos psicosociales, que afectan al trabajador en el centro de trabajo.

Seleccionar los puestos con mayor probabilidad de ser expuestos a riesgos psicosociales.

Identificación de puestos que tienden a una mayor probabilidad, de ser expuestos a riesgo psicosociales en el centro de trabajo.

 ISSN 2007-8102

Evaluar los riesgos psicosociales del entorno organizacional en el centro de trabajo.

Realizar cuestionarios con base a la NOM-035-STPS-2018, para conocer el tipo factor de riesgo psicosocial que se encuentra en el entorno laboral del centro de trabajo, el cual afecta a los colaboradores.

Analizar los resultados de las evaluaciones de los riesgos psicosociales

Concretar las estadísticas, a partir de los resultados obtenidos de los cuestionarios realizados, para conocer el grado de riesgo psicosocial que se encuentra en el clima laboral del centro de trabajo.

Proponer medidas preventivas para controlar los factores de riesgo psicosocial.

Capacitación y sensibilización de los directivos, gerentes y supervisores para la prevención de los factores de riesgo psicosocial y la promoción de entornos organizacionales favorables.

Proponer una política de prevención de riesgos psicosociales.

Concretar una política de prevención de riesgos psicosociales para llevar a cabo las medidas de prevención y disminuir los factores de riesgos psicosociales que se presentan en el centro de trabajo.

Resultados y discusión

Se realiza el análisis de factores de riesgo psicosocial, tomando en consideración la fòrmula y el cuestionario propuesto por la NOM-035-STPS-2018.De acuerdo al tamaño de muestra , da como resultado a la aplicación de 205 cuestionarios.

NULO/ DESPRECIABLE	BAJO	MEDIO	ALTO	MUY ALTO
5.30%	41.50%	29.80%	19.50%	3.90%
11	85	61	40	8

Figura 1. Porcentaje de los resultados obtenidos por cada nivel

De acuerdo al cuestionario aplicado, se considera que de manera estadística el 76.6% se encuentra dentro de un nivel de riesgo psicosocial nulo, bajo y medio; y el resto que corresponde al 23.4 % se encuentra entre un nivel de riesgo alto y muy alto.



Figura 2. Aplicación del cuestionario para el análisis de factores de riesgo psicosocial

El análisis muestra que en el Ingenio Azucarero de manera general se encuentra en un nivel de riesgo psicosocial nulo, bajo y medio, con un 76.6% , de acuerdo a lo que percibe la persona en su entorno organizacional dentro de sus puestos de trabajo y actividades que desarrollan dentro de jornada, aun cuando existe la posibilidad de que conteste el cuestionario bajo el estado de emocional por cosas personales, que algunas veces son ajenos al trabajo, sin embargo, tienen efecto en el desempeño laboral.
Los resultados arrojados nos indican que en el ingenio azucarero, no es de gran impacto en la mayoría de los trabajadores el riesgo psicosocial, por lo cual se puede implementar acciones que prevengan la presencia de los efectos generados a causa de los factores de riesgos psicosocial, mediante los niveles de riesgos clasificados y tomando como base los instrumentos propuestos, como lo dicta la NOM-035-STPS-2018.

Medidas de control

El Ingenio Azucarero lleva acciones de manera correcta, para cada uno de los factores psicosociales que se presenta en los trabajadores.

En relación con el liderazgo y las relaciones en el trabajo

i. Acciones para el manejo de conflictos en el trabajo, la distribución de los tiempos de trabajo, y la determinación de prioridades en el trabajo;
ii. Lineamientos para prohibir la discriminación y fomentar la equidad y el respeto;
iii. Mecanismos para fomentar la comunicación entre supervisores o gerentes y trabajadores, así como entre los trabajadores;
iv. Establecer y difundir instrucciones claras a los trabajadores para la atención de los problemas que impiden o limitan el desarrollo de su trabajo, cuando éstos se presenten;
v. Capacitación y sensibilización de los directivos, gerentes y supervisores para la prevención de los factores de riesgo psicosocial y la promoción de entornos organizacionales favorables [4].

En el ingenio existen acciones encaminadas a estas medidas de control sobre el liderazgo y relaciones de trabajo estipuladas en el contrato ley de la industria azucarera las cuales son respetadas y llevadas por la empresa, las cuales las enumeramos a continuación.

1. En el decálogo del ingenio, en el punto 5.4 **Relaciones entre nuestros colaboradores** menciona**:**

En el ingenio, respetamos la individualidad de las personas y reconocemos la dignidad de las mismas con respecto a su libertad y su privacidad, por lo que ninguna persona debe ser discriminada por diferencias de género, edad, religión, raza, costumbres, estado civil, idioma, opinión política, clase social, origen, capacidades diferentes, preferencias sociales y situación económica. Promovemos la educación, capacitación y el desarrollo profesional de los colaboradores. Rechazamos el trabajo infantil en cualquiera de sus expresiones. Hemos fortalecido la igualdad de género y el empoderamiento de las mujeres, en donde el capital intelectual es integrado a la empresa.Todo el personal debe mantener una conducta real, respetuosa, responsable y honesta hacia el ingenio y sus integrantes [5].

2. En el **Contrato Ley de los ingenios azucareros** menciona lo siguiente

Artículo 21. Las empresas se comprometen a no contratar, bajo ninguna circunstancia a trabajadores de 16 años de edad para desempeñar trabajos en las industrias azucareras [5].

Respecto a las cargas de trabajo

i. Revisión y supervisión que la distribución de la carga de trabajo se realice de forma equitativa y considerando el número de trabajadores, actividades a desarrollar, alcance de la actividad y su capacitación;

ii. Actividades para planificar el trabajo, considerando el proceso productivo, de manera que se tengan las pausas o periodos necesarios de descanso, rotación de tareas y otras medidas necesarias para evitar ritmos de trabajo acelerados.
iii. Instructivos o procedimientos que definan claramente las tareas y responsabilidades.

En el ingenio existen acciones para estas medidas de control sobre las cargas de trabajo estipuladas en el contrato ley de la industria azucarera las cuales son respetadas y llevadas por la empresa, las cuales las enumeramos a continuación [4].

3. En el decálogo del ingenio, en el punto **4. trabajo y esfuerzo**

Nuestro equipo de trabajo que realiza un esfuerzo equitativo en el desarrollo diario de nuestras actividades es fundamental para nuestro éxito. La armonía en el equipo de trabajo es una consecuencia del esfuerzo de cada una de las personas que constituyen una organización. Para esto en el ingenio se apoya la libertad de asociación y el reconocimiento efectivo del derecho a la negociación [5].

4. En el **Contrato Ley de los ingenios azucareros** menciona lo siguiente con respecto a la carga de trabajo.

Artículo 36. Los patrones proporcionaran a su personal el número de aguaderos, tlacualeros, almuerceros, o canasteros que sea necesario, en relación al número de trabajadores que ocupen. Igualmente se obligan a los patrones a proporcionar un comedor para que los trabajadores tomen sus alimentos de acuerdo con lo dispuesto en el Reglamento de Higiene del Trabajo [5].

En lo que se refiere al control de trabajo

i. Actividades para involucrar a los trabajadores en la toma de decisiones sobre la organización de su trabajo; para que participen en la mejora de las condiciones de trabajo y la productividad siempre que el proceso productivo lo permita y cuenten con la experiencia y capacitación para ello;
ii. Acciones para acordar y mejorar el margen de libertad y control sobre su trabajo por parte de los trabajadores y el patrón, y para impulsar que éstos desarrollen nuevas competencias o habilidades, considerando las limitaciones del proceso productivo.
iii. Reuniones para abordar las áreas de oportunidad de mejora, a efecto de atender los problemas en el lugar de su trabajo y determinar sus soluciones [4].

5. En el **Contrato Ley de los ingenios azucareros** menciona lo siguiente con respecto al control de trabajo.

Artículo 40. Los trabajadores que tengan más de un año de servicio disfrutaran de un periodo anual de vacaciones con gocé de salario hasta de 30 días consecutivos.
Los trabajadores que laboren toda una zafra disfrutaran de un periodo anual de vacaciones con goce de salario, equivalente a quince días laborales consecutivos.
Los trabajadores que laboren toda una reparación, cualquiera que sea la duración de esta, disfrutaran de un periodo anual de vacaciones con goce de salario equivalente a once días laborales consecutivos [5].

En lo relativo al apoyo social deberán incluir actividades que permitan:

i. Establecer relaciones entre trabajadores, supervisores, gerentes y patrones para que puedan obtener apoyo los unos de los otros;
ii. Realizar reuniones periódicas (semestrales o anuales) de seguimiento a las actividades establecidas para el apoyo social y, en su caso, extraordinarias si ocurren eventos que pongan en riesgo la salud del trabajador o al centro de trabajo;
iii. Promover la ayuda mutua y el intercambio de conocimientos y experiencias entre los trabajadores.
iv. Contribuir al fomento de las actividades culturales y del deporte entre sus trabajadores y proporcionarles los equipos y útiles indispensables [4].

6. En el **Contrato Ley de los ingenios azucareros** menciona lo siguiente con respecto apoyo social.

Artículo 41. Los trabajadores podrán disfrutar de dos clases de permiso

a) Permisos particulares, motivados por asuntos privados del trabajador, veinte días en el año, sin goce de salario, y cuando la solicitud se haga por escrito y con anticipación.
b) Permisos por comisiones sindicales, sin goce de salario [5].

Artículo 65. En el mes de enero todos los trabajadores sindicalizados de planta permanente, temporal y eventual que en el año de calendario anterior hubiere laborado al menos sesenta días, que sean miembros del sindicato de trabajadores de la industria azucarera recibirán una prenda de vestir de buena calidad. En el mes de noviembre de cada año determinaran de común acuerdo la prenda que se entregara a más tardar el 15 de diciembre, presentar la lista de prendas entregadas [5].



Figura 3. Apoyo social

Trabajo a futuro

Realizar una investigación focalizada en cada área del ingenio azucarero, con la finalidad de acotar los resultados y establecer acciones conforme a cada una de estas.

Conclusiones

Con el desarrollo de la investigación identificación, análisis y prevención de los factores de riesgo psicosocial basado en la Norma Oficial Mexicana NOM-035-STPS-2018, dentro del ingenio azucarero, en el departamento de higiene y seguridad se llegó a la decisión de que no es necesario contratar servicios externos que atiendan estos tipos de factores de riesgo psicosocial presentes en el centro de trabajo, por lo que la empresa puede designar la persona responsable y capacitada para llevar a cabo las actividades que se encuentran en los puntos establecidos de la Norma, para prevenir problemas psicosociales y fomentar un entorno organizacional favorable, desglosando el procedimiento que describe la misma NOM-035-STPS-2018 factores de riesgo psicosocial en el trabajo-identificación, análisis y prevención. También no dejar desapercibido que existe la posibilidad de que contesten el cuestionario bajo el estado de emocional por cosas personales, que algunas veces son ajenos al trabajo, sin embargo, tienen efecto en el desempeño laboral.

Sin embargo, en el punto número 9 de la Norma, especifica que el patrón puede contratar una unidad de verificación acreditada y aprobada, en los términos de la Ley Federal sobre la Metrología y

Normalización para verificar el grado de cumplimiento dentro perímetro que ocupa el ingenio azucarero. Por otra parte la Secretaria de Trabajo y Previsión Social, establece de manera obligatoria a los centros de trabajo, la aplicación de la NOM-035-STPS-2018, entrada en vigor el 23 de octubre de 2018. La implementacion de la norma permite mejorar la productividad, disminuir el ausentismo por parte del personal, asi como tambien los accidentes laborales y al mismo tiempo la dependecia no presentebn sanción por incumplimiento de la Norma.

Agradecimientos

Al Instituto Tecnológico Superior de Tierra Blanca y al Ingenio Azucarero las facilidades brindadas, por la información proporcionada y la disponiblilidad de participación por parte del personal para ser posible este estudio.

BIOGRAFÍA

- [1] Moreno Jimenez, B. &. (11 de Noviembre de 2013). *Instituto Nacioanl de Seguridad e Higiene en el Trabajo*, Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo [online] http://factores y riesgo psicosociales,formas,concecuencias INSHT.

- [2] Organizacion mundial de la salud. (2019). *World Health Organization*, World Health Organization [online] https://www.who.int › topics › risk_factors

- [3] Oficina Internacional del Trabajo. (13 de noviembre de 2013). prevención de estrés en el trabajo, prevencion de estres en el trabajo [online] https://www.ilo.org/pubins.

- [4] Secretaria de trabajo y previsión social. (23 de octubre de 2018). *Diario oficial de la federación* [online] Diario oficial de la federacion: www.dof.gob.mx

- [5] Ingenio la margarita. (2015). *Reporte de sustentabilidad comunicación sobre el progreso,* [online] Reporte de sustentabilidad comunicacion sobre el progreso: https://docplayer.es/84600492-Reporte-de-sustentabilidad-comunicacion

Gestión del conocimiento y la transición a la industria 4.0 en Latinoamérica: Caso Yucatán, México

A. M. Canto Esquivel [1], N. O. Peña Avila[1], L. P. Murillo Tovar[1], R. M. Canul Alcocer[1], F. Cima Cohuo[2]*
[1]Tecnologico Nacional de México, Instituto Tecnológico de Mérida – Yucatán, México
[2]Old Dominion University, Norfolk, VA 23529, USA
ana.ce@merida.tecnm.mx

Resumen

La digitalización industrial está transformando a las empresas a través de la denominada Industria 4.0. Esta nueva configuración requiere implementar estrategias de gestión del conocimiento para crear entornos de aprendizaje que fomenten la innovación y el desarrollo tecnológico en la administración de proyectos. Para las micro, pequeñas y medianas empresas, la gestión del conocimiento es una herramienta competitiva cuyo objetivo es identificar estrategias de innovación, caracterizar habilidades técnicas y capacidades tecnológicas enfocadas a la gestión del talento humano especializado vinculado con las necesidades del sector productivo y de servicios.

En Mérida, Yucatán la digitalización e integración de sistemas de información están mejorando las capacidades de las empresas para la planificación estratégica. Asimismo, factores externos como el desarrollo del sector de las Tecnologías de la Información y la Comunicación y la aparición de nuevos modelos educativos vinculados a las necesidades de las empresas, están estimulando la transformación hacia una industria digital.

Palabras clave: *industria 4.0, gestión de conocimiento, tecnologías de información y comunicación, capacidades.*

Abstract

Industrial digitization is transforming companies through Industry 4.0. This new configuration requires implementing knowledge management strategies to create learning environments that foster innovation and technological development in project management. For micro, small and medium-sized companies, knowledge management is a competitive tool whose objective is to identify innovation strategies, characterize technical skills and technological capabilities focused on managing specialized human talent.

In Mérida, Yucatán, the digitization and integration of information systems are improving companies' capabilities for strategic planning. Likewise, external factors such as the development of the Information and Communication Technologies sector and the appearance of new educational models linked to the needs of companies, are stimulating the transformation towards a digital industry.

Key words*: Industry 4.0, management knowledge, Information and Communication Technologies, capabilities.*

Introducción

Ante la evidente necesidad de automatizar procesos industriales de manera ubicua, surge la industria 4.0 (I4.0) [1]. Esta revolución industrial desarrolla a un ritmo acelerado tecnologías de última generación, tales como, Inteligencia artificial (IA), Big Data e Internet de las cosas (IoT), a través del potencial de programación y procesamiento computacional [2]. Diversos estudios señalan que la I4.0 apunta a un alto nivel de automatización en procesos industriales mediante la adopción de Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC), donde los límites entre el entorno virtual y el mundo real convergen cada vez más, en lo que se denomina sistemas de producción ciberfísicos (CPPS) [3,4]. La información generada por tal digitalización y adquisición de datos debe ser analizada masivamente y distribuida en tiempo real, surgiendo entonces tecnologías como el cómputo en la nube y protocolos de comunicación inalámbrica que garanticen el flujo de datos, así como, la disponibilidad e integridad de la información y la interacción con esta, a través de la ciberseguridad de los sistemas informáticos. Las tecnologías de la I4.0 están cambiando la economía, la educación, los gobiernos y la sociedad en general. Jacquez-Hernández & Torres [5] concuerdan en su utilización en el diseño, manufactura y comercialización de

productos y servicios, a través de integrar modelos de negocios que consideren la nueva dinámica entre dichas tecnologías y los empleados, así como entre las empresas, los proveedores y clientes.

En ese sentido, actividades laborales que en pasadas décadas necesitaban de una variedad de personas con competencias específicas y lugares físicos para realizarse, están en constante transformación. Por lo tanto, debido a la velocidad de las innovaciones tecnológicas, las empresas necesitan resolver al mismo tiempo el problema de profesionales que estén capacitados en las nuevas tecnologías disruptivas que esta nueva era demanda, y no sólo eso, también el aprendizaje de nuevas habilidades que les permitan a los trabajadores adaptarse de manera óptima a las organizaciones. Esto indica que los trabajadores que se encuentren mejor cualificados y preparados profesionalmente podrán integrarse de mejor manera a los nuevos trabajos que surjan en el futuro de la precariedad laboral en la disrupción tecnológica, mientras que los menos preparados serán reemplazados en su totalidad por sistemas autónomos [6]. Por ende, las empresas, los gobiernos y las instituciones de educación superior (IES) tienen que evitar un escenario de altos índices de desempleo debido a la I4.0, por medio de mecanismos de gestión de conocimiento.

El presente estudio fue realizado con el objetivo de evaluar las necesidades de gestión de conocimiento en el estado de Yucatán, México desde la perspectiva de la industria 4.0. Por lo que se realizó un diagnóstico para caracterizar el nivel de implementación de la I4.0 en las empresas del sector TIC. Asimismo, identificar las competencias técnicas y personales presentes en tales empresas y en los programas académicos de las IES que permitirán el impulso a la I4.0. Finalmente, se relacionaron las áreas de conocimiento en el contexto tecnológico de la I4.0 para vincular a las empresas y el sector académico ante la necesidad de preparación conjunta para enfrentar los retos del mercado laboral que generará la industria 4.0.

Marco teórico

Las inversiones en I4.0 son económicamente significativas, la investigación de la consultora PriceWaterhouseCoopers [7], sugiere que las empresas han invertido $ 907 mil millones de dólares por año hasta 2020, en productos industriales globales, como software, conectividad de sensores y dispositivos, capacitación de empleados y conducción organizacional hacia el cambio tecnológico. Las empresas del sector TIC son esenciales en la transición a la I4.0, porque desde su posición como fábricas de software, generan productos y servicios para áreas económicas diversas, tales como, el comercio electrónico, la logística de distribución de materias primas, servicios financieros y de telecomunicaciones, entre otros.

Desde el contexto global, la competitividad que demanda el mercado exige a las empresas dedicadas a la TIC, transitar hacia la industria 4.0 En esta nueva dinámica que afrontan los diferentes sectores industriales, los empresarios necesitan enriquecer su planta laboral con profesionales cuya capacidad haya sido validada por instituciones certificadas. Por lo tanto, las IES juegan un papel relevante al proveer a las empresas recurso humano de calidad que pueda adaptarse a los cambios en la I4.0 [8]. Blázquez, Masclans & Canals [9] realizaron entrevistas y encuestas a 53 empresas de doce sectores de la industria española, para conocer las perspectivas de los altos índices de desempleo entre los jóvenes y las competencias requeridas en la I4.0. Algunos de los resultados obtenidos señalan que el 72 % de las empresas consideran que la I4.0 influye en los nuevos perfiles de trabajo y el 68% mencionan que los empleados contratados de IES no tienen los conocimientos en nuevas tecnologías. De igual manera, Ganzarain & Errasti [10], realizaron un programa piloto en el país vasco sobre la integración de la industria 4.0 en pequeñas y medianas empresas. Los resultados manifestaron que estas no visualizan oportunidades en el uso de nuevas tecnologías y carecen de una metodología para evaluar su nivel de preparación ante la Industria 4.0. En conclusión, la implementación de estas nuevas tecnologías tiene componentes geográficos, de conocimiento y de cultura empresarial muy específicos para el desarrollo de la I4.0.

Es claro que la transición a la industria 4.0 tiene vetas regionales muy marcadas, se requieren estudios locales para construir un marco de referencia entorno al sector TIC, particularmente en regiones Latinoamericanas, con áreas de oportunidad, como es el caso de Yucatán, México. Este estado se perfila desde hace una década como un polo de desarrollo de tecnologías de la información y comunicación. Existen las condiciones necesarias y suficientes tanto en el entorno regional como nacional para incrementar el desarrollo del *clúster* de la industria del software en Mérida, Yucatán [11]. En la actualidad este potencial gira entorno al nivel de madurez de los procesos de desarrollo tecnológico y gestión de las pequeñas y medianas empresas del sector TIC, así como, sus acciones de capacitación de talento humano y certificación para llevar sus productos a un futuro potencial de ventas en la región y el mercado internacional.

Diseño de la investigación

El estudio evalúa la implementación de estrategias de gestión del conocimiento en empresas del sector de las TIC en Mérida, Yucatán, México. Como se muestra en la tabla 1, se recopilaron datos de 39 empresas clasificadas por el número de trabajadores según el Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Información (INEGI). De igual manera se consideraron 22 programas educativos relacionados con el sector de las TIC. Se utilizó un enfoque basado en encuestas que combina la recopilación de datos cuantitativos y cualitativos. El instrumento de la encuesta incluía escala Likert y elementos abiertos que evaluaban diferentes componentes de la gestión del conocimiento vinculados con la industria 4.0.

Tabla 1. Clasificación de las empresas que participan en el estudio [13].

Número de empleados	Número de empresas	Clasificación	Total
0-5	2	Micro	14
5-10	12		
11-30	14	Pequeña	18
31-50	4		
51-100	3	Mediana	3
101-250	3	Grande	4

En relación con los programas educativos relacionados con las TIC se contemplaron 22 programas de Licenciatura, Ingenierías y Técnicos Universitarios Superiores de diversas universidades privadas y públicas a través de la participación de sus coordinadores académicos. Para el registro y análisis de los datos obtenidos una vez aplicados los cuestionarios y entrevistas a todos los grupos de estudio, se hizo uso de *Statistical Package for the Social Sciences* (SPSS) como software de estadística. La tabla 2 detalla los factores e indicadores que se manejaron para el desarrollo de instrumentos de recolección de datos.

Tabla 2. Factores e indicadores de la investigación [13].

Factores	Indicador
Competencias personales para la I4.0	Adaptabilidad y flexibilidad ante el cambio, Trabajo en equipo y cooperación, Habilidades sociales, Construcción de red de contactos (Networking), Comunicación, Confianza en nuevas tecnologías, Gestión del fracaso, Capacidad de trabajo bajo presión, Toma de decisiones, Creatividad y aprendizaje, Gestión de conflictos, Capacidad de liderazgo, Gestión y asignación de responsabilidades
Competencias técnicas para la I4.0	Seguridad de la información y protección de datos, Implantar tecnologías 4.0, Mantenimiento y reparación de equipos, Conocimientos de aspectos legales, Conocimientos de programación, Capacidad de análisis de datos, Conocimiento de estadística o visualización de datos, Conocimiento de organización y procesos, Resolución de problemas, Dominio del idioma inglés
Necesidades de conocimiento para la I4.0	Big data, La nube, Impresión 3D, Redes sociales, Desarrollo web y móvil, Simulación, Inteligencia artificial, Internet de las cosas, Ciberseguridad

Resultados y discusión

Los resultados ayudaron a identificar las capacidades técnicas y personales desde la perspectiva de I4.0, así como las áreas de conocimiento en las que existe potencial para que las empresas del sector de las TIC contribuyan al desarrollo económico de la región. La integración de tecnologías para lograr la eficiencia de la producción es uno de los elementos más importantes que las empresas destacan para la implementación de I4.0. Además, los gerentes señalaron que tecnologías como Big Data, IoT, AI e impresión 3D son vitales para la automatización e integración de procesos en la cadena de valor.

Todas las empresas reconocen el importante papel que juegan las universidades en la era de I4.0. Del total de participantes, el 61% conoce el término Industria 4.0. Adicionalmente, 33% de los gerentes está de acuerdo en que las universidades deben proporcionar herramientas para el uso de tecnologías disruptivas. El 23% de los

encuestados menciona que es importante fortalecer el vínculo entre las universidades y las empresas para desarrollar capital humano capacitado de acuerdo con las necesidades industriales reales de la región. Además, el 48% de las compañías se encuentran realizando acciones relacionadas con la Industria que incluyen el desarrollo de sistemas de planificación de recursos empresariales (ERP), tecnología financiera, Inteligencia Artificial (AI), proyectos con vehículos aéreos no tripulados (UAV), Big Data, computación en la nube, Internet de las Cosas (IoT), Realidad Virtual (VR), Business Intelligence (BI), plataformas de rastreo satelital y cadena de bloques (Blockchain). La Tabla 3 muestra los hallazgos relevantes del estudio.

Tabla 3. Hallazgos relevantes desde la perspectiva de los directivos respecto a la Industria 4.0 [13]

Porcentaje	Hallazgo
48%	Realizan acciones relacionadas con la industria 4.0 (Big Data, IoT, IA y desarrollo de ERP).
39%	Desconoce el término de industria 4.0.
23%	Mencionan que es relevante hacer una vinculación fuerte entre las universidades y empresas.
100%	Reconoce el papel importante que tienen las universidades y su vinculación empresarial ante nuevos procesos.
33%	Reconoce la importancia de dar a conocer los conceptos básicos, las aplicaciones generales y los procesos de negocios que incluye la industria 4.0.

Para la identificación de las competencias técnicas necesarias dentro de las empresas del sector TIC que permitirán el impulso a la Industria 4.0, se encontró que los directivos evaluaron como muy alto el grado que poseen sus empleados en las competencias de conocimientos de programación y resolución de problemas, con una media 4.5 y 4.6 en la escala de Likert respectivamente. De manera descendente, la capacidad de análisis de datos y el conocimiento en organización y procesos obtuvieron una media arriba de 4.

En la figura 1 se pueden observar las competencias que fueron evaluadas y sus respectivos promedios de acuerdo a la escala de Likert, el presente estudio destaca la competencia del idioma inglés con un promedio de 3.8, al igual que la competencia de conocimientos de estadística con 3.5, ya que la Industria 4.0 en Latinoamérica requiere de habilidades en el análisis de información para la toma de decisiones y diseño de estrategias en las empresas. En ese sentido, el dominio del idioma inglés para el caso del Estado de Yucatán es indispensable ante la existencia de diversas empresas con capital extranjero y la transferencia de tecnologías.

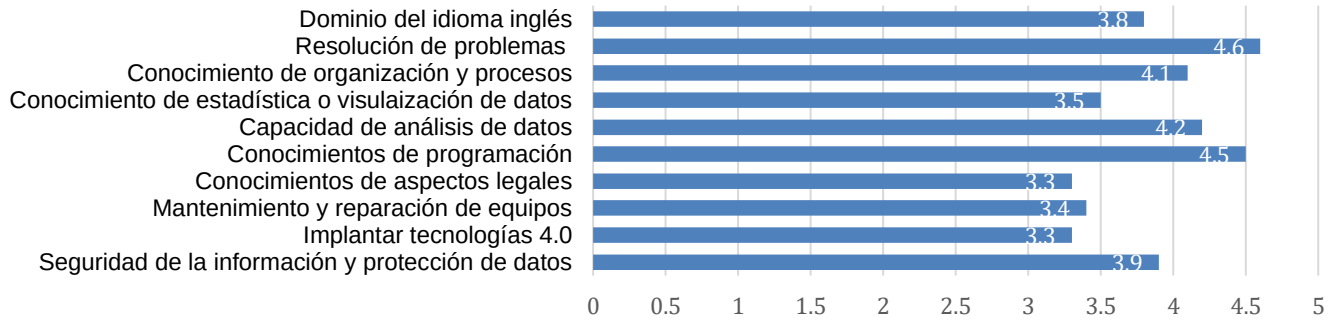


Figura 1. Competencias personales evaluadas en universidades del sector TIC [13]

Desde la perspectiva de los directivos se evaluaron las competencias personales de sus empleados. En la figura 2, se muestra la evaluación de cada una de ellas en la escala de Likert, entre las cuales destacan: la creatividad y aprendizaje, la adaptabilidad al cambio y la confianza en nuevas tecnologías con un puntaje de evaluación promedio de 4.4. Otras competencias presentes en los empleados de las empresas, como el trabajo en equipo y el trabajar bajo presión fueron catalogadas con una evaluación de 4.3. Dentro de las competencias con índices más bajos se encuentran la gestión del fracaso y construir una red de contactos. En este punto se identifican áreas de oportunidad ya que es complicado para el trabajador desarrollar elementos que le ayuden a sobrellevar dichas situaciones en arquetipos de éxito.

 ISSN 2007-8102

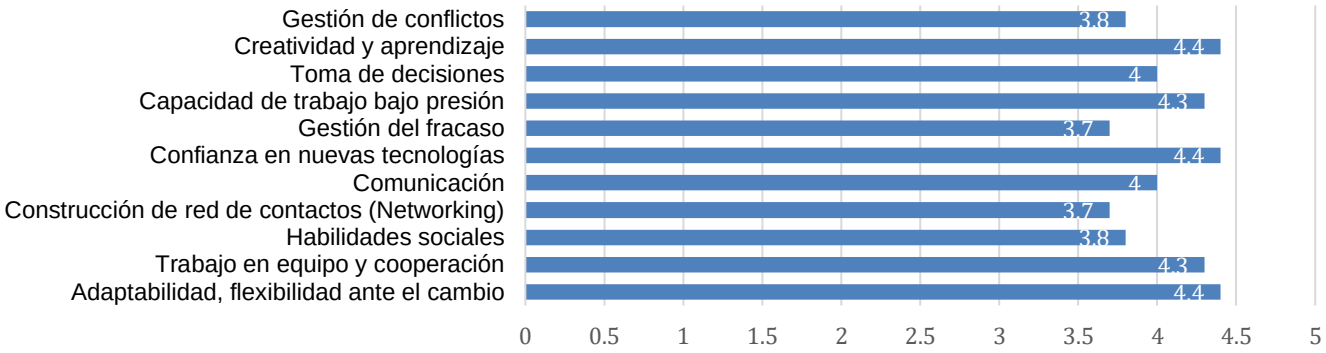


Figura 2. Competencias personales evaluadas en empresas del sector TIC [13]

Por otra parte, el estudio analizó desde la perspectiva de los coordinadores académicos de las IES públicas y privadas, competencias técnicas y personales presentes en los planes de estudio de 22 programas académicos relacionados a las TIC para enfrentar los retos del mercado laboral que generará la I4.0. Sobre las competencias técnicas, se obtuvieron los resultados mostrados en la Figura 3, destacan dos de ellas con la validación del 100% de la población, la resolución de problemas y conocimientos de programación. Las competencias técnicas presentes en el 81% de los programas son del dominio del idioma inglés y el conocimiento en organización y procesos, cabe resalta a la capacidad de análisis de datos con el 77% de la población.

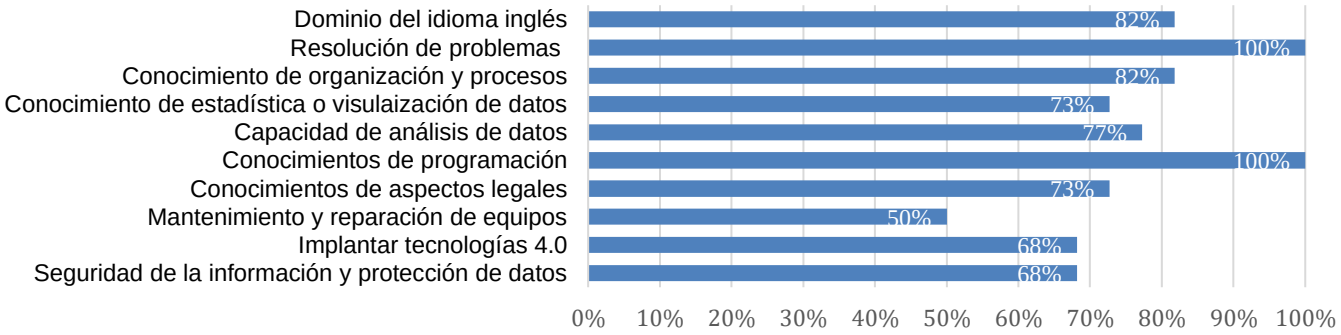


Figura 3. Competencias técnicas evaluadas en universidades del sector TIC [13].

A continuación, en la Figura 4 se muestran las competencias personales que se consideran dentro de los programas educativos. La gestión del fracaso, la gestión de conflictos y construir una red de contactos fueron las tres competencias personales seleccionadas el 54% de las ocasiones. Lo anterior llama la atención ya que estas competencias están ligadas a la generación de habilidades blandas. En cuanto a las competencias de toma de decisiones y el trabajo en equipo fueron seleccionadas en un 100%, le siguen la capacidad de liderazgo y capacidad de trabajar bajo presión con el 95%. La confianza en nuevas tecnologías fue seleccionada en un 84%, la competencia referente a la comunicación en un 81% y la creatividad con el 90%. Adaptabilidad al cambio y habilidades sociales están presentes en 17 y 16 planes académicos respectivamente, dicha información coincide con la evaluación por parte de los directivos de las empresas.

 ISSN 2007-8102

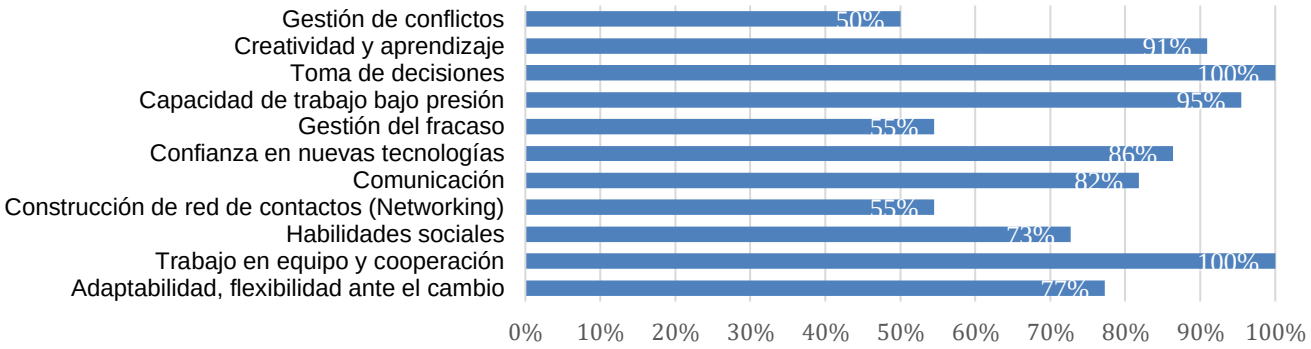


Figura 4. Competencias personales evaluadas en universidades del sector TIC [13].

A continuación, en la Figura 5 se puede observar una comparación entre la importancia que tanto empresas del sector TIC como IES a través de sus planes de estudio dan a las áreas de conocimiento relacionadas con la Industria 4.0. En ese sentido, el desarrollo web y móvil obtuvo un puntaje promedio entre 4.2 a 4.5 lo que indica la asociación de las TIC con la transición a la I4.0 en Yucatán. También se puede observar que en el caso del cómputo en la nube (Cloud Computing) para las empresas tiene un promedio de 4.5, sin embargo, para las universidades tiene un promedio menor de 3.9, lo cual evidencia la falta de actualización en el sector académico, por lo que resulta no relevante como área del conocimiento para esta última.

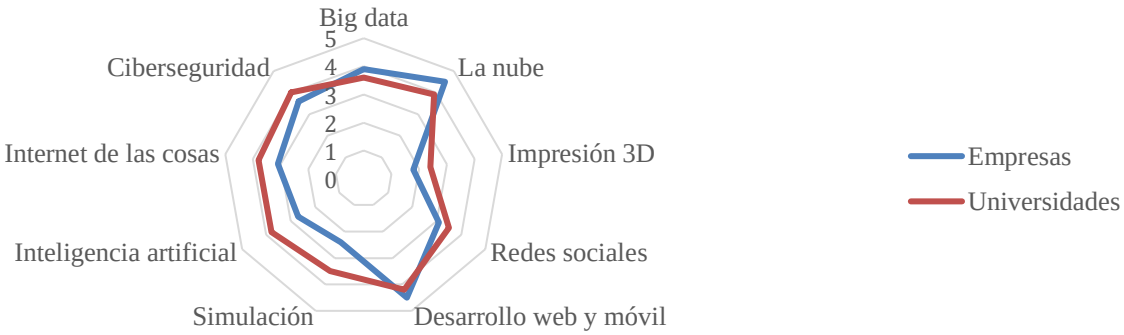


Figura 5. Evaluación de áreas de conocimiento entre empresas y universidades [13].

Para el Big data como área de conocimiento, el puntaje de las empresas es de 3.9 y de las universidades es de 3.6 lo que indica que tiene una importancia regular de acuerdo a la escala de Likert para ambos casos. Otro dato relevante, es el área de la simulación, los cuestionarios aplicados a las empresas dieron como resultado un promedio de 2.4 y en las universidades de 3.5, se determina entonces que en las empresas es necesario reforzar la difusión de dicha tecnología y los beneficios económicos y de innovación que esto implica.

Existe una simetría relevante con 3 áreas del conocimiento para las empresas del sector TIC: el desarrollo web y de aplicaciones móviles muchas veces ligado con la oferta de servicios digitales, está ligado al uso del cómputo en la nube para montar dichas herramientas en servidores virtuales, para que de manera paralela el uso de Big data permita interpretar y analizar altos volúmenes de información. Adicionalmente se puede observar a la ciberseguridad como un área del conocimiento complementaria con el fin de proteger la información que estos sistemas informativos manejan de manera ubicua y en tiempo real. En comparación con ello, las IES muestran promedios similares en importancia por lo que es visible la generación de estrategias de vinculación.

Ahora bien, en cuanto a un área considerada base primordial para la I4.0, el Internet de las cosas el promedio en cuanto al nivel de importancia por parte de los directivos fue de 3.1 y 3.8 desde la perspectiva de Instituciones de Educación Superior. Es importante mencionar que, a diferencia de las empresas, todas las universidades conocen el término Industria 4.0 es por ello la importancia de vincular a ésta con el sector TIC. Por esta vía las empresas pudiesen obtener una visión más amplia ante las nuevas tendencias tecnológicas [13].

Trabajo a futuro

El estudio en su siguiente fase debe proponer estrategias de acción para guiar a las micro, pequeñas y medianas empresas en la implementación de enfoques de gestión del conocimiento para estimular la innovación tecnológica, la transferencia de tecnología e inteligencia competitiva. De igual manera perfilar necesidades educativas regionales en función de la digitalización empresarial y la transformación de diversos modelos de negocios como estrategias económicas globales. Finalmente, se deben caracterizar habilidades especificas *(hard-soft skill)* compatibles con tecnologías habilitadoras de la industria 4.0 con más potencial de desarrollo en Latinoamérica, por lo que se vislumbra necesario replicar esta investigación en regiones con diversos contextos empresariales y académicos.

Conclusiones y recomendaciones

Es pertinente establecer las condiciones necesarias para desarrollar una correcta gestión del conocimiento que implique la vinculación entre el sector académico, empresas del sector TIC en Yucatán e instancias gubernamentales. La recomendación para ello es poner en práctica diferentes mecanismos de cooperación tecnológica, basadas en el financiamiento, asesoramiento y divulgación de proyectos científicos y tecnológicos. Dentro del mismo contexto es preciso modernizar el arreglo productivo empresarial de tipo clúster situado en la región, lo que podría potencializar el desarrollo de proyectos innovadores enfocados a la I4.0, así como el desarrollo de competencias tanto técnicas como personales de empleados y egresados de IES ante la I4.0 y sus sinergias laborales a nivel global.

También se considera adecuado que los directivos de las empresas incentiven la incorporación de concepto I4.0 en el sector, principalmente en pequeñas y medianas empresas e identifiquen las áreas de conocimiento relacionadas con la I4.0 con más potencial de desarrollo para diseñar modelos de negocio e inversiones entorno a ello, mediante correlacionar los planes tecnológicos estratégicos a nivel nacional e internacional con la finalidad de obtener mayor competitividad. En cuanto a las competencias que poseen sus empleados, se recomienda hacer un análisis para caracterizar a mayor profundidad las necesidades de formación que existen y se realicen acciones concretas al respecto, algunas recomendaciones son fortalecer destrezas técnicas a través de talleres, cursos presenciales e inclusive la formación de habilidades digitales para fomentar la capacitación autogestiva en línea, lo anterior considerando que las competencias personales no deben menospreciarse, sino que deben tomar un lugar importante, ya que las habilidades blandas forman un papel coyuntural en la formación de profesionales en el siglo XXI [5], como mencionan Blázquez, et al. [9] en su estudio, donde todas las empresas encuestadas dan importancia a las habilidades de trabajo en equipo y capacidad de ejecución de las tareas, además que para el 91% de las empresas la capacidad de comunicación es considerada de vital importancia.

Adicionalmente, las IES deben mejorar la formación de estudiantes, desde el rediseño de sus planes de estudios ante el contexto científico y tecnológico actual, por lo que modelos como la formación dual siguieren una alternativa para la transformación digital de las empresas y su vinculación con las universidades [14]. Diversas universidades en México proponen la creación de mecanismos de recopilación de datos para analizar grandes volúmenes de información sobre la demanda y las tendencias actuales de las necesidades de competencias profesionales del mercado laboral. Al no tener este tipo de mecanismos actualizando la demanda y oferta de conocimiento de manera bidireccional entre empresas e IES se presenta una obsolescencia en el capital humano formado [8].

Dado que el proceso de transición a la Industria 4.0 en Latinoamérica se encuentra en una fase relativamente temprana de su desarrollo, existe un margen de acción considerable para empresas globales de base tecnológica, sus sedes regionales e Instituciones de Educación Superior. La importancia de lo anterior radica en desarrollar una visión estratégica de gestión del conocimiento en I4.0 que permita desde la inversión en investigación científica y desarrollo tecnológico que empresas y universidades, generen innovación aplicada a procesos, productos o servicios. Los resultados del estudio también siguieren tomar en cuenta a la sociedad dentro de un modelo de gestión de cuádruple hélice, ya que, desde el comienzo hasta el final de la cadena de suministros, es a esta a quien afectará cualquier producto o servicio elaborado en la transformación digital.

Agradecimientos

Agradecemos a las IES y a las empresas del sector TIC en el estado de Yucatán, México, que participaron en el estudio a través de sus equipos de trabajo y representantes. Asimismo, al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología en México, por permitir financieramente que los autores realizáramos las acciones de campo que la investigación requería.

Referencias

[1] H. Kagermann and W. Wahlster, “Recommendations for Implementing the Strategic Initiative Industrie 4.0: Final Report of the Industrie 4.0 Working Group,” *Germany,* 2013.

[2] W. MacDougall, “Industrie 4.0: Smart Manufacturing for the Future (Brochure20750),” *Germany Trade and Invest, Gesellschaft für Außenwirtschaft und Standortmarketing mbH*, 2014.

[3] S. Yang, M. R. A. Raghavendra, J. Kaminski, and H. Pepin,” Opportunities for industry 4.0 to support remanufacturing. Applied Sciences (Switzerland),” 8(7). *https://doi.org/10.3390/app8071177*, 2018.

[4] F. Tao, Y. Zuo, L. D. Xu, and L. Zhang, “IoT-Based intelligent perception and access of manufacturing resource toward cloud manufacturing,” *IEEE Transactions on Industrial Informatics*, 10(2), 1547–1557, https://doi.org/10.1109/TII.2014.2306397, 2014.

[5] M. Jacquez-Hernández, and V. G. López Torres, “Modelos de evaluación de la madurez y preparación hacia la Industria 4.0: una revisión de literatura,” vol. VI, no. 20, 2011.

[6] J. Mercader, “El impacto de la robótica y el futuro del trabajo,” *Revista de La Facultad de Derecho de México*, 67(269), 174, https://doi.org/10.22201/fder.24488933e.2017.269.62438, 2017.

[7] PriceWaterhouseCoopers, “Industry 4.0: Building the digital enterprise, ” *Recuperado el 24 de octubre de 2019, de www.pwc.com/industry40*, 2016.

[8] ANUIES, “Visión y acción 2030 Propuesta de la ANUIES para renovar la educación superior en México,” *Recuperado de https://visionyaccion2030.anuies.mx/Vision_accion2030.pdf*, 2018.

[9] M. L. Blázquez, R. Masclans, and J. Canals, “El futuro del empleo y las competencias profesionales del futuro: la perspectiva de las empresas”. *Retrieved from https://media.iese.edu/research/pdfs/ST-0490.pdf*, 2019.

[10] J. Ganzarain, and N. Errasti, “Three stage maturity model in SME’s towards industry 4.0,” *Journal of Industrial Engineering and Management*, 9(5), 1119–1128, https://doi.org/10.3926/jiem.2073, 2016.

[11] M. J. Caro Encalada, and C. E. Leyva Morales, “El cluster de la industria del software en Mérida, Yucatán,” *Universidad Autónoma de Yucatán. Contaduría y administración,* (224), 137-157, ISSN 0186-1042, 2008.

[12] INEGI, “Micro, Pequeña, Mediana y Gran Empresa. Estratificación De Los Establecimientos,” *México*, 2014.

[13] N. O. Peña Avila, “Gestión del conocimiento ante la implementación de la industria 4.0 (Tesis de maestría),” *Tecnológico Nacional de México, Mérida. Yucatán,* 2019.

[14] D. T. Kahale Carrillo, “La formazione (in Spagna e in Italia) in Industry 4.0,” *Labour & Law Issues*, 2(2), I. 4271, https://doi.org/10.6092/issn.2421-2695/6495, 2016.

[15] M. Morales, “Sistema de aprendizaje dual: ¿Una respuesta a la empleabilidad de los jóvenes?,” *Revista Latinoamericana de Derecho Social*, 19, 87–110. https://doi.org/10.1016/s1870-4670(14)70665-7, 2014.

Contenidos televisivos y educación informal: dos programas de Radiotelevisión de Veracruz

G. H. Mar Vázquez[1] Ma. T. Arroyo Gopar[2], E. G. Barrios Pérez[3], M. A. Barragán Villarreal[4] y J. L. Cerdán Díaz[5],

[1 2 3 4 5] Facultad de Ciencias de la Comunicación, Universidad Veracruzana, Boca del Río, Veracruz.

[1] guadalupehmar@yahoo.com

***Área de participación**: Investigación Educativa*

Resumen

La finalidad de este artículo académico fue determinar si la programación de *Radiotelevisión de Veracruz*, promueve contenidos que contribuyen a la educación informal de los ciudadanos, al tratarse de una televisora pública sin fines de lucro, cuya función establecida en la Ley Federal de Radio y Televisión, es difundir la cultura, el entretenimiento y la educación. Para esta investigación cuantitativa fueron analizados dos programas: “Veracruz Agropecuario”, por ser el de mayor rating y más de 30 años al aire, así como “A la veracruzana”, una revista matutina que, de acuerdo con el portal de internet de la televisora estatal, es la de menor audiencia. El interés de este trabajo es comprobar si los mencionados programas incluyen contenidos que conlleven saberes a los veracruzanos y por ende, conocer si cumplen con esta responsabilidad social.

Palabras clave: educación informal, televisión, ciudadanía.

Abstract

The purpose of this academic article was to determine if the program of Radiotelevisión de Veracruz, promotes content that contributes to the informal education of citizens, being a public, non-profit television, whose function, established in the Federal Law of Radio and Television, is to spread culture, entertainment and education. For this quantitative research, two programs were analyzed: "Veracruz Agropecuario", for being the highest rated and with more than 30 years on the air and "A la Veracruzana", a morning magazine, which according to the website of the television station state, is the lowest audience. The interest of this work is to verify if the aforementioned programs include contents that bring knowledge to Veracruz citizens and therefore, if it complies with this social responsibility.

Key words: informal education, television, citizenship

Introducción

En las sociedades contemporáneas es cada vez mayor la importancia de los medios masivos y en particular de la televisión. Aunque las redes sociales hoy en día están manifestándose como un contrapeso en unos casos, y en otros, como un reforzamiento de lo que ocurre cotidianamente, observándose todos los días a través de la información que circula por ellas. En el caso de la televisión, esta influye sobre el modo de actuar o de pensar de las personas, logra modificar la forma en que los hombres conocen y comprenden la realidad que los rodea. Se aceptan como reales y se consideran importantes solo aquellos acontecimientos que muestran las cámaras de televisión. La función de la televisión, en el proceso de trasmitir contenidos en general, se relaciona con los programas de tipo informativo, de entretenimiento y publicidad que influyen en el comportamiento y en los hábitos de consumo de la población en general, inmersos en este bombardeo de contenidos programados de acuerdo con las políticas e intereses de las televisoras.

Las personas no sólo aprenden contenidos y acceden a información, a partir de un programa televisivo incorporan también prácticas sociales que asumen como comportamientos cotidianos en su vida dentro y fuera de la escuela, mismos que aplican en su socialización con el entorno en donde se desenvuelven. La televisión, ciertamente, enseña acerca de saberes y prácticas habituales esenciales. Ver televisión forma parte de las necesidades reconocidas y aceptadas por las familias.

Sin embargo, en la actualidad, a la televisión no le interesan los contenidos que contribuyan a una formación educativa, se enfocan más en programas de entretenimiento y de información, con la única intención de captar la preferencia de los televidentes y superar en rating a sus competidoras, ya que esta situación les permitirá la posibilidad de una mayor comercialización publicitaria. Este problema se presenta no solo en la televisión comercial, sino también en la pública, que, si bien no comercializa en los mismos niveles que la televisión abierta, si dedica un importante espacio de sus contenidos a difundir temas e información relacionados con los programas que llevan a cabo los gobiernos que tienen a su cargo la concesión social.

Marco teórico conceptual

En este apartado se pretende aclarar conceptualmente en qué consiste la educación informal que se trasmite a la población a través de los medios de comunicación, concretamente de la televisión pública. Desde la prehistoria los seres humanos están sujetos a un aprendizaje permanente de los saberes que se van adquiriendo a lo largo de la vida, con el paso del tiempo esta educación se da a través de los programas educativos que regula la Secretaría de Educación Pública, en el caso de México, la otra, es la que se recibe por medio del entorno social, en el que se desenvuelven los individuos y a través de los medios masivos de comunicación, como prensa, radio, televisión y redes sociales. La educación es definida por algunos pensadores como lo plantea Reynaldo “La contribución al desarrollo de los individuos y de su grupo social, esta les orienta y facilita actividad que opera en ellos cambios positivos, en sus comportamientos, actitudes, conocimientos, ideas y habilidades” [1, pp 15-16].

Sin embargo, cuando se habla de educación, de inmediato las personas lo asocian con las instituciones educativas en donde se da el proceso enseñanza-aprendizaje-evaluación, no obstante, existen otras formas a través de las cuales también se da la enseñanza de saberes, valores, creencias entre otros, que los individuos adquieren en sus relaciones sociales, con la familia y a través de los medios de comunicación. Hablar de educación, abarca una amplia gama de actividades que van desde habilidades sencillas a formas superiores de visión intelectual, que se adquieren tanto en la escuela, en la familia y en el entorno social, donde se desenvuelven los individuos a lo largo de su vida, este aprendizaje que se obtiene en los diversos ámbitos de socialización influye en el modo de pensar, sentir y actuar de los seres humanos. Lo cierto es que los individuos en su contexto de vida, están expuestos a recibir cualquier tipo de información que conlleva diversos aprendizajes, mismos que aplican en su quehacer cotidiano y en su entorno social. Por ello, los autores hablan de diversos tipos de educación a través de los cuales se adquieren conocimientos. Uno de ellos, Santiago Yubero [2] , menciona tres tipos de educación, la formal, no formal y la informal: La primera es aquella que se vive en la escuela con procesos intencionados dirigidos para obtener un título profesional de reconocido prestigio; la segunda, las acciones educativas también son sistematizadas, pero se producen en entornos externos a la institución escolar, la tercera carece de un entorno educativo definido, pero quizá el medio educativo más potente y eficaz es la televisión que como agente socializador trasmite una cultura muy determinada que incluye valores, creencias y comportamientos concretos vinculados a los intereses de los grupos dominantes en la sociedad. La educación informal, es aquella que se obtiene de las influencias ambientales que rodean a las personas, no está organizada, no tiene objetivos, ni tampoco una duración o periodo. Los aprendizajes se alcanzan a lo largo de la vida, ya sea de las experiencias de los individuos, de las historias, leyenda y de los contenidos e información que difunden los medios de comunicación y que se trasmiten de generación en generación.
Hablar de educación informal en la televisión, no solo incluye a la comercial, sino también a la televisión pública, oficial o permisionada, que se concibe como los sistemas y canales, que además de la difusión de sus contenidos, nacieron por intereses políticos, no lucrativos, con la finalidad de

uso social y educativo, están al servicio público y por su tecnología, tienen una penetración masiva. En muchos casos dependen del Estado, en otros de universidades públicas o como es el caso de *RTV de Veracruz*, son permisos entregados al gobierno estatal.
La función de la televisión pública es ofrecer servicios, satisfacer las necesidades de información, educación y cultura de la población que se deben difundir a través de una señal de calidad, sin interrupciones.
De acuerdo con la Unesco, "la radio y la televisión pública, encuentra su razón de ser en el servicio público, se dirige a cada persona en su calidad de ciudadano; fomenta el acceso a la vida pública, la participación en ella, desarrolla los conocimientos, amplia los horizontes y permite que cada uno se comprenda mejor al comprender el mundo y a los demás. Es una herramienta de información y educación accesible a todos, independientemente de su condición social y económica" [3, p.8].

Su programación no solo se limita a informar y promover la cultura entre su audiencia, fomenta además la imaginación y divierte, sin descuidar la calidad de sus contenidos que la puedan diferenciar de la televisión comercial. Tomando en cuenta que a diferencia de la privada y de acuerdo con la Ley Federal de Radio y Televisión, en su artículo 67, fracción dos, establece que las televisoras públicas no podrán explotar o prestar con fines de lucro servicios de telecomunicaciones o radiodifusión o capacidad de red. Fidela Navarro [4] y Ernesto Villanueva, en su libro Medios de Servicio Públicos y Transparencia, establecen una diferencia entre medios estatales y medios del servicio público, los primeros son aquellos que sirven a los intereses del Estado, de los gobernantes en turno, mientras que los segundos, sirven a la ciudadanía con el Estado como garante obligado de dicho servicio público. Esa realidad parcial, que trasmite la televisión a través de sus imágenes y mensajes, es una de las primeras consecuencias de su poder de sociabilización, cuya finalidad es influir en la mentalidad de los diversos públicos a los que dirige sus contenidos y que se consideran como fuente de aprendizajes, que Concepción Medrano, clasifica en tres dimensiones: Los propios contenidos narrativos, el medio en sí mismo y el lenguaje televisivo [5]

Los efectos de la pantalla a la que los televidentes están expuestos, es un proceso educativo informal que incide en su personalidad. Ese rol educativo informal que juega la televisión, no se limita a la programación que de manera evidente se le dirige a la población, sino que, se encuentra presente en todo el material televisivo, puede ser desde un dibujo animado hasta una noticia, que el público se habitúa a consumir con pautas que responden a la lógica de continuidad de la programación, de la estructura comercial y de los fines y contenidos de cada programa.
La investigación se enfoca a analizar precisamente a la televisión pública en Veracruz, caso concreto *Radiotelevisión de Veracruz*, que surge en 1980, durante el periodo de gobierno de Rafael Hernández Ochoa fue la primera televisora que se autoriza en una entidad federativa con fines educativos y culturales. Bajo la denominación de XHGV TV más. Actualmente tiene presencia en 12 estados de la República Mexicana, además de que su señal satelital llega a otros países, como Estados Unidos, además de Centro y Sudamérica.
Desde su fundación como televisora pública, ha tenido como objetivo la producción de programas, cuyos contenidos que trasmite a través de su señal, contribuyan a elevar la calidad de vida de los veracruzanos, a difundir la cultura, las tradiciones, sitios turísticos y los valores.
Cabe destacar, que el término de televisión pública comprende todos los sistemas, aparatos y canales que, independientemente de los contenidos que difundan, han surgido de un apremio estético, de un interés político, de un objetivo que apunta al uso social y educativo de una tecnología puesta al servicio público con un alcance masivo y que dependen de alguna instancia del Estado. [6]
Actualmente *Radiotelevisión de Veracruz*, produce 19 programas que se trasmiten de lunes a sábado, en diferentes horarios; los contenidos están enfocados a noticiarios informativos, deportes, entretenimiento y cultura, que van dirigidos a públicos diversos en todo el estado y entidades hasta donde llega la señal.

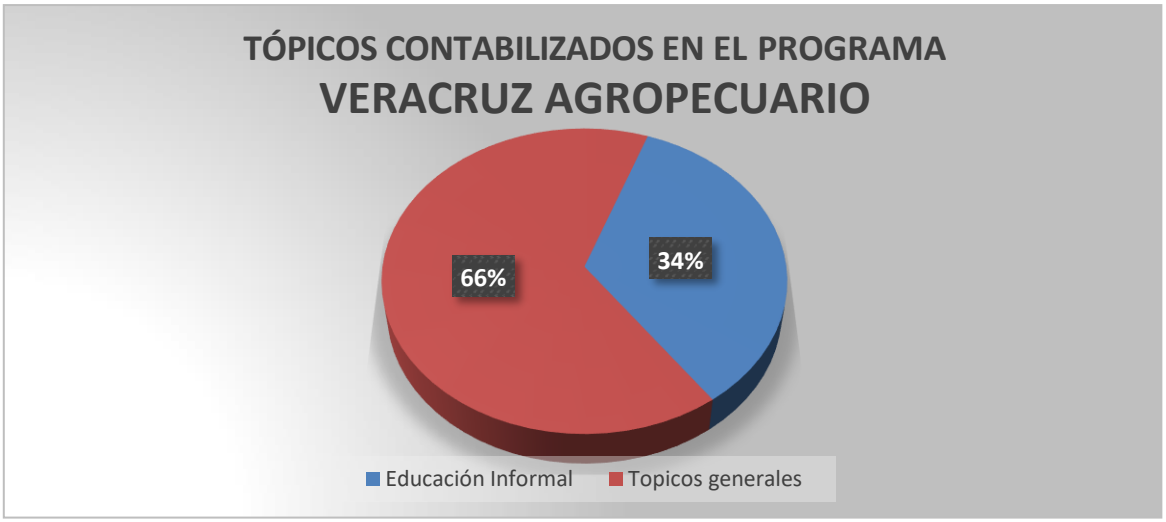
Para el caso de esta investigación, en *Radiotelevisión de Veracruz*, canal televisivo que fue objeto de este estudio, se aplicó la técnica del método cuantitativo a fin de determinar si la televisora oficial, cumple con su responsabilidad social de educación informal a su audiencia.
Cabe destacar que se analizaron los programas con mayor y menor audiencia, el primero que es "A la Veracruzana", según la misma encuesta que realiza el portal de *RTV*, solo cuenta con un cinco

 ISSN 2007-8102

por ciento de preferencia del público televidente, en tanto que “Veracruz Agropecuario”, ha sido en los últimos años el que mayor rating ha alcanzado en la televisora oficial.
Se eligió el programa “Veracruz Agropecuario”, porque va dirigido a las familias del campo, que son un punto geográfico importante para efectuar la presente investigación, al respecto Sánchez [7], considera que la actividad que más realizan las personas es ver televisión, por lo que desde una perspectiva responsable, la televisión pública y privada deberían fomentar espacios que generen educación informal con contenidos de calidad y entretenido en base a las necesidades reales del grupo demográfico en cuestión. [7]
De igual manera, se decidió analizar “A la veracruzana”, por ser una revista matutina de entretenimiento que se trasmite todos los días durante una hora con 30 minutos, lo conducen jóvenes y los contenidos que se incluyen tienen que ver con tópicos para ese segmento de la población y también adultos.
Esta investigación permitió determinar cuáles fueron los tópicos que aportaron conocimientos, su valor, si hubo relación entre los contenidos, interacción y pertinencia con el público, si las intenciones formativas fueron explícitas o implícitas, las estrategias para la presentación de contenidos, el tiempo o espacio que se les dedicó, las fuentes especializadas que intervinieron y el formato en el que se presentó el tema abordado.

Resultados y discusión

El programa “Veracruz Agropecuario”, abordó durante cinco días en su guion programático, del 23 al 27 de octubre de 2018, un total de 29 temáticas. Diez, aportaron saberes que contribuyeron a la educación informal del televidente. En especial a la zona rural del estado de Veracruz y entidades federativas circunvecinos. Los otros 19 fueron de entretenimiento, deportes, llamadas del público, pronóstico del tiempo y promoción de eventos. Se observa en la investigación, (gráfica 1), que de la totalidad de los tópicos abordados en las emisiones del programa “Veracruz Agropecuario”, sólo el 34 por ciento difunden una educación informal al público de los sectores agropecuario, ganadero, pecuario y medio ambiente. El 66 por ciento restante tiene que ver con comentarios de los conductores, lectura de mensajes del público, a través de las redes sociales e invitación a eventos culturales, académicos y entretenimiento.



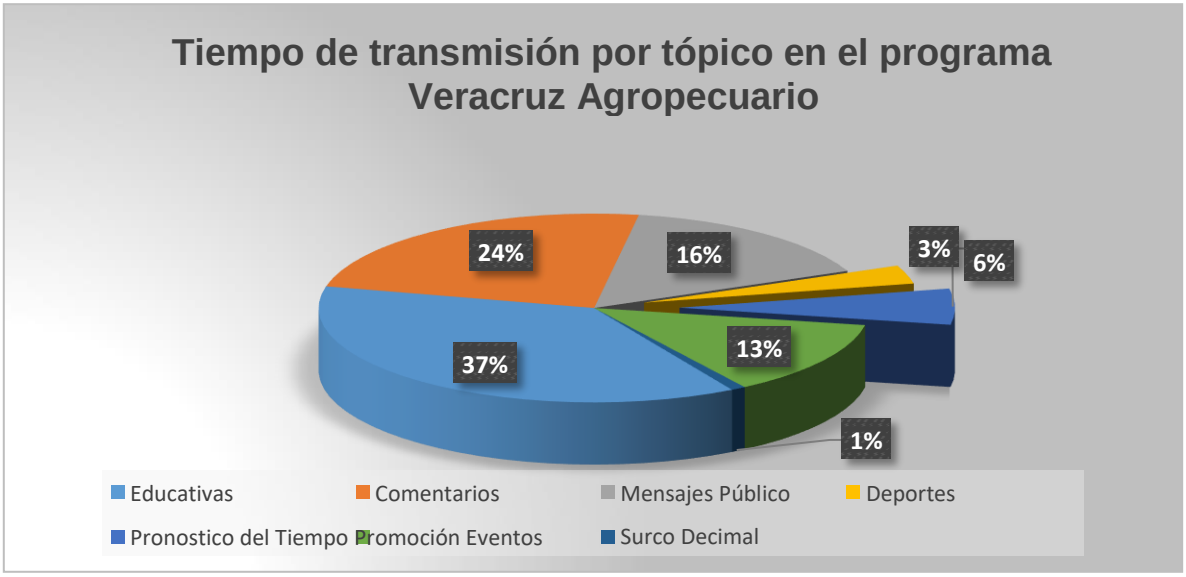
Gráfica número uno, autoría propia fundamentándose en el resultado de la investigación.

A través de géneros televisivos como la Entrevista y la Cápsula Informativa, se exponen temáticas que se relacionan con el sector agropecuario e incluyen contenidos sobre: equinoterapia, producción de flor de Cempasúchil, naranja, la reproducción exitosa de yeguas, lagartos, tortugas, iguanas, ovinos y changos, además de la importancia de la reforestación y cuidado del medio ambiente. En

 ISSN 2007-8102

el 66% de los tópicos generales, se muestran actividades sobre anuncios de eventos para el campo, la cultura, tradiciones y festividades. Con una sección informa el estado climatológico. Incluso de los temas de la entrevista, el conductor del programa televisivo, en forma directa destaca el valor de la temática. Los contenidos ya descritos, aportan saberes al televidente, mismos que se le dan a través de ejemplos de su vida cotidiana orientados hacia los productores.

Con lo anterior, se puede concluir que solo en el 34 por ciento de los tópicos abordados de esta programación, hay saberes científicos que se le presentan al televidente de las zonas agropecuarias del estado, a través del programa "Veracruz Agropecuario". Los contenidos se fundamentan en entrevistas a especialistas, intelectuales, académicos, investigadores y expertos en la materia. En forma sencilla brindan, la información necesaria para conformar nuevos saberes, que aplican los hombres del campo en su actividad. Además, se difunden otros conocimientos relacionados con las tradiciones de los mexicanos, como las fiestas de Todos Santos. Se observó que las fuentes de información que participaron para explicar los diversos tópicos son especializadas en cada una de las áreas que se abordaron; dominan el conocimiento, contextualizan la información que brindan al televidente. No así en algunas cápsulas informativas. El espacio o tiempo dedicado a los temas abordados, durante las cinco emisiones monitoreadas de "Veracruz Agropecuario", (gráfica 2) entre cápsulas y entrevistas de contenidos que contribuyeron a la educación informal, suman 57 minutos de lunes a jueves; el viernes, una hora completa se utilizó en una trasmisión especial desde la Unidad de Manejo Ambiental, solo una hora con 57 minutos, se enfocó a trasmitir saberes que contribuyeron a la educación informal de ese sector de la población que habita sobre todo las zonas rurales. De los temas que trasmitieron saberes al segmento de la población al que se dirige el programa, destacan: agricultura, ganadería, medio ambiente, conservación de especies y solo una en salud. A todos ellos, en el género de la Entrevista, les dedicaron de 4 hasta 16 minutos, las más extensas se presentaron al inicio una parte y la segunda a la mitad o al final del programa. En total fueron una hora con 57 minutos, lo que representa el 37 por ciento del espacio concedido a estos tópicos.



Gráfica número dos. Autoría propia. Fundamentándose en el resultado de la investigación.

"A la Veracruzana", es el otro programa de revista que fue observado y analizado una semana, en las cinco emisiones, trasmitidas por Radio Televisión de Veracruz; se publicaron 77 tópicos y de estos, solo en 21, sus contenidos aportaron conocimientos informales para el público televidente, en materia de salud, protección civil, aves, tradiciones y ritos sobre la muerte, obras de teatro, los 56 temas restantes, fueron relacionados con entretenimiento, deportes, promoción de eventos, tecnología, social, información general y espectáculos, entre otros.

 ISSN 2007-8102

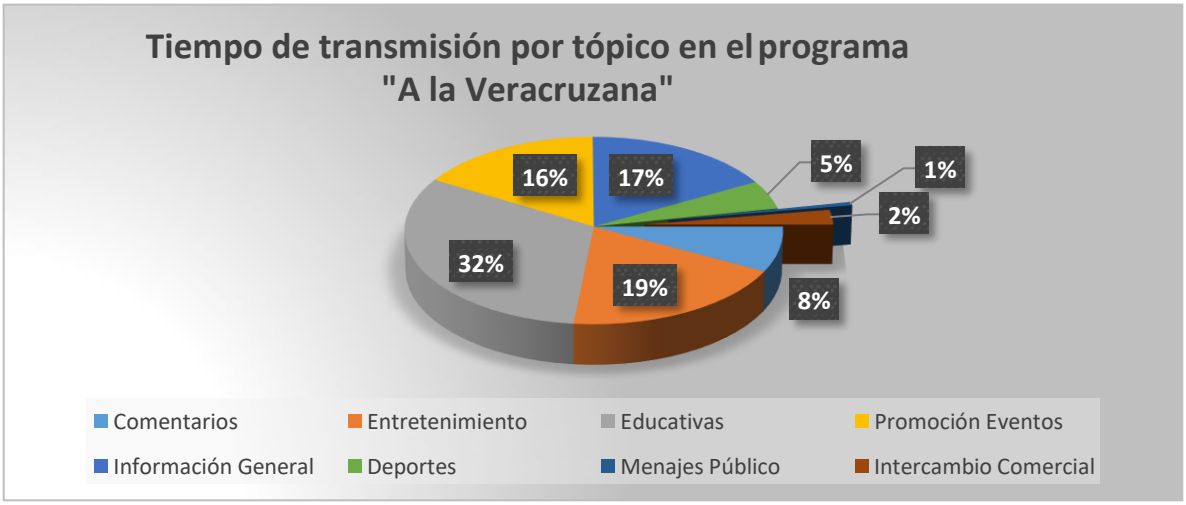


Gráfica número tres. Autoría propia. Fundamentándose en el resultado de la investigación.

En la gráfica tres, se observa que el 27 por ciento de los tópicos insertados en los contenidos del programa “A la Veracruzana”, pretenden llegar a las audiencias asentadas en las principales ciudades del estado de Veracruz, proporcionando ciertos conocimientos informales relacionados con la salud y las tradiciones mexicanas. El programa a través de sus contenidos, trata de llegar a segmentos poblacionales conformados por jóvenes y adultos mayores, enfocándose en los temas de prevención y cuidado de la salud, fomento al rescate de las tradiciones populares, obras de teatro, entre otros. El resto, 73 por ciento de los contenidos, abarca tópicos de interés general, como la promoción de carteleras culturales, deportivas, entretenimiento diverso y espectáculos. El programa “A la Veracruzana”, utilizó los géneros televisivos como la Entrevista y Cápsulas Informativas, para presentar tópicos, relacionados con la salud, conservación de las tradiciones, fomento a la cultura, protección civil, deportes y espectáculos entre otros. Se observa que, ante tanta generalidad dentro de las temáticas abordadas, no mantiene un segmento de poblacional fiel al tratar de abarcar mucho. Aunque no forma parte de la investigación, ese pudiera ser un factor de que “A la veracruzana”, sea uno de los programas con menor audiencia. Los 21 tópicos mencionados, conllevaron aprendizaje informal al público televidente, principalmente en la prevención de enfermedades para tener una vida más sana. La entrevista se acompaña de imágenes para facilitar los saberes al público televidente. Se da el conocimiento, a través de estas estrategias de presentación de contenidos, los saberes proporcionados son más fáciles de asimilar por el cognitivo de quienes en ese momento sintonizaban el canal.

Durante el análisis de los contenidos del programa, se observó que los conductores, en algunos casos, no mencionaron la profesión o actividad de los entrevistados, solo dieron su nombre, para de inmediato comenzar a explicar los tópicos. El público no supo si el invitado es experto en la materia o no. Lo anterior podría afectar la credibilidad de la fuente, e incluso la adquisición de saberes de manera más efectiva por parte del televidente, ambas situaciones dan paso a otros estudios científicos.

 ISSN 2007-8102



Gráfica número cuatro, autoría propia, fundamentándose en el resultado de la investigación.

En una programación de 7 horas y media analizada, durante cinco días de la semana, la revista “A la veracruzana”, solo dedicó dos horas con 7 minutos y 22 segundos a tópicos relacionados con la educación informal; las cinco horas restantes abarcaron temáticas donde se observó, la no intención de lograr conformar procesos de aprendizaje informal para el auditorio. Durante los cinco días, el programa incluyó diversos segmentos que si bien no proporcionaron aprendizajes informales al público, brindaron algún tipo de información relacionada con el entretenimiento, la cultura, deportes y promoción de eventos.

En comentarios de los conductores al iniciar el programa, entre saludos y presentación de los temas, durante los días que duró la investigación, (gráfica 4) destinaron 28 minutos con 36 segundos, (18 %), a temas de entretenimiento como espectáculos, música en vivo. Una hora con 28 minutos, (19%); a la promoción de eventos culturales en la capital del estado, Xalapa; una hora con 17 minutos, (16%), a temas informativos como el tejido de tapetes con bolsas de plástico para indigentes en época de frio, campañas para recaudar juguetes para niños de comunidades marginadas y fabricación de autos eléctricos que no utilizan gasolina; a comentarios del público 2 minutos, con 15 segundos, (1 %). Fueron 18 minutos con 12 segundos, (5%), para promover el deporte, y rutinas de ejercicio para mujeres. Se dedicaron también nueve minutos con 36 segundos, (2%), a intercambios comerciales, es decir, las empresas que tienen algún tipo de publicidad con el canal, como Fábricas de Francia, Revista Vida Nova, que promueve sus actividades y de otras organizaciones relacionadas con esta, maquillistas y boutiques que maquillaron y vistieron a los conductores de acuerdo con la temporada de “Todos Santos” y que se les paga publicitándolos a través de los conductores.

Conclusiones

Como conclusiones preliminares podemos observar que *Radio Televisión de Veracruz (RTV*) no cumple al cien por ciento con su responsabilidad social de proporcionar educación informal a los veracruzanos, pues de un promedio de 20 horas de producción propia durante la semana, se destinaron 12 horas con 30 minutos a los programas “Veracruz agropecuario” y “A la veracruzana”. En ambos programas solo se dedicaron 4 horas con 4 minutos a contenidos que conllevaron a la divulgación de saberes en Educación Informal, la televisora pública no difunde contenidos que respondan a las necesidades e intereses de los veracruzanos. De acuerdo con los contenidos de estos dos programas no forma criterios, ni contribuye desde sus producciones televisivas a la construcción de ciudadanía. Derivado del cruce de datos también podemos señalar que menos de un 30 por ciento de las doce horas y media, fueron destinadas solo para promover educación informal y tradiciones mexicanas; el resto del tiempo que significa un 70 por ciento, fue para la difusión de

tópicos diversos que no incluyeron ni aportaron saberes para las audiencias. Por los contenidos televisivos analizados, se puede inferir que *RTV* sirve a los intereses del Estado, sus contenidos y programación están sujetos a las decisiones de los gobernantes en turno.

En el caso del programa “Veracruz Agropecuario”, de 29 tópicos contemplados en la producción de una semana, solo diez transmitieron conocimientos con intenciones formativas implícitas. En el programa “A la veracruzana” de los 77 temas abordados, solo 21 de ellos promovieron divulgación de conocimientos de tipo informal. La televisora estatal no es un Organismo Público Descentralizado, más bien es un medio de difusión de los actores políticos del gobierno en turno. Finalmente se puede inferir que hace falta un análisis profundo de su barra programática para conocer las necesidades que en materia de educación, valores, costumbres, tradiciones y cultura demandan los veracruzanos, sobre todo, las nuevas generaciones que requieren de contenidos con calidad que faciliten la adquisición de conocimientos informales, para forjarse como ciudadanos mejor preparados y responsables ante la vida y su entorno social.

Referencias

[1] S.D. Reynaldo. La educación, su Filosofía, su Sociología, su Método. México. Ed. Trillas, 1992.

[2] S. Yubero. Capítulo 24: Socialización y Aprendizaje Social. En *Psicología Social, cultura y educación*. Madrid, Esp. Ed. Pearson, 2003.

[3] UNESCO (2014, septiembre 27). Unesdoc.unesco.org [Online]. Available: http:// unesdoc.unesco.org

[4] F.V. Navarro. Medios de servicio público y transparencia. México: Senado de la República. UNAM, 2008.

[5] M. Concepción (2006, marzo 23). El poder educativo de la televisión. Revisa de Sicodidáctica, Universidad del país Vasco: [Online]. Available: http://wwwredalyc.org/articulo

[6] T.A. Florence (mayo-agosto, 2009). Histoira y políticas de la Televisión Pública en México. Revista Mexicana de Ciencias Políticas y Sociales. [Online]. Available: http://www.redalyc.org/artículo.oa

[7] P. Sánchez. Viudedad y vejez. España: Nau Libres.

Diagnóstico para el análisis de la cadena de suministro de una empresa de Ticul, Yucatán.

T. Navarrete Castillo[1] y F.Y. Parra Argüello[2].*
[1]Departamento de Ingeniería en Gestión Empresarial, Instituto Tecnológico Superior del Sur del Estado de Yucatán, Oxkutzcab, Yucatán, México
[2]Departamento de Ingeniería Industrial, Instituto Tecnológico Superior del Sur del Estado de Yucatán Oxkutzcab, Yucatán, México
tnavarrete@suryucatan.tecnm.mx

Área de participación: *Ingeniería Administrativa*.

Resumen
El contexto de una cadena de suministro integrada es una colaboración de varias firmas que considera un sistema de flujos y restricciones de recursos importantes. Dentro de este contexto, la estructura y estrategia de una cadena de suministros se producen a partir de los esfuerzos que permiten cumplir el compromiso operativo de una empresa con sus clientes, al mismo tiempo que apoyan las redes de distribución y de proveedores para obtener una ventaja competitiva. Este último es el objetivo que se persigue para que la cadena de suministro sea eficiente. Una de las industrias más importantes dentro del sector económico en el sur del estado de Yucatán es la del calzado, es por ello, que el presente estudio se desarrolla en el municipio de Ticul, este sector productivo representa un motor económico para esta ciudad, abarcando una gran variedad de productos con diseños creativos e innovadores.

Palabras claves: *Cadena de suministro, competitividad y empresa.*

Abstract
The context of an integrated supply chain it's a collaboration of several signatures and restrictions of important resources. Inside of this context, the structure and the strategy of a resource chain are produced through the effort that allow to fulfill the operative commitment of an enterprise within its clients, at the same time that they support the distribution nets and provides to obtain a competitive advantage.
One of the most important industries within the economic area of the State of Yucatán is the footwear, that's why this study is developed in the city of Ticul. This productive field represents a fundamental economic cornerstone to this city, covering a large amount of products with creative and innovative designs.

Keywords: *Supply chain, competitive and company.*

Introducción
En la presente investigación se expone un diagnóstico para el análisis de la cadena de suministro de una empresa de calzado “Ileana Patricia, ubicada en el municipio de Ticul Yucatán, que tiene más de 50 años de antigüedad, lo que la hace ser una empresa consolidada en la comunidad. Para el análisis se tomaron como puntos relevantes cada una de las fases de la cadena productiva desde los proveedores hasta el cliente final; y la cadena de suministro, ya que es una estrategia para contribuir con el desarrollo y permanencia de las empresas, así como la mejora continua para reducir costos e incrementar ventas. Cabe mencionar que el sector industrial del calzado en Yucatán está integrado por 358 fábricas, de las cuales 229 están ubicadas y registradas en el municipio de Ticul [SAIC, 2019].

A pesar de que la contribución del PIB de la fábrica de calzado es discreta, es una industria que genera mucho más empleo que la inversión en otros sectores de la economía mexicana, por ejemplo, la cadena autopartes-automotriz.

Hoy en día, parece evidente la obsolescencia del paradigma industrial basado en optimizar los procesos de la cadena de suministro como si se trataran de funciones aisladas, cuyo objetivo fuera optimizar su eficiencia y estabilidad. Las empresas deben evolucionar de ese enfoque industrial endogámico basado en la eficiencia interna de los procesos a un paradigma orientado en el valor añadido que se da a los clientes con una visión global de la cadena [Vilana, 2010 p.2].

La presente investigación tiene como propósito realizar un diagnóstico para el análisis de la cadena de suministro de una empresa manufacturera en Ticul, Yucatán respondiendo las siguientes preguntas de investigación: ¿Cómo está estructurada la cadena de suministro de la empresa estudiada? ¿Cuál es la posición ocupada por la empresa dentro de la cadena de suministro? ¿Cómo son los procesos de la cadena de suministro de la empresa en estudio?

La competitividad y la cadena de suministro una perspectiva en el mercado global

El tema de la competitividad se ha venido planteando desde ya hace algunos años atrás, donde su verdadero nivel de importancia estuvo enmarcado por las condiciones cambiantes del mercado global, las cuales demandaban a las empresas de nuevas estrategias que les permitieran mantener una posición y participación más constante dentro del mismo mercado. Hoy en día la competitividad ya es tarea de todos los sectores productivos, preocupación de los empresarios e inversionistas. Basándose en el concepto definido por Porter [2002], la competitividad es hacer las cosas mejor que la competencia, en función de nuevas redes, alianzas o cadenas cooperativas, a través de interacciones entre las empresas, industrias y regiones buenas. Paralelo a esto Villareal [2001] asegura que la competitividad representa un proceso dirigido a la generación y el fortalecimiento de las capacidades productivas y organizacionales, con el fin de afrontar los cambios del entorno, reemplazando las ventajas comparativas en competitivas a largo plazo, como condicionante indispensable para alcanzar niveles de desarrollo elevados y exitosos. Por otro lado, Morales [2015] define el concepto de competitividad como la capacidad que tiene una industria de alcanzar sus objetivos, de forma superior al promedio del sector en referencia y de forma sostenible.

Desde esta perspectiva observamos que la industria del calzado se perfila para alcanzar este objetivo, ya que existe cierto cambio en sus capacidades productivas, hay cierto número de fábricas que buscan completar su cadena de suministro como estrategia competitiva, son proveedoras de sus propias fábricas y buscan posicionar puntos de ventas en diversos puntos del municipio y en otros lugares fuera de ella.

La competitividad ya no es una opción, es una estrategia que se debe alcanzar, si se quiere permanecer en el mercado. La globalización de los mercados, la competencia entre los sectores económicos y la propia ideología neoliberal, han convertido el tema de la competitividad en el núcleo de las estrategias de empresas, gobiernos e instituciones de investigación. Ser o no ser competitivo resumen las opciones de sobrevivencia y triunfo o fracaso y anulación [Porter, 2002].

Coincidiendo con varios autores podemos afirmar que una empresa será competitiva si su cadena de suministro es eficiente y efectiva. De aquí la importancia de realizar el diagnóstico mediante el análisis de la cadena de suministro de una empresa de calzado de Ticul Yucatán.

Importancia de la cadena de suministros

La globalización del entorno económico es un hecho irreversible y sus efectos en todos los sectores económicos cada vez se hacen más evidentes. En el ámbito empresarial el efecto se ha reflejado en la organización de la producción, en la estructura competitiva de los mercados y de manera relativa en la transformación de las relaciones comerciales. En general, la empresa de transformación por lo general busca la integración con las unidades de negocios en su cadena de producción [Jiménez y Hernández, 2005 p.67].

La cadena de suministros es un conjunto de empresas que interactúan entre sí para satisfacer las necesidades del cliente, realizando funciones desde la obtención de materiales de los proveedores, movimiento de materiales entre instalaciones, desarrollo de productos, distribución de bienes terminados a los clientes, servicio posventa, así como también de información desde el punto de origen hasta el punto del consumidor.

El conjunto de empresas que interactúan entre sí crean una red que automáticamente se ha convertido en la extensión de los esfuerzos relacionados con la integración tradicional, evolucionando de ser organizaciones aisladas a la creación de empresas ampliadas y a la creación de valor para cada uno de los integrantes de la red [Jiménez y Hernández, 2005 p.67].

Las organizaciones tienen la necesidad de considerar como una variable estratégica la cadena de suministro debido a los cambios del entorno. Por lo que el grupo de empresas participantes que trabajan bajo el enfoque de cadenas de suministros, adquieren una ventaja competitiva, ya que las organizaciones establecen relaciones más estrechas entre las unidades productivas participantes obligándolas a interactuar de manera constante y sistematizada; así como también, a adquirir un mayor compromiso llevando a cabo un cambio en la cultura empresarial.

Metodología

En la presente investigación se utilizaron fuentes primarias y secundarias. Como fuente primaria se utilizó como instrumento de recopilación de información una entrevista semiestructurada con un total de 39 ítems considerando datos generales y breve historia de la empresa, estructura organizacional, proveedores, productos, distribución, almacenamiento, transformación del producto y los sistemas de información que se utilizan en la cadena de suministro, la cual se realizó al gerente de la zapatería seleccionada para llevar a cabo la investigación. El estudio de caso se realizó a una PYME del sur del Estado de Yucatán perteneciente al sector de fabricación de calzado, con un total de 43 empleados.

Con el objetivo de constatar el panorama al que se enfrenta la industria del calzado en México, Yucatán y específicamente en el municipio de Ticul se consultaron fuentes de información secundarias, obteniendo información del INEGI y SAIC, proveniente de los censos económicos 2014 y 2018.

El enfoque adecuado para la investigación actual es cualitativo a través del método de estudio de caso. Es una investigación cualitativa porque permite entender cómo los participantes de una investigación perciben los acontecimientos. El investigador Ortiz, A. R. menciona en el libro de Metodología de Investigación que el uso de esta aproximación es de carácter inductivo y sugiere que, a partir de un fenómeno dado, se pueden encontrar similitudes en otro, permitiendo entender procesos, cambios y experiencias [Hernández, Fernández & Baptista, 2014, p.381].

De acuerdo con la clasificación de Hernández, Fernández y Baptista [2010, p. 149] la investigación que se desarrolló es no experimental y descriptiva porque el estudio realizado es un diagnóstico a través del análisis de la cadena de suministros y procesos de la empresa seleccionada sin la manipulación deliberada de variables y en los que sólo se observan los fenómenos en su ambiente natural para analizarlos; transversal porque se recolectaron datos en una sola ocasión al representante de la empresa.

Resultados y discusión

Perspectiva de la industria del calzado en México, Yucatán y Ticul

De acuerdo con el SAIC [2019] en México, se encuentran 4’800,157 Unidades económicas en el sector manufacturero, de las cuales 8,996 pertenecen al sector de la fabricación de calzado, representando el 1.87% en la rama 3162 fabricación de calzado.

Apreciando la figura 1, podemos visualizar claramente que la industria del calzado se encuentra concentrada principalmente en tres estados de la república: Guanajuato y Jalisco; y refiriéndonos en “otros” a los estados de México, Yucatán y Michoacán, Puebla, con ello se puede observar la participación que representa la industria del calzado a nivel nacional.

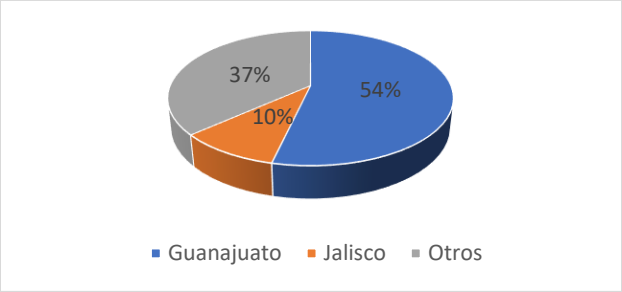


Figura 1. Distribución de las fábricas de calzado a nivel nacional.

Como se había mencionado anteriormente la industria de calzado se ubica principalmente en Guanajuato, teniendo registradas 4,698 unidades económicas del sector, representando el 52.2 % a nivel nacional.

En cuanto a Yucatán, se tiene el registro de 358 fábricas de calzado, de las cuales, el 63.97% se encuentran en la localidad de Ticul (229 fábricas), el 15.6% en Hunucmá, el 8.1% en la ciudad de Mérida y el 2.1% en Chapab y Teabo [SAIC, 2020].

En lo que se refiere al personal ocupado, de acuerdo con el INEGI [2014] la fabricación de calzado generaba 120,373 empleos. Las principales entidades en las que se concentraba el personal ocupado fueron Guanajuato, Jalisco y el Estado de México con participaciones del 72.6%, 14.3% y 3.2% respectivamente; mientras que el estado de Yucatán generó 1,373 empleos, teniendo una participación del 1.1% a nivel nacional.

En la Tabla 1 se presentan los porcentajes de la contribución de ingresos del estado de Yucatán a nivel nacional y el municipio de Ticul a nivel estatal. Yucatán ha reducido al 0.31% su participación a nivel nacional en el sector de la fabricación de calzado desde el 2004 al 2014. Sin embargo, Ticul ha incrementado su contribución de ingresos a Yucatán en un 6.7% comparando el año 2004 y 2009 respectivamente. Aunque a nivel nacional la participación de Yucatán es mínima, la fabricación de calzado de la localidad de Ticul juega un papel fundamental para el desarrollo económico del estado, por lo que es de suma importancia que la industria del calzado pueda evolucionar y adaptarse al entorno, con el propósito de permanecer en el mercado y poder competir en el sector.

Tabla 1. Porcentajes de contribución de ingresos de Yucatán y Ticul

Contribuyente	2004	2009	2014
Yucatán para México	0.79%	0.49%	0.31%
Ticul para Yucatán	74.1%	69.7%	80.8%

En el caso particular del sur de Yucatán, la industria del calzado aporta un impacto y desarrollo económico en la comunidad de Ticul, ya que desde el momento de ingresar a la comunidad observamos diversas fábricas y talleres de calzado, así mismo los puntos de venta de dichas fábricas. Existen puntos estratégicos en la misma comunidad donde vemos concentradas las tiendas comerciales de calzado. La empresa Ileana Patricia es una de las más antiguas fábricas de calzado de Ticul.

Características de la fabricación de calzado de Ticul

El municipio de Ticul se ubica a 85 Kilómetros de Mérida, entre los poblados de Muna y Oxkutzcab [INEGI, 2016]. A nivel estatal es el principal exponente de la industria zapatera, sus talleres se dedican especialmente a la fabricación de calzado femenino, masculino e infantil los cuales se distinguen por los diseños, calidad y precios accesibles, así como por el proceso en el que la artesanía son los principales elementos que caracterizan a la industria.

La industria de calzado es una de las actividades económicas más importantes de la región y del estado porque permite el desarrollo económico al generar empleos para la población, en cada fábrica emplean de 9 a 39 personas, los cuales su nivel de escolaridad abarca desde estudios de primaria hasta licenciatura.

Los principales problemas que presentan las fábricas de calzado se pueden mencionar: la demora en los procesos de entrega de los productos, el proceso de producción no está debidamente establecido, no existen estándares ni diagramas de proceso a seguir, se presentan deficiencias o excesos en los niveles de inventario y el flujo de información es inadecuado debido a la falta de tecnología [Martín, Parra y Navarrete, 2016].

Descripción de los procesos de los eslabones de la cadena de suministros del caso de estudio

En la encuesta se consideraron ítems que abarcan los eslabones de la cadena de suministro de la zapatería de estudio: proveedores, almacenamiento, distribución y sistemas de información.
La fábrica de calzado “Ileana Patricia” cuenta con 59 años de incursionar en la fabricación del calzado tradicional.

La zapatería es una empresa que se enfoca directamente a la sociedad femenina. Como mercado abarca parte de la región sureste, en los estados de Yucatán, Quintana Roo y Campeche, los productos no están dirigidos a

una segmentación en específico referente a la edad, los productos se dirigen a féminas de 3 años hasta adultas de 65 años.

Adquiere sus materias primas a través de los acuerdos comerciales entre los diferentes proveedores de sus insumos considerando sus pedidos.

La empresa fabrica calzado de dama, para uso casual y de vestir. Para realizar el diseño de cada calzado se requiere analizar las diferentes temporadas del año para variar los tipos de modelos. Se fabrican productos desde sandalias, escolares, tacones etc., cada uno en diferentes estilos variando los tipos de bases.

El gerente de la fábrica acude al modelista para que puedan tomar la decisión del mejor modelo a realizar.

Los calzados destacan ante las demás empresas por sus productos realizados con diseños creativos e innovadores, los calzados fabricados son creaciones originales de la empresa.

Para llevar a cabo el proceso del Picking, en el cual mantiene un contacto con el producto, desde el tratamiento y gestión; siendo este el eje del trabajo, la especialización laboral, y sobre todo el control de los tiempos dentro de la cadena de suministro. Por consiguiente, se desglosa en cuatro fases que involucrarán las etapas de producción de los zapatos.

Fase 1: Alta del pedido en el sistema: Los clientes disponen de una amplia variedad de opciones para hacer llegar sus pedidos, utilizando los catálogos existentes o de alguna manera, el departamento de modelaje. Adaptándose a los requerimientos y necesidades de cada cliente.
Fase 2: Preparación del pedido: Se realiza el picking de la mercancía solicitada en cada pedido mediante el uso de lecturas. Una vez completado el proceso se finaliza la expedición.
Fase 3: Validación del pedido al cliente: El departamento de administración da la conformidad de los pedidos realizados y cursa avisos a los transportistas para su recogida.
Fase 4: Expedición: Dentro de esta fase se lleva a cabo el envío, seguimiento y gestión del transporte, visualizando las conformidades de la entrega por cada envío.

La fábrica de calzado “lleana patricia” cuenta con dos principales proveedores, los cuales se encuentran en la misma localidad de Ticul, ya que al encontrarse en la misma comunidad facilita el tiempo de entrega y los costos son aún más bajos. Para poder realizar los diferentes productos con los que cuenta (Zapatos), la peletería “Karen” se encarga de surtir la materia prima.

Para que la mercancía llegue a la empresa utiliza un vehículo propio y esta se encarga de ir por la materia prima y los materiales que se requieran hasta el proveedor, en este caso su principal proveedor es la “peletería Karen”, el cual le surte en la cantidad y el tiempo en que sea necesario.

En caso de que el proveedor mencionado con anterioridad no cumpla con la demanda que requiera la empresa, se tiene un proveedor alternativo el cual lleva por nombre “Peletería Chelo” esta empresa se encarga de surtir los mismos materiales que les surte “Peletería Karen” los cuales son: el material que contiene cada zapato y los accesorios que algunos modelos requieren, y el pegamento.

Los parámetros que se utilizan para realizar las órdenes de pedido y establecer las cantidades de materia prima es el MRP con el que cuenta la empresa, ya que esta herramienta brinda información relevante de los proveedores y de igual manera, se encuentra los tiempos en los cuales es debido realizar pedido de materia prima y la cantidad necesaria que la empresa requiere en ese momento.

La materia prima es resguardada en el área de modelaje y se cuenta con suficiente espacio para mantener dicho material antes de su uso. Por el hecho de que es una empresa familiar se privan de contratar personal externo a excepción de las vendedoras directas, por lo que no contratan personal para estar a cargo y cuidado del almacén y optan por realizar las actividades de control por ellos mismos.

Aunque no se cuenta con un almacén completamente estructurado llevan un control de sus materiales por orden según los artículos como las pieles, las suelas y otros más con el fin de evitar tener problemas a la hora de comprar nuevos materiales y poder abastecerse en el momento que sea necesario.

 ISSN 2007-8102

El uso de los materiales se va rotando de acuerdo al tipo de calzados que fabrican por el hecho de que se basan de las tendencias del consumidor. No todas las temporadas se fabrican los mismos diseños las suelas son diferentes, así como de tacón bajo, de tacones de aguja, los de tacón corrido y otros más.

El espacio destinado para el resguardo de los materiales cuenta con las medidas indispensables de seguridad e higiene, aunque no sea un almacén con la infraestructura adecuada, sí toman medidas de control de salidas y entradas de los materiales, medidas de higiene como no introducir bebidas y alimentos, el registro de máquinas, equipos o computadoras averiadas u otros.

Cabe mencionar que la empresa desea construir una bodega totalmente completa para almacenar tanto insumos como productos terminados con la finalidad de tener un mejor control y manejo de las materias primas y productos terminados.

La empresa tiene muy en claro que su cadena de suministro es importante para contribuir y alcanzar la competitividad en su ramo, es por ello, que el mismo empresario argumenta que desea ampliar su cadena adquiriendo a sus proveedores, es decir, implementando la comercialización de los materiales, y asegurar de esta manera la calidad de sus materias primas como son el cuero, piel, suelas, etc., así mismo hacia adelante vemos un claro avance en la cadena, ya que la empresa ha establecido diversos puntos de venta no solo dentro del municipio sino también en otros estados fuera de Yucatán. En la Figura 2 se puede observar cómo está integrada la cadena de suministro de la fábrica de calzado “Ileana Patricia”.



Figura 2. Cadena de suministros de la fábrica de calzado “Ileana Patricia”.

Por otro lado, entre sus ventajas competitivas se encuentran: los diseños creativos de sus productos, el cambio de imagen para una mejor comercialización de sus productos, antes solo optaba por cajas blancas para la entrega del calzado, ahora ya se cuenta con diseños únicos distintivos de la empresa, así mismo, existe una promoción adecuada de sus productos, ya que una vez que ingreses al municipio existen personas entregando tarjetas de presentación de la empresa indicando la ubicación de la misma.

Trabajo a futuro

En el proyecto de investigación hace falta abarcar otros aspectos de la empresa como lo es, el análisis de la optimización de sus recursos materiales y financieros, su cadena de valor y su productividad, también abarcar el estudio hacia otras fábricas para realizar un análisis comparativo y su injerencia en la competitividad.

Conclusiones

La industria de calzado de Ticul, Yucatán presenta características de un sector en crecimiento a nivel regional, estatal y nacional, es un indicador para que las autoridades, presten atención a este sector productivo, debido a que las fábricas requieren una mejor infraestructura, maquinaria y equipo, software, procesos de logística, entre otros, con el propósito de seguir contribuyendo a la generación de empleos, para lograr una mayor participación a nivel nacional y aportación de esta actividad en el producto interno bruto y en el bienestar de la localidad.

Al analizar la cadena de suministro, se encontró que, si bien existe un proceso de flujo de bienes materiales, la zapatería se encuentra inmersa en varios eslabones de la cadena de suministro. Ya que realiza operaciones desde la obtención de materiales de los proveedores, movimiento de materiales entre instalaciones, desarrollo de productos, distribución de bienes terminados a los clientes, e información desde el punto de origen hasta el punto del consumidor.

De igual manera, fue posible hallar que la zapatería maneja estrategias de ventas, como, por ejemplo, descuentos por ventas al por mayor, pagos fijos semanales, sistemas de apartado, pagos con tarjetas bancarias y descuento por ser clientes frecuentes. También se ha reflejado un cambio hacia la manera en cómo llegar al cliente, la empresa ya ha implementado una presentación de sus productos por internet, utilizando las redes sociales como una forma para comercializar sus productos.

Cabe mencionar que, respecto a las actividades de almacenamiento, la empresa utiliza un sistema de control interno, en este caso el MRP que le permite mantener bajos inventarios. Sin embargo, la zapatería, requiere construir un edificio para almacenar y salvaguardar sus materias primas y productos terminados con la finalidad de tener un mejor control y manejo de estas.

Para concluir, se determina que la industria de calzado de Ticul ha incrementado su contribución de ingresos desde el año 2014, sin embargo, enfrenta varios retos debido a la entrada de rivales como son los países con mayor desarrollo tecnológico y con menores costos de producción presentando desventajas a nivel nacional e internacional porque carece de inversión en infraestructura y tecnología, para la mejora de sus procesos de producción, limitándola a ser competitiva en el mercado.

Referencias

[1] Bowersox, R. J. (2007). *Administración y logística en la cadena de suministros*. México, D.F.: Mc Graw-Hill.
[2] Chan Canto, J. F., Morales González, M. A., & Hermila Andrea , U. B. (s.f.). Reporsitorio Universitario. Obtenido de http://ru.iiec.unam.mx/4764/1/1-013-Chan-Morales-Ulibarri.pdf
[3] Hernández, R., Fernández-Collado, C. & Baptista, P. (2010). *Metodología de la Investigación*. (5ta. ed.). México: Mc Graw Hill.
[4] Hernández, R., Fernández-Collado, C. & Baptista, P. (2014). *Metodología de la Investigación*. (6ta. ed.). México: Mc Graw Hill.
[5] INEGI, (2014). Resultados del censo económico. Programa SAIC 6.0 (Sistema Automatizado de Información Censal).
[6] INEGI (2016) “Censos económicos 2014: Yucatán” en INEGI. [En línea]. Disponible en: http://www.beta.inegi.org.mx/app/biblioteca/ficha.html?upc=702825084554
[7] INEGI, (2020). Resultados del censo económico. Programa SAIC 6.0 (Sistema Automatizado de Información Censal).
[8] Jiménez Sánchez, J. E., & Hernández García, S. (2002). Marco conceptual de la cadena de suministro: un nuevo enfoque logístico. Recuperado el 03 de agosto de 2019, de https://imt.mx/archivos/publicaciones/publicaciontecnica/pt215.pdf
[9] Martín E.V, Parra, A.F & Navarrete, C. R. (2015) “La industria del calzado de Ticul, un panorama hacia la competitividad” en Repositorio Universitario RU-Económicas. Universidad Autónoma de México, obtenido de: http://ru.iiec.unam.mx/id/eprint/
[10] Morales, R. (2015). Eficiencia en los negocios.
[11] Porter, M. (2002). Ventaja Competitiva. México: CECSA.
[12] Vilana Arto, J. R. (2010). Recuperado el 02 de agosto de 2019, de https://api.eoi.es/api_v1_dev.php/fedora/asset/eoi:75237/componente75235.pdf
[13] Villareal Rene, R. Ramos (2001). La apertura de México y la paradoja de la competitividad: hacia un modelo de competitividad sistémica. Revista Comercio Exterior, septiembre de 2001.

Administración armónica; herramienta administrativa para fomentar el compromiso organizacional en empresas automotrices Edo. de Querétaro

S. Mata Zamores[1], G. Maldonado Guzmán[2], R. García Ramirez[3], G. Cruz Salas[4], D. Devesa Hidalgo [5].*
[1]Departamento de Administración, Universidad Autónoma de Aguascalientes, Av. Universidad 940, Cd. Universitaria, C.P. 20131, Aguascalientes, Ags. México.
[2]Departamento de Mercadotecnia, Universidad Autónoma de Aguascalientes, 20131, Aguascalientes, Ags., México
[3]Departamento de Finanzas, Universidad Autónoma de Aguascalientes, 20131, Aguascalientes, Ags., México
*Silviamata@hotmail.com

***Área de participación**: Ingeniería Administrativa*

Resumen

La Administración Armónica es una herramienta administrativa que contempla dos variables; el He rules que es la parte humana de la organización considerando a las personas, recompensas y toma de decisiones; y el Xie rules que se enfoca en la parte material reconociendo la estructura, tareas e información. Esta investigación contempla las variables antes mencionadas con la finalidad de medir el impacto que tienen en el compromiso organizacional medido por el compromiso afectivo, normativo y de recompensa. La población objeto de estudio fue el personal administrativo de empresas automotrices del Edo. De Querétaro. Los análisis de correlación demostraron que la administración armónica tiene una relación alta con el compromiso organizacional mostrando un .750, la correlación más baja fue el compromiso de continuidad con el Xie rules en un .269. A partir de estos resultados la empresa desarrollará estrategias que le permitan afianzar el compromiso de los trabajadores hacia la empresa.

***Palabras clave**: Administración Armónica, Compromiso Organizacional e Industria Automotriz del Edo. De Querétaro.*

Abstract

The Harmonic Management is an administrative tool that contemplates two variables; the He rules that is the human part of the organization considering people, rewards and decision making; and the Xie rules that focus on the material part recognizing the structure, tasks and information. This research contemplates the aforementioned variables in order to measure the impact they have on organizational commitment as measured by affective, normative and reward commitment. The population under study was the administrative staff of automotive companies from Queretaro. Correlation analyzes showed that harmonic management has a high relationship with organizational commitment showing a .750, the lowest correlation was the continuity commitment with the Xie rules in a .269. From these results, the company will develop strategies that allow it to strengthen the commitment of the workers towards the company.

***Key words**: Harmonic Management, Organizational Commitment, and Automotive Industry from Queretaro.*

Introducción

La administración armónica está basada en la teoría de los sistemas con la finalidad de generar una conciencia hacia una mayor cooperación entre el personal que labora en la empresa y la organización misma. Es una teoría que pretende lograr la armonía entre la empresa y su entorno, fundamentándose en dos hipótesis, la primera argumenta que la persona es el principal recurso en la administración, pero el más incierto; la segunda menciona que el recurso material puede ser incierto, pero con el conocimiento de las personas puede ser controlado [1]; a estas dos hipótesis se les da el nombre de He rules y Xie rules [2]. El He rules representa los acuerdos intangibles e inciertos que se dan entre persona-persona, persona-organización, organización–medio ambiente, organización–organización. Es decir, es la parte humana, tomando en cuenta a las personas, la toma de decisiones y las recompensas para crear un ambiente interno de trabajo óptimo.[3] El Xie rules tiene por objetivo la optimización de los recursos materiales, refiriéndose a los problemas administrativos, considerando la estructura, la tarea e información, con la finalidad de identificar de una manera más sencilla algún problema administrativo; cuestiona lo que está pasando alrededor, analiza el por qué sucede y que más sucederá haciendo que la práctica administrativa sea más precisa y simplifique sus operaciones para dar resultados óptimos. El Xie Rules contempla los activos fijos que se desean optimizar en los procesos productivos. [4] Es importante señalar que no existe una traducción al español para estos términos, por lo tanto, en lo siguiente del documento se seguirán mencionando como tal, bajo el entendido que el He Rules es la parte humana de la empresa y el Xie rules, la parte material de la empresa. En lo referente al comportamiento organizacional este puede llegar a ser un conjunto de vínculos que mantienen a un trabajador apegado a una organización en particular. [5] Las tres dimensiones del compromiso organizacional son, compromiso afectivo; refleja el apego emocional, la identificación e implicación con la organización, la identificación con los objetivos, valores organizacionales, y las ganas de participar en el logro de las metas, así como el deseo de ser parte de la organización; el compromiso continuo se refiere al apego de carácter material que el trabajador tiene con la organización, referente a incentivos y contribuciones, como lo son los planes de jubilación y el seguro de salud, contempla variables tales como la edad, antigüedad en el trabajo, nivel educativo y la capacitación recibida [7] y por último el compromiso normativo; es de carácter emocional, en él se experimenta un sentimiento de deuda hacia la organización que le brindó la oportunidad de trabajar, por lo que su trabajo puede ser incondicional al momento de implementar algún nuevo proyecto, donde tal vez dicho colaborador no trabajará con el entusiasmo y energía del trabajador con compromiso afectivo, pero sí con la seguridad y garantía de que en todo momento apoyará a la organización. [8]. Por otro lado, es importante mencionar que la industria automotriz mexicana representa el segundo sector económico del país, lo que indica que es una de las más importantes, pues este tipo de industria opera una zona geográfica privilegiada ya que se ubica al lado del mercado de consumo más grande a nivel mundial: Estados Unidos. [9]. La industria Manufacturera de Querétaro se ubicó en el top 10 Nacional de valor de producción, según el periódico El Economista (2019), donde reportó un monto de 281,019 millones de pesos. Este gran crecimiento fue principalmente gracias al dinamismo del subsector más importante de la manufactura queretana, la industria automotriz. En el estado radican cerca de 300 empresas evocadas a la industria automotora, estas a su vez concentran el 26.1% del valor de producción del estado. [10]

En este trabajo de investigación se propone una herramienta administrativa que será de apoyo para los Gerentes ayudándolos a identificar los factores que influyen de manera directa en el compromiso organizacional con la finalidad de facilitar la generación de estrategias para lograr que los trabajadores reafirmen o fomenten el compromiso organizacional con la empresa, provocando con ello que la plantilla administrativa no sufra cambios constantes y dé estabilidad a la empresa, ya que; desde finales del siglo XXI ha sido uno de los retos a los que más se han enfrentado las organizaciones, retener a su personal y evitar que estos se vayan por tener la sensación de insatisfacción. Para lograr lo anterior se estudiaron las variables que conforman el He rules y el Xie rules como cada uno de ellos tiene un impacto en los diferentes tipos de compromiso organizacional.

Metodología

 ISSN 2007-8102

Pregunta de investigación.
La pregunta central de investigación fue ¿Cuáles son los factores de la administración armónica (Xie Rules y He Rules) que pudieran influir en el compromiso organizacional en los trabajadores del área administrativa de empresas automotrices del Edo. de Querétaro?

Objetivo del trabajo de investigación
A partir del modelo conceptual construido en investigaciones anteriores; identificar los factores de la Administración Armónica (Xie rules y He rules) que influyen en el Compromiso Organizacional de los trabajadores de la industria automotriz del Estado de Querétaro.

Hipótesis
H_1: La administración armónica impacta directamente en el compromiso organizacional.
H_2: La administración armónica no impacta directamente en el compromiso organizacional.

Población.
Se consideraron aquellas empresas del sector automotriz del Estado de Querétaro de capital americano que producen autopartes y tienen entre 10 a 30 trabajadores en el área administrativa.

Muestra
Estuvo en función de la disposición que tuvieron las empresas para participar en la investigación.

Tipo de investigación.
Se aplico un enfoque de investigación de tipo cuantitativo dado que las variables principales de la pregunta de investigación se midieron en escalas nominal, ordinal, de razón e interválica a través de instrumentos con escala tipo Likert de cinco puntos. Se considero de corte transversal/de asociación; ya que la recolección de la información se llevó a cabo en un solo momento para el personal administrativo, además el objetivo de esta investigación fue buscar las relaciones entre las variables principales de estudio. De acuerdo con la recolección de los hechos fue retrospectivo ya que los participantes basaron sus respuestas en sus experiencias laborales. Se siguió un razonamiento lógico deductivo mismo que aplica para este tipo de enfoque. [11]

Resultados y discusión

Descriptivos.
Los resultados obtenidos de tipo descriptivo en lo que se refiere a la edad, se encontró que el 63.33% de los trabajadores del área administrativa se encuentra en un rango de 31 a 40 años de edad; le sigue el 26.67% en un rango de 20 a 30 años; mientras que el 10% se encuentra en un rango de edad de 41 a 50 años, cabe mencionar que no cuenta con personal en el rango de 51 a 60 años. En relación con el género de los trabajadores en el área administrativa el 60% pertenecen al género masculino y el 40% al género femenino. La antigüedad que tiene el 56.67% del personal oscila en un rango de 1 mes a 2 años; seguido por el 13.33% en un rango de 6 a 8 años y el 10% en los rangos de 2 a 4 años; 4 a 6 años y 8 años en adelante respectivamente. La distribución del personal administrativo en las áreas funcionales se tiene que, en ventas, recursos humanos, compras y control de la producción cada uno tiene el 6.66% de los trabajadores, el 23.33% pertenece al área de producción, el 3.33% pertenece al área de contabilidad y el 46.66% no especifico el área y señalo “otros”. En cuanto al número de subordinados que tienen a su cargo; el 63.33% señalo no tener a nadie a su cargo; el 30% tiene de 1 a 10 personas bajo su responsabilidad y el 3.33% tiene de 11 a 20 personas y de 31 en adelante con el mismo porcentaje. En relación con los idiomas que dominan respondieron que el 40% maneja el idioma inglés; y el 60% refirió no tener dominio de una segunda lengua. La preparación académica que tienen es principalmente licenciatura con un 68%; 14% cuenta con bachillerato, el 10% tiene una carrera técnica; el 6% educación básica (secundaria) y el 2% una maestría.

La creación de herramientas que fomenten el compromiso del personal con los objetivos de la empresa es un reto constante; como ya se mencionó existen tres dimensiones del compromiso organizacional, afectivo, continuo y de normatividad [7], estas se ven influenciadas por distintas variables personales. En investigaciones anteriores se han analizado las variables de edad, sexo, estado civil, numero de hijos, nivel de educación y antigüedad en la organización. Encontrando a la edad y antigüedad en la organización como las variables que influyen significativamente en el compromiso de la organización. En base a los resultados obtenidos en el análisis descriptivo, se puede observar que el porcentaje menor representa al grupo de mayor edad (41-50 años), mientras que el porcentaje mayor representa a un rango de 31-40 años. Acorde con la antigüedad en la empresa de nuestra muestra el porcentaje mayor corresponde al grupo con el menor tiempo laborando (1 mes a 2 años), mientras únicamente el 10% corresponde a 2 a 4 años, 4 a 6 años y 8 años respectivamente, esta variable es un indicativo al compromiso que existe dentro de la empresa, debido a que una antigüedad mayor representa un mayor compromiso.
La identificación e implicación de los individuos en la organización permiten conocer las variables que influyen en el compromiso organizacional, así como la importancia para el establecimiento de estrategias que fomentan el compromiso en relación a su comportamiento.

Una vez que se tiene el panorama general del personal administrativo que labora en la empresa, se presentan los resultados de las pruebas estadísticas aplicadas a la información que proporcionaron.

Correlaciones y Regresión lineal

Los resultados de la tabla 1 muestran una correlación de 0.780 entre el compromiso organizacional, y la administración armónica en los trabajadores administrativos del Edo. De Querétaro.

Tabla 1. Correlaciones de Pearson para el puntaje total de las variables administración armónica, compromiso organizacional y compartir el conocimiento para los trabajadores administrativos de Querétaro.

		Administración Armónica
Compromiso Organizacional	R	0.780
	Sig. (bilateral)	.000

Los resultados que se resaltan en la tabla 2 son las correlaciones menores a 0.50 las cuales se encuentran en la relación del compromiso de continuidad con Xie Rules con un 0.269; y el compromiso afectivo con 0.361; el compromiso normativo y el compromiso de continuidad presentan una correlación de 0.334; e Innovación con compromiso de continuidad con 0.265. Sin embargo, presentan correlación. Las demás variables presentan correlaciones superiores a 0.50.
Cabe destacar que los resultados comienzan a indicar que se debe prestar atención al compromiso de continuidad.

Tabla 2. Correlaciones de Pearson para los puntajes totales de las dimensiones de administración armónica y compromiso organizacional.

		Xie Rules	**He Rules**	**Compromiso Afectivo**	**Compromiso Continuidad**	**Compromiso normativo**	**Trabajo en equipo**	**Innovación**
Xie Rules	R	1						
	Sig. (bilateral)	.000						
He Rules	R	0.618	1					
	Sig. (bilateral)	.000	.000					
Compromiso Afectivo	R	0.681	0.696	1				

	Sig. (bilateral)	.000	.000	.000				
Compromiso de Continuidad	R	**0.269**	0.457	**0.361**	1			
	Sig. (bilateral)	.151	0.011	.050	.000			
Compromiso normativo	R	0.540	0.592	0.697	**0.334**	1		
	Sig. (bilateral)	.002	.001	.000	.072	.000		
Trabajo en equipo	R	0.478	0.836	0.631	0.496	0.656	1	
	Sig. (bilateral)	.008	.000	.000	.005	.000	.000	
Innovación	R	0.768	0.532	0.602	**0.265**	0.622	0.534	1
	Sig. (bilateral)	.000	.002	.000	.157	.000	.002	.000

En la tabla 3, se muestra el modelo de regresión lineal, que dio por resultado la siguiente fórmula:
CO= 4.67+0.751 Administración Armónica
La fórmula explica en un 60.89% el modelo, de constante se tendrá un 4.67 por parte de los trabajadores para tener un compromiso organizacional, y la administración armónica influye de manera positiva en un 0.751.

Tabla 3. Modelo de regresión lineal para la variable dependiente de Compartir el Conocimiento y la variable independiente de Administración Armónica de Querétaro.

Modelo	Tipo de personal	R	R Cuadrado	R Cuadrado ajustado
1	Administrativos	1.686	60.89%	59.49%
A predictor: Puntaje total AA		0.114		
B variable dependiente puntos totales compromiso organizacional				2.31

Respecto a la discusión de los resultados se obtuvo que los trabajadores administrativos de las empresas automotrices del edo. de Querétaro tuvieron una alta correlación en la administración armónica en general, así como en las dimensiones Xie Rules y He Rules. Es decir, para el Xie Rules se puede afirmar que el personal administrativo conoce la filosofía de la empresa, las funciones de las áreas con las que trabajan, así como las actividades a desempeñar y saben cómo llevarlas a cabo o incluso las mejoran, además que consideran eficientes los procesos de comunicación interna a través de medios informáticos, escritos, expresión individual, conversaciones entre otras. Para la dimensión He Rules se deduce que los trabajadores están de acuerdo en la forma en la que se toman las decisiones en la empresa e incluso son integrados en algunos casos, reconocen los incentivos y formas de motivar de su organización y finalmente al tener alto rendimiento saben que su empresa los considera como personas con necesidades individuales, familiares y de realización que se asocian con el trabajo que desempeñan y el impulso que promueva la organización. Los resultados muestran que si existe una conexión entre el factor material (estructura, tarea e información) y de la persona (toma de decisiones, recompensas y personas) que permite fomentar el compromiso organizacional.

En esta investigación el Compromiso Organizacional se fundamentó en las dimensiones de compromiso afectivo, de Continuidad y normativo. El primero refleja el apego emocional, la identificación e implicación con la organización; el segundo es el apego de carácter material que tiene el trabajador hacia la empresa y el tercero es el sentido de obligación de permanecer en la empresa para la cual labora. Los hallazgos encontrados en este estudio mostraron que los trabajadores tuvieron un alto compromiso en lo afectivo y en lo normativo; y una correlación relativamente baja en el compromiso de continuidad. Los trabajadores administrativos refirieron sentirse felices en su trabajo, hablar de su empresa con su familia y amigos es algo satisfactorio, al

igual que sentirse parte de esta; teniendo un alto significado en lo personal, y reconocen que su trabajo es proporcional al compromiso que reciben de sus jefes, reflejaron motivación para colaborar en el logro de metas organizacionales. En lo que se refiere al Compromiso Normativo las muestras estudiadas tienen un alto sentido de obligación inclusive más allá de una ventaja económica pues consideran que su empresa se merece lealtad además perciben que las condiciones son las justas y legales que deben recibir por el trabajo realizado. Ahora bien, basando los resultados en la teoría que afirma que a mayor edad y antigüedad los trabajadores tienen un mayor compromiso, en este estudio resulto congruente, pues los participantes tuvieron entre 20 a 30 años, y una antigüedad no mayor a dos años, mostraron un compromiso de continuidad en un grado de percepción bajo, quizá este hallazgo responde a que no visualizan o perciben como importantes los aspectos de jubilación, y seguridad médica, entre otros; que representan un beneficio a largo plazo al permanecer en una empresa.

Trabajo a futuro

Este trabajo de investigación tiene sus inicios al hacer un análisis teórico y proponer un modelo conceptual, el cual fue aplicado a empresas del sector automotriz del estado de Aguascalientes de capital japones. En esta ocasión se replicó el estudio en empresas del mismo giro en el estado de Querétaro de capital americano tanto al personal administrativo como operario; en esta ocasión se muestran los resultados obtenidos para el personal administrativo, un trabajo futuro será terminar los resultados para el personal operario. Posteriormente se hará análisis comparativo entre estos dos estados para determinar las similitudes y diferencias que existen en empresas del mismo giro con la finalidad de identificar y mostrar las mejores prácticas y con ello proporcionar a los gerentes de este sector información que les apoye en la toma de decisiones para implementar estrategias que les permitan conservar y fortalecer su plantilla de recursos humanos.

Conclusiones

Uno de los principios de la administración armónica es que la empresa y sus áreas funcionales deben tener una relación inseparable y de conectividad, así como estar interrelacionadas e interconectadas en su forma de trabajar; los conceptos de la administración armónica Xie rules (Estructura, Tarea e Información) y He rules (Toma de Decisiones, Recompensas y Personas); explican el compromiso organizacional que tiene los trabajadores en el compromiso afectivo, de continuidad y normativo, es decir; si un trabajador muestra alto rendimiento en la armonía es más probable que tenga un alto grado de apego, identificación, motivación, permanencia y obligación; trayendo por resultado una mejora en sus procesos productivos, así como en los procedimientos administrativos, creando una cultura organizacional de armonía. Las empresas que fueron objeto de estudio mostraron tener empleados con una antigüedad no mayor a dos años, así como una edad que fluctuó entre los 20 a 30 años, por lo cual se infiere que influyo en que el compromiso de continuidad no mostrará un grado de compromiso significativo, esto basado en el supuesto que advierten que entre mayor sea la edad y la antigüedad mayor será su compromiso. [6].

Referencias

[1] Xi, Y.-M., & Zeng, X.-j. (2007). Complex Problem solving: HeXie Management Theory from China. *Research Gate*, 250-250.

[2] Benbya, H., Passiante, G., & Belbaly, N. (10 de Junio de 2004). Corporate Portal: A Tool for Knowledge Management Synchronization. *International Journal of Information Management, 24*(3), 201-220.

[3] Xi, Y.-M., & Tang, F. (2004). HeXie Management Pattern if Intangible Assets in the Unvertain Enviroment. *Journal of Xi´an Jiantong University (Social Scienses).*, 205-215.
[4] Xing - Guo, L. (25 de Enero de 2012). A Model of Harmonious Management in Enterprise. *School of Management, JiaN University*, 253-257. Recuperado el 12 de Marzo de 2012, de JiNan University: http://www.seiofbluemountain.com/upload/product/200911/2006zxqyhy04a1.pdf
[5] Arcienega, L. (2002). Compromiso Organizacional México, ¿Cómo hacer que la gente se ponga la camiseta? México, México: Editorial Limusa.
[6] Allen, N., & Meyer, J. (diciembre de 1996). Affective, Continuance, and Normative Commitment to the Organization: An Examination of Construct Validity. *Journal of Vocational Behavior, 49*(3),
[7] 252-276. Bayona, C., Goñi, S., & Madorrán, C. (2000). Compromiso Organizacional: Implicaciones para la gestión estratégica de los recursos humanos. Dialnet, 139-149.
[8] Meyer, J., & Allen, N. (1997). Commitment in the workplace:Toward a General Model.Human Resource Management Review. *Journal Organizational Behavior, 11*, 7-25.
[9] Miranda, Arturo Vicencio. (2007). La industria automotriz en México: Antecedentes, situación actual y perspectivas. *Contaduría y administración*, (221), 209-246. Recuperado de: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0186-10422007000100010&lng=es&tlng=es.
[10] IMCO (20 de Dicimebre 2019) *Instituto Mexicano para la Competitividad*. Obtenido de la página oficial. https://imco.org.mx/conoce-imco/
[11] Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2014). Metodología de la Investigación (6ta. ed.). México, Ciudad de México, México: McGraw Hill.

Benchmarking Interno aplicado al resort Villa del Palmar "Los Cabos" para mejorar el Pre-Check in

J. I. Mayo Zúñiga[1], A. J. Hernández Peralta[2]*
[1]Universidad Tecnológica del Centro de Veracruz, Av. Universidad No.350, Carretera Federal Cuitláhuac-La Tinaja,
C.P. 94910, Cuitláhuac, Ver., México
[2] Departamento de Desarrollo de Negocios, Universidad Tecnológica del Centro de Veracruz,
Av. Universidad No.350, Carretera Federal Cuitláhuac-La Tinaja
C.P. 94910, Cuitláhuac, Ver., México
**14072@utcv.edu.mx*

***Área de participación**: Ingeniería Administrativa*

Resumen

El Pre-Check in es un servicio brindado por la cadena de resorts Villa Group que permite al huésped tener su habitación y llaves listas al llegar al resort mediante el llenado de un formulario específico, sin embargo, durante el proceso surgen problemas que imposibilitan el buen funcionamiento de éste, por lo que se diseñó un estudio transversal y descriptivo para la aplicación de la herramienta del Benchmarking interno a tres matrices del Villa Group Resorts con el fin de abordar cuestiones que permitan el análisis y desarrollo de estrategias para mejorar la satisfacción del cliente y lograr una mayor competitividad. Se llegó a la obtención de factores que determinaron el correcto funcionamiento del servicio como el pre-contacto con los huéspedes, mejorar el proceso con el que se atienden a los huéspedes en el lobby, la comunicación entre departamentos y la verificación del funcionamiento del sistema de reservaciones.

***Palabras clave**: Pre-Check in, Benchmarking Interno, Estrategias, Villa Group.*

Abstract

The Pre-Check in is a service provided by the resort chain Villa Group that allows the guests to have their room and keys ready upon arrival to the resort by filling out a specific form, however, problems arise during the process that makes it impossible to work properly, so a descriptive and cross-sectional study design was carried out with the application of the Internal benchmarking tool to three matrices of the Villa Group Resorts in order to address issues that allows the analysis and development of strategies to improve customer satisfaction and achieve greater competitiveness. It resulted in the obtainment of factors that determined the correct functionality of the service such as the guest pre-contact, improving the process with which guests are attended in the lobby, the communication between departments and verification of the reservations system operation.

***Key words**: Pre-Check in, Internal Benchmarking, Strategies, Villa Group.*

Introducción

Al momento de evaluar un servicio es imprescindible la opinión del cliente y en la hotelería el hospedaje es el servicio más productivo por lo que asegurarse de que éste sea de calidad es una actividad importante para la empresa, además, conforme la tecnología avanza, los clientes cada vez son más selectivos en los servicios que prefieren y el mercado a su vez más competitivo, por lo que es imperativo una correcta formulación de estrategias.

Ferrer & Gamboa (2004) analizaron esta situación y propusieron un control de gestión en cada uno de los sectores que intervienen en el servicio de un hotel mediante un sistema de indicadores financieros y no financieros respondiendo a criterios como la eficiencia, calidad y oportunidad. Se pretendió utilizar indicadores para centrarse no solamente en el aspecto financiero, sino a todos los departamentos que conlleva brindar un buen servicio en un hotel incluyendo mantenimiento, seguridad y personal además de darle un sentido de flexibilidad y adaptabilidad al sistema para su uso en organizaciones del mismo giro en todo el mundo con la finalidad de que éstos resultados sirvan de base para una toma de decisiones más acertada y acorde a la realidad.

Sin duda, las tecnologías de la información y su impacto en las empresas turísticas es más que evidente, ya que permiten obtener ventajas competitivas según lo mencionan Padilla & Garrido (2012) que llevaron a cabo la implementación de un auto cuestionario enviado a 311 hoteles españoles con el fin de recopilar información acerca de la difusión y aplicación de los CRM[1] en el sector hotelero.

Después de varios análisis en hoteles que afirmaron estar llevando a cabo iniciativas CRM mediante una combinación de herramientas como bases de datos, canales de comunicación y tecnologías interactivas dependientes de las tecnologías de la información, mencionan haber experimentado mejoras en los niveles de confianza, satisfacción y lealtad de los clientes, lo que a su vez se traduce en beneficios económicos, mejor posicionamiento en el mercado y un mayor valor a los clientes con el objetivo de alcanzar su fidelización en el largo plazo, sin embargo, aún no existe el uso mayoritario de los CRM en la industria hotelera ya que puede afirmarse que los hoteles pequeños, de baja categoría y de gestión independiente encuentran mayores dificultades a la hora de poner en marcha iniciativas que requieran un alto costo y de información específica.

Una herramienta útil para comparar el rendimiento de una empresa frente a la competencia es el Benchmarking competitivo, el cual compara los objetivos empresariales con las mejores prácticas de las empresas que se consideran excelentes en su sector, como lo menciona Abbas (2014) en su investigación, la información puede ser obtenida mediante un cuestionario en línea y en este caso, fue enviada a empresas en 21 países con el fin de profundizar la información obtenida. El autor concluyó que esta técnica es usada actualmente alrededor del mundo como una de las mejores para desarrollar estrategias de mejora para todo tipo de cuestiones, sin embargo, también se descubrió que existen algunos problemas al intentar adoptar esta herramienta como la falta de empresas similares para aplicar el benchmarking, falta de conocimiento en la aplicación de ésta e incluso la falta de compromiso por parte de los directivos y desconfianza para compartir información propia de las empresas.

El desempeño de los empleados tienen un gran impacto en todos los servicios de una empresa, por lo que Brenninger (2015) realizó una investigación acerca de la importancia de la satisfacción de los empleados y su impacto en la organización tomando en cuenta factores como las condiciones de trabajo y la dirección de la empresa en relación con el valor de la misma.

Brenninger utilizó la encuesta, una herramienta popular entre las organizaciones para recolectar información acerca de procesos dentro de las empresas complementando con información obtenida de los resultados de un concurso llamado “Great Place to Work” en el cual competían las puntuaciones de empresas alrededor del mundo respecto a la satisfacción de sus trabajadores, los ganadores y 30 organizaciones aleatorias de este concurso se utilizaron como fundamento para la investigación dando como resultado los siguientes datos.

Se demostró que la satisfacción de los empleados está regida por elementos como la credibilidad, respeto, orgullo, ambiente de trabajo y relaciones entre compañeros, además se comprobó exitosamente la premisa de la investigación: “el grado de satisfacción del empleado tiene un impacto positivo en el valor de la empresa” por

[1] Es un sistema usado por las empresas para gestionar y analizar las interacciones con los clientes para posteriormente utilizar los datos generados en la implementación de estrategias o prácticas.

lo que el autor recomienda que las organizaciones enfaticen sus esfuerzos en incrementar este factor y que los gerentes adopten estilos de dirección acorde al ambiente de trabajo, cultura y nacionalidad de cada empresa ya que tiene un enorme efecto en la efectividad de la administración, traduciéndose en un mejor rendimiento, competitividad y calidad de los productos y servicios en general.

Aunado a lo anterior, la influencia de la calidad del servicio en la satisfacción del cliente es una realidad, esto fue comprobado por los autores Cahuaya y Ñahuincopa (2016) en su investigación, en la cual encontraron mediante la aplicación de un cuestionario basado en el modelo SERVQUAL[2] y la escala de Likert[3] a 66 huéspedes que se alojaron en el Hotel La Hacienda en la provincia de Angaraes en Perú, la determinación de que efectivamente existe una relación entre la calidad del servicio y su impacto en la satisfacción del cliente.

El correcto análisis de la situación de una empresa ofrece a los directivos una correcta e invaluable toma de decisiones frente a complicaciones para cualquier empresa, como lo son las transformaciones producidas en el entorno económico e incluso las crisis económicas, y es gracias a estos análisis que las organizaciones pueden aumentar su competitividad mediante planes estratégicos, como ejemplo tenemos el caso de NH Hotel Group en España que tuvo la necesidad de afrontar el futuro implantado en un plan estratégico y reestructurado su cartera de negocios, esto fue abordado por los autores Ruiz, et. al. (2016), quienes consideraron cinco áreas importantes que la empresa tenía que replantear: el portafolio de hoteles, la marca y el producto, marketing, ventas y precios, operaciones y expansión de la empresa. Esto le permitió a NH Hotel Group plantear iniciativas que lograran transformar el modelo de negocios de la compañía de forma apropiada.

La presión del cambio que propicia la globalización tiene un efecto en el sector hotelero, esto repercute de una u otra forma en los procesos y el trabajo que con lo anteriormente mencionado, demanda que las empresas se planteen esquemas de planeación y acción.

Los autores Sánchez y Núñez (2012) respondieron a esta problemática mediante una metodología de sistemas suaves, la cual tiene como finalidad analizar situaciones presentadas en las organizaciones con alto componente social, político y humano, proporcionando una visión enriquecida de la situación del problema, y se propuso establecer los aspectos atribuibles a la organización hotelera que permitan la valoración del personal.

Los resultados de esta investigación se relacionan con los obtenidos en las investigaciones de Brenninger (2015) y Cahuaya & Ñahuincopa (2016) explicando que el planteamiento de propuestas para mejorar el desempeño del personal, en este caso en el área de recepción, puedan constituir la situación ideal del servicio con calidad en respuesta a las diferentes solicitudes expuestas por los huéspedes hacia el sistema del hotel que se traduce automáticamente en una mejoría en la calidad percibida por parte de los huéspedes hacia la organización.

Viendo la problemática de la solución de problemas dentro de un proceso, como por ejemplo el Check-in y Check-out, que son básicamente los procesos en los que los huéspedes registran sus datos personales al llegar al hotel y el momento en el que el huésped abona el coste de su estancia, entrega las llaves de su habitación y abandona el hotel respectivamente, Estrada (2014) empleó una Matriz FODA que permitió el análisis del entorno de la empresa con el fin de diferenciar áreas de mejora dentro del departamento de recepción en los procesos anteriormente mencionados. Como una de las propuestas hechas a partir del análisis, se encuentra la creación de un puesto denominado lobby host en el cual la persona encargada ofrezca cualquier tipo de ayuda a todas las personas que se estén registrando, ya sea para Check-in o Check-out además de llevar un control en la llegada de huéspedes.

Una investigación realizada por los autores Larios & González (2017) mediante una búsqueda de artículos de calidad del servicio interno por distintos enfoques demuestra que el sector hotelero en México cada vez destina más capital para fortalecer la calidad de sus servicios al cliente, pero no se hace en igual proporción para mejorar el servicio que los empleados se proveen entre las áreas de organización, mientras que otros autores como Vega, et. al. (2018) argumentan que hay una gran cantidad de posibilidades en la manera en la que se ofrece un servicio al cliente en el sector hotelero y que esto depende directamente de cada área de la organización en conjunto, además mencionan en su investigación que los hoteles requieren capacitación

[2] Técnica de investigación comercial, que permite la medición de la calidad en un servicio, conociendo las opiniones, sugerencias y comentarios de los clientes.
[3] Herramienta que permite la medición de las actitudes y el grado de conformidad de los clientes hacia un producto o servicio.

continua certificada para su personal con el fin de brindar a los clientes certidumbre y confianza hacia los servicios que proporcione el hotel, sin embargo, las organizaciones deben estar atentas de que se establezca un proceso o esquema sistemático en el que se pueda identificar cualquier necesidad que surja de los clientes y que las certificaciones elegidas se relacionen con estas.

El hotel Villa Group Los Cabos forma parte de una organización de tiempo compartido, los clientes que formen parte de éste, los vuelve miembros del hotel automáticamente y por lo tanto se les ofrece un servicio exclusivo llamado “Pre-Check in”, permitiéndoles brindar al hotel su información de llegada hasta 3 semanas antes, así el huésped al llegar no tenga que esperar más de 5 minutos en su Check-in, sin embargo, existen varios problemas que ocasionan que el servicio se demore más de 20 minutos en finalizar como la falta de información en el registro, el alto flujo de huéspedes y las peticiones de habitaciones específicas ocasionan que el “Pre-Check in” no brinde los resultados deseados. Por lo que el objetivo general de esta investigación es diseñar una propuesta de estrategias de mejora al proceso de “Pre-Check in” mediante un análisis actual de dicho proceso que demuestre los factores clave para identificar las áreas de mejora importantes y así brindar un servicio exclusivo a los miembros del hotel Villa Group Los Cabos, disminuyendo el tiempo requerido para lograr una mayor satisfacción del cliente y mayor competitividad.

A continuación se muestra un flujo de procesos que permite la visualización del servicio de Pre-Check in en el resort Villa del Palmar Los Cabos.

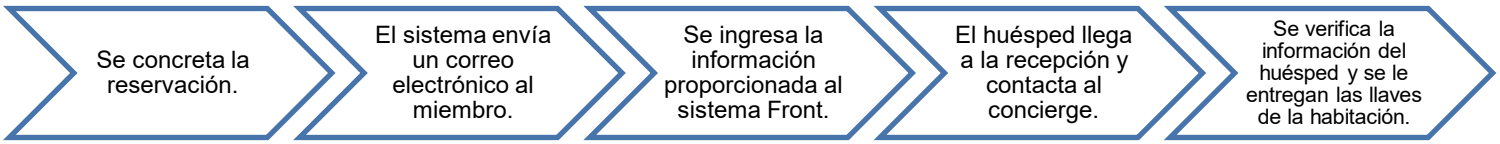


Figura 1. Proceso del servicio de Pre-Check in

El proceso comienza cuando se concreta la reservación por parte de un miembro del tiempo compartido afiliado al resort, posteriormente, el sistema automáticamente envía un correo electrónico a la persona propietaria de la reservación requiriendo información como los datos de vuelo (aerolínea, hora de llegada), nombre de los huéspedes, alergias, ocasión especial de visita (si es que aplica) y datos de la tarjeta de crédito (opcional, se verifica nuevamente en el hotel).

Toda la información obtenida es ingresada automáticamente al sistema “Front” con el cual se le puede dar un seguimiento a todas las reservaciones con el código de confirmación CRS. Debido a la posibles circunstancias que imposibiliten al huésped brindar la información, el departamento de Pre-Check in tiene como objetivo el enviar correos electrónicos personalizados a aquellos huéspedes que no hayan ingresado la información requerida hasta 3 semanas antes de su llegada al resort, posteriormente el departamento de Pre-Check in se encarga de ingresar la información del huésped al sistema Front manualmente.

En caso de que no se haya recibido ninguna información de algún miembro, el departamento de Pre-Check in realiza una llamada telefónica hasta 2 días antes de la llegada del huésped al hotel como último recurso para habilitar dicho servicio. Cabe recalcar que al finalizar la recepción de la información requerida de los huéspedes por cualquier medio, se les envía un correo electrónico de agradecimiento por haber concluido el proceso de Pre-Check in y qué pasos deberá seguir recién arribe al resort.

Las instrucciones indican a los huéspedes que recién lleguen al lobby, hablen con el concierge más cercano, esta persona está encargada de verificar los datos de los huéspedes que específicamente hayan realizado el servicio de “Pre-Check in” y también el de brindar las llaves de sus habitaciones. Teóricamente el proceso en el que el huésped llega a la recepción y hable con el concierge para obtener sus llaves no debería superar los 5 minutos si es que la información requerida para el servicio se encuentra ya en el sistema “Front”.

Metodología

Diseño del muestreo

Aunque son varios los departamentos que influyen en el proceso de “Pre-Check in”, solo algunos estuvieron dentro del análisis debido a que son cruciales al momento de entrar en contacto con el huésped y son los más susceptibles a tener problemas al realizar dicho proceso, estos departamentos se encuentran en contacto directo con el cliente y por lo tanto, pueden surgir complicaciones que no permitan proceder con el servicio

normalmente, traduciéndose en demoras en el tiempo de atención, inconformidad por parte de los huéspedes, entre otros.

Los objetos de análisis fueron los departamentos críticos en el funcionamiento del Pre-Check in en tres matrices distintas de la cadena Villa Group que hayan obtenido resultados favorables en la aplicación de dicho proceso en su respectiva localización.

Tabla 1. Nombre de las matrices analizadas de la cadena Villa Group y su localización.

Nombre de la matriz	Localización
Villa del Palmar "Loreto"	Loreto, Baja California Sur
Villa del Arco Beach Resort & Spa	Cabo San Lucas, Baja California Sur
Villa del Palmar "Flamingos"	Nuevo Vallarta, Nayarit

Los departamentos analizados en cada una de las matrices anteriormente mencionadas fueron los siguientes:

1. Departamento de Pre-Check in: se encarga de mandar correos electrónicos personalizados y llamadas telefónicas a todos los miembros elegibles para el servicio de Pre-Check in, también de resolver sus dudas y realizar servicios de transporte, reservaciones en restaurantes y diversas peticiones si los huéspedes desean.

2. Departamento de Recepción (Pre-Check in concierge): su función es atender a los huéspedes que hayan realizado el "Pre-Check in", y mediante indicaciones realizadas por parte del personal fuera del resort, se le invita al huésped a pasar con el concierge al momento de arribar al complejo, dicho puesto se encarga de verificar que toda la información esté correcta en el sistema y posteriormente al registrar una tarjeta de crédito válida, se les otorga las llaves de su habitación a los huéspedes, todo este procedimiento debe ser muy breve para asegurarse de que el servicio es un bono fundamental al ser miembro del tiempo compartido afiliado a la empresa Villa Group.

El muestreo utilizado que, por razones de tiempo y disponibilidad del hotel con sus colaboradores, fue un muestreo no probabilístico a conveniencia, significando que los sujetos fueron seleccionados dada la accesibilidad y su proximidad a estudiar con el fin de tener las unidades de estudio para encuestarlas, observarlas y compararlas, logrando así obtener indicios sobre las partes en el proceso las cuales tengan problemas habituales y de esta forma diseñar estrategias de mejora en el servicio.

Se determinó un tamaño de muestra de un gerente o colaborador a cargo por departamento de los ya mencionados anteriormente, ésto es debido a las políticas de la empresa y disponibilidad de tiempo para no interferir con las tareas asignadas de cada colaborador en horas de trabajo.

El instrumento se aplicó en los días 7 y 9 de Agosto del 2019 en las instalaciones del resort Villa del Palmar Los Cabos, durante horarios de oficina vespertino de tal forma, que a través de llamadas telefónicas a los gerentes de recepción y pre-check in, pudiera obtenerse la información necesaria para comparar los procesos realizados en cada matriz y posteriormente diseñar estrategias de mejora en el servicio.

Siguiendo a Abbas (2014) en su investigación y aplicación de la herramienta de Benchmarking a través de formularios en línea, se decidió utilizar el medio de la aplicación de la herramienta por medio de llamadas telefónicas para obtener la información sin omitir las opiniones de los colaboradores y por cuestiones de tiempo con el fin de enriquecer al máximo la información obtenida para su posterior análisis.

Benchmarking

Como menciona Camp (1993) el benchmarking planea estudiar el cómo la empresa ha logrado establecerse como líder en el sector donde se establece, no se basa en saber cuáles son las mejores prácticas sino como hacer los procesos más eficientes y eficaces. Dicho esto, existen diversos tipos de Benchmarking que se dividen en dos grupos: internos y externos, y el método interno, como lo mencionan Hernández y Cano (2017), se produce cuando la compañía busca las mejores prácticas dentro de sus límites, es decir, se comparan parámetros entre distintas ubicaciones de una misma organización para aprender de las buenas prácticas y así solventar los puntos más difíciles de la empresa, aunque sean empresas de la misma organización, factores como la historia local, la naturaleza de la administración y los empleados influyen en que los procesos sean distintos.

En esta investigación, el Benchmarking a realizar tuvo como objetivo recopilar información sobre el proceso del "Pre-Check in" en sí y las estrategias o métodos utilizados por otras matrices del Villa Group Resorts, abordando cuestiones sobre el tiempo medio en realizar un Pre-Check in, la forma en que los colaboradores contactan a los miembros e información pertinente que alimente al análisis realizado.

El Benchmarking Interno utilizado tomó 5 Indicadores con 3 variables cada uno mostrando una calificación con apoyo de una escala de Likert y seguido de observaciones importantes que ayuden a encontrar áreas de mejora en el servicio. Los indicadores son los siguientes:

Tabla 2. Indicador de la duración del proceso.

Duración del proceso	La duración del registro (huéspedes, habitación asignada, formularios, etc.) es corta
	El proceso en general es rápido y eficiente
	En caso de haber varios clientes esperando, el tiempo de espera es corto

Aquí las variables se encargaron de medir el tiempo que toma atender al huésped cuando éste llega al hotel, el tiempo de espera en caso de que haya un flujo de solicitudes mayor y si el proceso es eficiente.

Tabla 3. Indicador del contacto con los clientes.

Contacto con los clientes	Se contacta a los huéspedes al menos 4 días antes de su llegada al hotel
	El número de clientes contactados por el departamento es mayor al de los clientes que realizan el proceso mediante el correo electrónico automático
	Los clientes son más frecuentes a dar la información requerida por medio del correo electrónico que por llamada telefónica

Las variables midieron el grado de seguridad de los huéspedes al dar su información personal, qué tan anticipadamente se contacta al huésped antes de su llegada y saber a qué grado es más probable que se obtenga la información del huésped por correo electrónico que por llamada telefónica.

Tabla 4. Indicador del personal competente.

Personal competente	Se resuelven todas las dudas que los clientes tengan con respecto al proceso de Pre-Check in
	Le transmite confianza el personal que lo atiende
	Le da a conocer las sugerencias del día, recomendaciones, etc.

En este indicador se intentó medir el grado de satisfacción al cliente sobre información relacionada al Pre-Check in o no, además de las estrategias para generar confianza del colaborador y que el huésped se sienta cómodo al dar su información personal.

Tabla 5. Indicador de la satisfacción del cliente.

Satisfacción del cliente	La primera impresión del cliente es favorable hacia el servicio
	Los clientes se sienten satisfechos con la pre-asignación de las habitaciones
	Se le conceden todas las peticiones especiales (Hab. con vista al mar, cerca a otra reservación, etc.) a los clientes sin que estos tengan que pedirlos personalmente en el lobby

Este indicador midió la primera impresión acerca del servicio y que tan satisfecho se encuentra el huésped acerca de la pre-asignación de las habitaciones y posibles solicitudes extras.

Tabla 6. Indicador del área de trabajo.

Área de Trabajo	Se mantiene una actitud amigable y segura al atender a los clientes en cada uno de los procesos de Pre-Check in
	El equipo con el que se cuenta (Internet, computadoras, etc.) es el adecuado para realizar un buen servicio
	El personal es competente en la resolución de problemas que surjan

Las variables de este indicador tuvieron como objetivo saber si la comunicación entre colaboradores o el equipo con el que se cuente actualmente obstaculizan o no al brindar el servicio y si el personal es competente al intentar dar una solución al cliente.

La escala utilizada en el Benchmarking interno fue de tipo cualitativa ordinal utilizando la puntuación más baja representada por el número 1 indicando que no se está nada satisfecho con el servicio de Pre-Check in y aumentando al número más alto representado por el número 5 indicando un grado total de satisfacción.

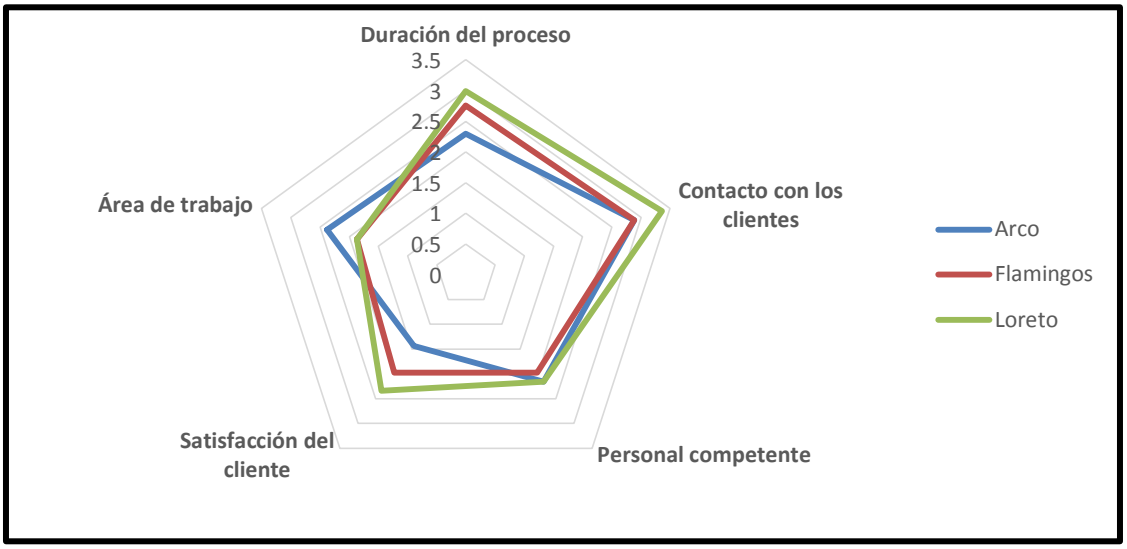
 ISSN 2007-8102

En la herramienta, se tomó la siguiente ponderación para cada uno de los indicadores a utilizar: Duración del proceso: 23%, Contacto con los clientes: 24%, Personal competente: 18%, Satisfacción del cliente: 18% y Área de Trabajo: 17%.

La asignación de las ponderaciones en cada indicador fueron asociadas a su grado de importancia en el proceso observado, los indicadores de la duración del proceso y contacto con los clientes tienen una valoración mayor al resto debido a que éstos son los factores en los cuáles se ha detectado un mayor número de incidentes acerca de la apreciación por parte de los huéspedes al hotel, los indicadores como el personal y la satisfacción del cliente tienen una valoración similar debido a su influencia en el servicio, sin embargo, el número de incidencias en estos sectores no ha sido tan determinante como los anteriores mencionados. El indicador del área de trabajo se incluyó debido a su repercusión con otros indicadores como el contacto con los clientes o la duración del proceso y al no ser adecuada, ocasiona demoras y complicaciones en el servicio.

Resultados y discusión

A continuación se presenta en la gráfica 1 las calificaciones de la aplicación del Benchmarking y posteriormente los principales resultados de cada hotel.



Gráfica 1. Puntuaciones del Benchmarking aplicado

Benchmarking Villa del Arco Beach Resort & Spa

El resort Villa del Arco se encuentra en el mismo complejo que Villa del Palmar “Los Cabos”, debido a esto comparten varias similitudes en lo referente al servicio de Pre-Check in, sin embargo, cada hotel cuenta con su propio proceso. La puntuación de Villa del Arco en el Benchmarking demuestra una fortaleza al momento de contactar a los clientes y una clara ventaja frente a los otros hoteles en el indicador del área de trabajo gracias al contacto pre-llegada con en el cliente y el trato agradable que se le brinda al huésped, de igual forma el equipo de oficina es apto para el buen desempeño del servicio a través del seguimiento de solicitudes y correos electrónicos, sin embargo, en áreas como la satisfacción al cliente y la duración del proceso demuestran obstáculos que no permiten un mejor servicio como la desconfianza de los clientes al dar su información personal y la duración del registro que ocasionan quejas acerca del servicio en general, también es importante mencionar el hecho de la presencia de problemas con el sistema “Front” ya que en algunas ocasiones los huéspedes tienen que dar su información por segunda vez al estar en el hotel debido a que no se registró la información correctamente y la incapacidad del hotel de brindar habitaciones específicas a sus miembros si éstos lo desean.

Benchmarking Resort Villa del Palmar “Flamingos”

El procedimiento de Pre-Check in cambió recientemente, reflejando un cambio positivo en el contacto muy anticipado con el cliente, sin embargo, tiene un grado de aceptabilidad menor ya que el nuevo proceso requiere el registro de los datos de la tarjeta de crédito del huésped para completar el Pre-Check in, ocasionando un alto índice de rechazo hacia el servicio pero manteniendo una duración del proceso cuando el huésped se encuentra en el hotel aceptable y constante en la mayoría de las ocasiones.

El Resort Villa del Palmar “Flamingos” sufre problemas con el sistema de reservaciones ocasionando que los huéspedes no logren concretar el llenado del formulario necesario para realizar el Pre-Check in, en estos casos, el gerente de cuartos y el encargado de Pre-Check in del resort dan seguimiento a situaciones como estas. La puntuación en general del hotel se encuentra en un punto medio, pero cabe mencionar que el área con la puntuación más baja disminuye con los indicadores del área de trabajo y personal competente ya que la comunicación entre departamentos es deficiente debido a que las líneas telefónicas entre departamentos se colocan en espera demasiado tiempo y aunada la constante saturación de peticiones al sistema, ocasionan la ralentización del desempeño de los colaboradores.

Benchmarking Resort Villa del Palmar “Loreto”

El proceso con el que cuenta este hotel es muy peculiar en el aspecto de su funcionamiento y percepción por parte de los huéspedes. Un punto que tiene a favor el hotel es su estructura, en la cual el número de habitaciones con vista al mar es mayor en comparación a otros hoteles de la misma cadena de resorts. Su puntuación fue por encima del resto en casi todos los indicadores, pero comparte al igual con los otros hoteles analizados una puntuación relativamente baja en el indicador de área de trabajo debido a complicaciones en la comunicación con otros departamentos o equipo mobiliario.

Posee una duración del registro muy óptima, alcanzando en promedio los 2 minutos gracias al personal que está al pendiente de cualquier inconformidad que surja durante el proceso, además de la prioridad en la asignación de habitaciones a los huéspedes miembros del tiempo compartido, sin embargo, el grado de desconfianza al igual que en los otros hoteles, está presente durante el contacto con los clientes. Otro punto a considerar es que la transferencia de llamadas dentro del hotel ocasiona problemas en la estabilidad de la conexión telefónica y que con la falta de equipos y la baja conexión de internet imposibilitan el desempeño óptimo de los colaboradores antes y durante el registro del huésped al hotel.

Trabajo a futuro

Se recomienda la aplicación de la encuesta diseñada especialmente a los departamentos implicados en el proceso de Pre-Check in, ya que por razones administrativas no se logró aplicar, sin embargo se encuentra en un estado apto y recomendable para una investigación a futuro, de igual forma es aconsejable el desarrollo y aplicación de otras técnicas de investigación como la compra misteriosa o la entrevista que permita profundizar más sobre el tema con el fin de mejorar el proceso de Pre-Check in y el servicio que se ofrece a los huéspedes.

Conclusiones

Basado en el resultado del Benchmarking de Villa del Arco, se sugiere mantener los puntos fuertes con los que cuenta, es decir, el pre-contacto con los clientes y el buen trato a éste ofreciendo asistencia por correos electrónicos en caso de que se requiera algún servicio o si surja alguna pregunta. También es recomendable adoptar una estrategia con la cual, la información obtenida en el contacto antes de la llegada al hotel sea válida y no tenga que ser requerida de nuevo cuando el huésped llegue al hotel. Así como también una forma diferente de acercarse al huésped para aumentar el nivel de confianza hacia el colaborador que requiera la información en caso de una solicitud de “Pre-Check in”.

En el caso de Villa del Palmar “Flamingos”, es aconsejable mantener el buen ritmo y velocidad constante con la cual se atienden actualmente a los huéspedes durante su registro al hotel y dar opciones para aumentar la comodidad de los huéspedes cuando estos tengan que esperar en caso de que haya un flujo mayor de solicitudes. Además de mantener uno de los mayores atractivos del servicio que es la buena asignación de las habitaciones a los huéspedes. Respecto a refuerzos en el servicio, es encomendable cambiar la forma de acercamiento al huésped con el objetivo de crear confianza al mismo, de igual forma, realizar juntas con todos los departamentos para mejorar la comunicación entre éstos y así tener un clima laboral más agradable para todos.

Para Villa del Palmar “Loreto”, aunque haya logrado la mayor puntuación total en la evaluación, existen áreas de mejora, por ejemplo, se sugiere mantener los puntos fuertes del servicio como lo son la atención al cliente durante todo su registro, el contacto con el huésped y la prioridad que se les da por ser miembros. Sin embargo, el punto que debe reforzarse en el servicio es el grado de confianza, por lo que una opción podría ser la implementación de una táctica para el departamento de reservaciones que comunique a los huéspedes el aviso de que recibirán correos electrónicos o llamadas telefónicas acerca de su Pre-Check in si así lo desean. Por último, se recomienda tomar medidas acerca de la falta de equipos de cómputo en buenas condiciones en el hotel y una conexión más estable de internet para los colaboradores.

Referencias

Abbas, A. (2014). The characteristics of successful benchmarking implementation : guidelines for a national strategy for promoting benchmarking. Massey University, 5-84.

Cahuaya Rivera, R., & Ñahuincopa Arango, P. (2016). Influencia de la calidad de servicio en la satisfacción del cliente del Hotel La Hacienda en la Provincia de Angaraes 2015. Universidad Nacional del Centro del Perú, 16-98.

Camp, R. (1993). Benchmarking. México: Editorial Panorama Editorial S.A.

Diego Ruiz, E., Susaeta Erburu, L., Pin Arboledas , J., & Suárez Ruz, E. (2016). Nuevo rumbo estratégico y reestructuración: el caso NH Hotel Group. Universia Business Review, 167.

Estrada Camacho , I. (2014). Propuesta de Estrategias para mejorar el proceso de Check In y Check Out de Marriott Ixtapan de la Sal Hotel, SPA & Convention Center. Universidad Autónoma del Estado de México, 73-81.

Ferrando García, M. (1993). La encuesta. Madrid: Alianza Universidad Textos.

Ferrer, M., & Gamboa , C. (2004). Indicadores para el Control de Gestión de Procesos Básicos en Hoteles. Actualidad Contable Faces, 50-61.

Hans-Jürgen Franz, B. (2015). Employee satisfaction and its impact on company value. University of Latvia - Faculty of Economics and Management, 12-146.

Hernández, C., & Cano, M. (2017). La importancia del Benchmarking como herramienta para incrementar la calidad. Instituto de Investigaciones y Estudios Superiores de las Ciencias Administrativas de la Universidad, 32-33.

Larios Calderon, A., & González Damian , A. (2017). La calidad del servicio interno en el sector hotelero: objeto e instrumento de estudio multidisciplinar. Teoría y Praxis, 28-39.

Padilla Meléndez, A., & Garrido Moreno, A. (2012). Gestión de relaciones con clientes como iniciativa estratégica: implementación en hoteles. Revista Venezolana de Gerencia, 587-610.

Sánchez García , J., & Nuñez Ríos , J. (2012). La recepción como capital intelectual de un hotel desde el enfoque sistémico. Teoría y Praxis , 80-101.

Tamayo Garza, J., & Vega Cadena , U. (2017). El servicio al cliente como elemento fundamental en la industria hotelera. Revista Turydes: Turismo y Desarrollo, 325-337.

Vega Cadena, U. J., Tamayo Garza, J. F., Quintal García, N. A., & Ganzo Olivares, J. (2018). La importancia del servicio al cliente en la industria hotelera de la zona norte del estado de Quintana Roo. Revista Caribeña de Ciencias Sociales.

Competencias blandas en los dirigentes pertenecientes a distintas generaciones de una industria con tendencia 4.0

M. García León[1], A. Casique Guerrero[2], A. Alejos Gallardo[3], Y D. Hernández Soto[4].

Departamento de Ciencias Económico Administrativas, Tecnológico Nacional de México en Celaya, Antonio García Cubas 600, Fovissste, 38010 Celaya, Gto.

***Área de participación**: Ingeniería Administrativa.*

Resumen

El presente artículo tiene como propósito identificar el grado de dominio de las competencias blandas en dirigentes pertenecientes distintas generaciones en una industria con tendencia a 4.0, La metodología empleada responde a un estudio de tipo descriptivo y transversal, a través del cual se estudiaron 10 competencias blandas, el instrumento utilizado fue diseñado en base a documentos como el Diccionario de Competencias para Mandos Medios publicado por EvaluaTest [1] y Competencias Profesionales 4.0 [2]. Se aplicó a 30 directivos de una empresa en vías de desarrollo 4.0 del sector automotriz de la región Laja - Bajío del estado de Guanajuato. Los resultados obtenidos fueron que: los Baby Boomers dominan competencias como la planeación estratégica, la toma de decisiones estratégica, y la gestión del cambio. La GenX el trabajo en equipo, el pensamiento estratégico y la comunicación efectiva y, la GenY el liderazgo tecnológico, el networking y la visión tecnológica.

***Palabras clave**: Competencias Blandas, Industria 4.0, Dirigentes, Generaciones.*

Abstract

The purpose of this article is to identify the degree of dominance of soft skills in leaders belonging to different generations in an industry with a tendency to 4.0 The methodology used responds to a descriptive and cross-sectional study, through which 10 soft skills were studied. the instrument used was designed based on documents such as the Dictionary of Competencies for Middle Management published by EvaluaTest [1] and Professional Competences 4.0 [2]. It was applied to 30 executives of a 4.0 developing company in the automotive sector in the Laja - Bajío region of the state of Guanajuato. The results obtained were that: Baby Boomers dominate skills such as strategic planning, strategic decision making, and change management. The GenX teamwork, strategic thinking and effective communication, and the GenY technological leadership, networking and technological vision.

***Key words:** Soft skills, Industry 4.0, Leaders, Generations.*

Introducción

Un estudio realizado por la Universidad de Oxford, pronosticó que el 47% de los empleos corren el riesgo de ser reemplazados por robots y computadoras con inteligencia artificial en Estados Unidos durante los próximos 15 o 20 años [3], ha generado terror entre los empleados por la incertidumbre de perder su empleo por la creciente automatización [3].

 ISSN 2007-8102

Dicho fenómeno no es nuevo, pero en la historia de las revoluciones industriales, nunca se había dado tan aceleradamente. Los avances tecnológicos han destruido miles y millones de empleos, pero hasta hoy en día los seres humanos nos la hemos ingeniado para crear más fuentes de trabajo.

Según palabras de Bill Gates en 2014, pocas investigaciones hablan sobre el tema “la tecnología, con el correr del tiempo, va a reducir la demanda de empleos, especialmente los trabajos que requieren menos habilidades” [3], razón por la cual esta investigación se enfoca en las competencias blandas que deben dominar los directivos de una organización para hacerle frente y saber aplicar la metodología de la cuarta revolución industrial.

Hoy en día, ya no basta con los conocimientos que se poseen, sino que es necesario que los directivos de una organización estén súper dotados de habilidad blandas, las cuales son “un saber integrado derivado de los conocimientos, habilidades y valores que el individuo va desarrollando continuamente en su vida, para ser utilizados en su desempeño personal y profesional en los escenarios laborales y sociales en los cuales se desenvuelve” [4], razón por la cual los individuos que dominan este tipo de competencias son aún más valiosos para las industrias 4.0 debido a que estas “requieren personal con habilidades y capacidades en tiempos complejos, caóticos y de incertidumbre, son una pieza clave para que las actividades se lleven a cabo, contribuyen para que los niveles de productividad se eleven y el personal desarrolle un sentido de lealtad hacia la misma” [5].

Metodología

Modelo de Competencias Blandas 4.0

Para el desarrollo de la investigación se analizó el siguiente modelo de competencias blandas 4.0, ver figura 1, derivado de la investigación Competencias Profesionales 4.0 [2].



Figura 1. Modelo de Competencias Blandas 4.0

Hipótesis

Las hipótesis propuestas en el estudio fueron las siguientes:

H_1: Existen diferencias significativas el grado de dominio en las competencias blandas entre los dirigentes pertenecientes a la generación de los baby boomers y la genX de una empresa con tendencia 4.0 del sector automotriz.

H_2: Existen diferencias significativas entre el grado de dominio en las competencias blandas entre los dirigentes pertenecientes a la generación baby boomers y la genY de una empresa con tendencia 4.0 del sector automotriz.

H_3: Existen diferencias significativas entre el grado de dominio en las competencias blandas entre los dirigentes pertenecientes a la generación de los genX y la genY de una empresa con tendencia 4.0 del sector automotriz.

Instrumento

El cuestionario utilizado fue validado en una sesión científica, es decir, en una consulta con seis expertos en industria 4.0 y, además, con empleados encargados de los procesos de selección, reclutamiento y capacitación de personal en empresas del sector automotriz de la región Laja – Bajío del estado de Guanajuato, para determinar si de acuerdo a su opinión crítica, y en base a la información disponible, cada uno de los ítems incluidos en la propuesta estaban relacionados con el objetivo de la investigación.

El análisis estadístico de la consulta se determinó con la Razón de Validez de Contenido (CVR) propuesta por Lawshe [6], mismo que permitió determinar de manera aprobatoria el índice cuantitativo para la validez del contenido de un instrumento objetivo. Obteniendo como resultado un CVR de 0.9

Muestra

Para el diseño de la muestra, se utilizó el cálculo para poblaciones finitas [7] en donde el tamaño de la población eran 32 personas que conformaban el área de estudio de la organización. Además, se buscó un nivel de confianza del 95% y un margen de error del 5%, se utilizó la fórmula según la herramienta de SurveyMonkey [8] dando como resultado una muestra de 30 directivos.

Resultados y discusión

Es importante mencionar que la aplicación de la prueba se llevó a cabo bajo el esquema de una pandemia mundial por SARS COV 2. Los resultados obtenidos se muestran a continuación:

El alfa de Cronbach establece que la fiabilidad del instrumento no debe ser inferior a 0.80 [9], ver figura 2. Por lo tanto, el coeficiente fue satisfactorio.

Alfa de Cronbach	No. de Elementos
0.849	10

Figura 2. Alfa de Cronbach.

Posteriormente, se realizó el análisis de la varianza (ANOVA). Teniendo como variable independiente las generaciones a las que pertenecían los directivos y como variable dependiente el modelo de competencias blandas 4.0, obteniendo:

En la prueba de Levene se observa que existen diferencias significativas en el dominio de las competencias blandas tales como el liderazgo tecnológico (0.05), networking (0.03) y visión tecnológica (0.00) ya que el nivel de significancia esta igual o menor a 0.05, ver figura 4.

Prueba de homogeneidad de varianzas

	Estadístico de Levene	df1	df2	Sig.
Trabajo en Equipo	3.169	2	27	.058
Comunicación Efectiva	3.494	2	27	**.045**
Gestión del Cambio	.729	2	27	.492
Pensamiento Estratégico	2.631	2	27	.090
Toma de Decisiones Estratégica	5.042	2	27	**.014**
Planeación Estratégica	1.499	2	27	.241
Liderazgo Tecnológico	4.988	2	27	**.014**
Networking	11.860	2	27	**.000**
Visión Tecnológica	4.208	2	27	**.026**
Manejo de TICs para la recolección de info. Estratégica	3.554	2	27	**.043**

Figura 3. Prueba de Levene sobre Homogeneidad de Varianzas.

Los resultados anteriores no demuestran en cuál de las generaciones se localiza dicha discrepancia significativa, razón por la cual se efectuaron las pruebas de post hoc, ver figura 5, donde se muestra:

- El estadístico de Tukey (asumiendo que las varianzas son iguales), se puede aseverar que existen diferencias significativas en el dominio de habilidades como el liderazgo tecnológico, el networking, la visión tecnológica y el manejo de TICs para la recolección de información estratégica según la generación a la que pertenece el dirigente.
- Para el procedimiento de Games Howell (no asumiendo que las varianzas son iguales) además de las anteriormente mencionadas se localizaron diferencias significativas en la toma de decisiones estratégicas.

Variable dependiente				Sig.
Trabajo en Equipo	HSD Tukey	Baby Boomer	GenX	.819
			GenY	.993
		GenX	Baby Boomer	.819
			GenY	.467
		GenY	Baby Boomer	.993
			GenX	.467
	Games-Howell	Baby Boomer	GenX	.197
			GenY	.929
		GenX	Baby Boomer	.197
			GenY	.209
		GenY	Baby Boomer	.929
			GenX	.209
Comunicación Efectiva	HSD Tukey	Baby Boomer	GenX	.967
			GenY	.987
		GenX	Baby Boomer	.967
			GenY	.796
		GenY	Baby Boomer	.987
			GenX	.796
	Games-Howell	Baby Boomer	GenX	.893
			GenY	.859
		GenX	Baby Boomer	.893
			GenY	.804
		GenY	Baby Boomer	.859
			GenX	.804
Gestión del Cambio	HSD Tukey	Baby Boomer	GenX	.355
			GenY	.313
		GenX	Baby Boomer	.355
			GenY	.987
		GenY	Baby Boomer	.313
			GenX	.987
	Games-Howell	Baby Boomer	GenX	.399
			GenY	.437
		GenX	Baby Boomer	.399
			GenY	.985
		GenY	Baby Boomer	.437
			GenX	.985
Pensamiento Estratégico	HSD Tukey	Baby Boomer	GenX	.941
			GenY	.863
		GenX	Baby Boomer	.941
			GenY	.389
		GenY	Baby Boomer	.863
			GenX	.389
	Games-Howell	Baby Boomer	GenX	.880
			GenY	.774
		GenX	Baby Boomer	.880
			GenY	.253
		GenY	Baby Boomer	.774
			GenX	.253

 ISSN 2007-8102

Toma de Decisiones	HSD Tukey	Baby Boomer	GenX	.252
			GenY	.564
		GenX	Baby Boomer	.252
			GenY	.455
		GenY	Baby Boomer	.564
			GenX	.455
	Games-Howell	Baby Boomer	GenX	**.010**
			GenY	**.008**
		GenX	Baby Boomer	**.010**
			GenY	.201
		GenY	Baby Boomer	**.008**
			GenX	.201
Planeación Estratégica	HSD Tukey	Baby Boomer	GenX	.559
			GenY	.760
		GenX	Baby Boomer	.559
			GenY	.763
		GenY	Baby Boomer	.760
			GenX	.763
	Games-Howell	Baby Boomer	GenX	.391
			GenY	.385
		GenX	Baby Boomer	.391
			GenY	.828
		GenY	Baby Boomer	.385
			GenX	.828
Liderazgo Tecnológico	HSD Tukey	Baby Boomer	GenX	.205
			GenY	**.001**
		GenX	Baby Boomer	.205
			GenY	**.012**
		GenY	Baby Boomer	**.001**
			GenX	**.012**
	Games-Howell	Baby Boomer	GenX	.239
			GenY	**.008**
		GenX	Baby Boomer	.239
			GenY	.212
		GenY	Baby Boomer	**.008**
			GenX	.212
Networking	HSD Tukey	Baby Boomer	GenX	.186
			GenY	**.002**
		GenX	Baby Boomer	.186
			GenY	**.030**
		GenY	Baby Boomer	**.002**
			GenX	**.030**
	Games-Howell	Baby Boomer	GenX	.275
			GenY	**.000**
		GenX	Baby Boomer	.275
			GenY	.346
		GenY	Baby Boomer	**.000**
			GenX	.346
Visión Tecnológica	HSD Tukey	Baby Boomer	GenX	.568
			GenY	**.023**
		GenX	Baby Boomer	.568
			GenY	**.048**
		GenY	Baby Boomer	**.023**
			GenX	**.048**
	Games-Howell	Baby Boomer	GenX	.664
			GenY	.244
		GenX	Baby Boomer	.664
			GenY	.309
		GenY	Baby Boomer	.244
			GenX	.309
Manejo de TICs para la recolección de info. Estratégica	HSD Tukey	Baby Boomer	GenX	.376
			GenY	**.003**
		GenX	Baby Boomer	.376
			GenY	**.010**
		GenY	Baby Boomer	**.003**
			GenX	**.010**
	Games-Howell	Baby Boomer	GenX	.331
			GenY	**.026**
		GenX	Baby Boomer	.331
			GenY	.151
		GenY	Baby Boomer	**.026**
			GenX	.151

***La diferencia de medias es significativa en el nivel 0.05**

Figura 4. Generación: Comparaciones Múltiples (Turkey y Games – Howell) del procedimiento ANOVA de un Factor.

Trabajo a futuro

La investigación aún está en curso, por lo cual se está trabajando en la propuesta de recomendaciones que se le harán a la organización. Considerando los resultados obtenidos y con la finalidad de que no se vea reducida su demanda de empleos, específicamente los trabajos que requieren menos habilidades blandas, y brindarles a sus trabajadores una capacitación adecuada para que sean capaces de hacerle frente a la forma de trabajo de las Industrias 4.0

Conclusiones

Se puede comprobar que el número de diferencias significativas detectadas no es el mismo en los procedimientos realizados, pero, tampoco se puede asumir que las varianzas poblacionales son iguales. Por esto, para hacer la aceptación o rechazo de las hipótesis planteadas se tomaron en cuenta los resultados obtenidos por el método de Games – Howell.

Dicho lo anterior y de acuerdo a los resultados, H_1: Existen diferencias significativas el grado de dominio en las competencias blandas entre los dirigentes pertenecientes a la generación de los baby boomers y la genX de una empresa con tendencia 4.0 del sector automotriz, se acepta, ya que los resultados encontrados en la figura 4 demuestran que dicha discrepancia se localiza en la competencia de toma de decisiones estratégica (0.010)

Se acepta H_2: Existen diferencias significativas entre el grado de dominio en las competencias blandas entre los dirigentes pertenecientes a la generación baby boomers y la genY de una empresa con tendencia 4.0 del sector automotriz., ver figura 4, donde señala las disconformidades en habilidades como toma de decisiones estratégicas (0.008), liderazgo tecnológico (0.012), networking (0.000) y manejo de TICs para la recolección de información estratégica (0.026)

H_3: Existen diferencias significativas entre el grado de dominio en las competencias blandas entre los dirigentes pertenecientes a la generación de los genX y la genY de una empresa con tendencia 4.0 del sector automotriz, se acepta. Debido a que difieren en el desarrollo de competencias como el networking (0.030).

Por lo tanto, se puede concluir que los dirigentes pertenecientes a la generación de los baby boomers tendrán que desarrollar las competencias blandas que demanda el modelo 4.0 ya que de lo contrario quedaran obsoletos y fuera del cambio industrial. Los pertenecientes tanto a la genX y la genY tienen cierto dominio en dichas habilidades, pero deben seguir trabajando por perfeccionar lo ya adquirido para obtener los beneficios que trae consigo la cuarta revolución industrial.

Referencias

[1] L. Navarrete, «Diccionario de Competencias para Mandos Medios,» Brive Institute, México D.F., 2010.

[2] J. I. Terrés, Á. Lleó, E. Viles y J. Santos, *Competencias Profesionales 4.0,* San Sebastían: TECNUN Universidad de Navarra, 2017.

[3] A. Oppenheimer, ¡Sálvese quien pueda! El futuro del trabajo en la era de la automatización, Cd. de México: DEBATE, 2018.

[4] N. Núñez y D. Díaz, «Perfil por competencias gerenciales en directivos de instituciones educativas,» SciELO, 2017. [En línea]. Available: https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?pid=S0718-07052017000200013&script=sci_arttext. [Último acceso: 12 Noviembre 2019].

[5] S. Robbins y M. Coutler, Administración. Decimosegunda Edición, México: Person, 2014.

[6] D. Coatz, G. Beliz, P. Garnero y A. Basco, Industria 4.0 Fabricando el Futuro, Buenos Aires: UIA, 2018.

[7] A. Tristan, «Modificación al modelo de Lawshe para el dictamen cuantitativo de la validez de contenido de un instrumento objetivo,» Semantic Scholar, 2008. [En línea]. Available: https://www.semanticscholar.org/paper/Modificaci%C3%B3n-al-modelo-de-Lawshe-para-el-dictamen-Trist%C3%A1n-L%C3%B3pez/401781bbf691f0c15965fcf667e98a48e4899165. [Último acceso: 30 Julio 2020].

[8] R. Hernández, Metodología de la Investigación, Cd. de México: McGraw Hill, 2018.

[9] Survey Monkey, «Calcula el tamaño de la muestra,» 2020. [En línea]. Available: https://es.surveymonkey.com/mp/sample-size-calculator/. [Último acceso: 20 Abril 2020].

[10] E. Carmines y R. Zeller, «Reliability and Validity Assessment,» 1979. [En línea]. Available: https://assets.thalia.media/doc/5d/fc/5dfc98a3-7c74-4fa7-a5b5-2133b883553a.pdf. [Último acceso: 2020 Junio 30].

[11] M. Barba, «Diagnóstico de Competencias Gerenciales en Empresas y Universidades de Morelos,» Morelos, 2011.

Plan de Negocios para la Producción, Cría y Comercialización de Cerdo a Rastros TIF

Ing. J.A. Vega Cervantes[1], Dr. D. Hernández Soto[2], Dra. A.A. Alejos Gallardo[3] Y MGA. A. Casique Guerrero[4],*
Departamento de Ciencias Económico Administrativas, Tecnológico Nacional de México en Celaya Campus 2. Antonio García Cubas 1200, Alfredo Vázquez Bonfil, 38010 Celaya, Gto.

***Área de participación**: Ingeniería Administrativa.*

Resumen

Esta investigación busca establecer criterios para un manejo óptimo y cuidadoso de cerdos en instalaciones bien diseñadas minimizando los niveles de estrés y miedo, que pueden producir dos tipos de carne defectuosa: Pálida, Suave y Exudativa (PSE) y Oscura, Firme y Seca (OFS) al momento del sacrificio. Para evitarlo, el trabajo propone establecer un ambiente adecuado para mejorar la producción porcina, contemplando el bienestar de los cerdos hacia alcanzar su máximo potencial productivo, tomando en cuenta factores relevantes como: instalaciones, alimentación, limpieza, medicamentos y genética.

La propuesta de inversión para dictaminar si es rentable este proyecto, proporciona resultados alentadores, ya que, se obtiene un VPN de 3,436,262; tres años y dos meses para recuperar la inversión inicial; respecto al índice de rentabilidad o razón costo – beneficio, se obtiene un resultado de 1.33; y una tasa interna de retorno TIR=37% mayor a la tasa de rendimiento mínima aceptable TREMA=17.6%.

***Palabras clave**: Producción, tecnificación, Calidad, TIF*

Abstract

This research seeks to establish criteria for an optimal and careful handling of pigs in well-designed facilities minimizing the levels of stress and fear, which can produce two types of defective meat: Pale, Soft and Exudative (PSE) and Dark, Firm and Dry (DFD) at the time of slaughter. To avoid this, the work proposes to establish an adequate environment to improve pig production, considering the well-being of pigs towards reaching their maximum productive potential, taking into account relevant factors such as: facilities, feeding, cleaning, medicines and genetics.

The investment proposal to determine whether this project is profitable provides encouraging results, since a NPV of 3,436,262 is obtained; three years and two months to recover the initial investment; Regarding the profitability index or cost-benefit ratio, a result of 1.33 is obtained; and an Internal Rate of Return IRR = 37% higher than the Minimum Acceptable Rate of Return MARR = 17.6%.

***Key words**: Production, Technification, Quality, FIT*

Introducción

En la actualidad, la industria porcícola es constante en todo el mundo, ya que la carne de cerdo es la de mayor consumo. La producción porcina registra un crecimiento considerable tanto en el número de cabezas, como en el volumen de carne producida, la misma funge un papel importante como principal fuente de proteína en países desarrollados [1]. Por otro lado, en México la carne de cerdo ocupa el tercer lugar en la producción nacional después de la carne de pollo y bovino; el inventario nacional de porcinos durante el año 2017 fue de 16,793,865 cabezas; en 2018 se observó un aumento a 17,465,005 de cabezas, lo que representó un incremento del 3.82% en relación con el 2017 [2]. Consultando la base de datos de SADER, entre los principales estados productores de cerdo se encuentran Jalisco con una producción de 301,147 toneladas seguido de Sonora con 261,756 toneladas; ambos estados aportan el 39.04% de la producción nacional, en tercer lugar, se

encuentra Puebla con el 11.48%, seguido de Yucatán con 9.63%, Veracruz 8.99% y Guanajuato con el 7.87% como los estados mejor catalogados en cuanto a producción [3].
Dentro de la producción mencionada con anterioridad, se encuentran granjas certificadas con ventas significativas a rastros Tipo Inspección Federal (TIF), un factor que lleva al éxito a las mismas, es la de garantizar que sus animales cuentan con los cuidados delimitados, ya que al no sufrir estrés se puede avalar con seguridad que no producirán dos tipos conocidos de carne defectuosa. La primera corresponde a la carne Pálida, Suave y Exudativa PSE (por sus siglas en inglés Pale, Soft and Exudative) es un tejido que no solo presenta condiciones anormales hablando visualmente, sino que su funcionalidad proteica y sus propiedades organolépticas que proveen la cualidad para que el alimento sea grato al paladar se ven bastante afectadas [4]; otro factor es que los productos hechos con carne PSE tienen una disminución de rendimientos debido al incremento de pérdidas por goteo y la pobre habilidad para poder incorporar un componente espesante o emulsionante para dar cuerpo a un formulado [5]. La segunda carne es la Oscura, Firme y Seca DFD (por sus siglas en ingles Dark, Firm, Dry) se produce cuando el animal proviene de granjas en donde fue sometido a estrés de larga duración, que provocó que se acabaran todas sus reservas de glucógeno. Cuando estos cerdos entran a la matanza, no tienen más energía y no pueden acidificar sus músculos, por lo que la carne es un medio ideal para que crezcan las bacterias generando un color obscuro que afecta en demasía su aspecto [6].
Tomando en cuenta los factores relevantes mencionados anteriormente, el objetivo general de este trabajo de investigación es desarrollar una propuesta para determinar la rentabilidad de crear una empresa de porcinos analizando las cuatro vertientes que forman un plan de negocios, es decir, los estudios de mercado, técnico, administrativo y financiero, con la finalidad de buscar las condiciones óptimas e introducir mejoras significativas en los procesos, para así brindar cerdos en pie con altos estándares de calidad a rastros TIF ubicados dentro de nuestro entorno geográfico.

Metodología

El presente trabajo de investigación es de tipo descriptivo, ya que se desarrolló un relato de hechos en el que se narran las características para la creación y gestión de una empresa que cuenta con los recursos mercadológicos, técnicos, administrativos y financieros para la producción, cría y comercialización de cerdo en pie para rastros TIF en la ciudad de Celaya, Guanajuato. El trabajo también es mixto ya que además de describir la organización de los recursos para la producción, cría y comercialización eficiente de cerdo en pie para los rastros TIF en un análisis cualitativo, se realiza la cuantificación de los costos e ingresos necesarios para que la empresa opere en las mejores condiciones financieras.
El análisis es longitudinal, ya que se realiza la proyección de los estados financieros proforma para los cinco años de operación en lo que se simulan los escenarios periódicos anuales con el fin de estimar la rentabilidad de crear dicha organización.
Como variables independientes del trabajo se consideraron: el análisis mercadológico, el análisis técnico, el análisis organizacional y el análisis financiero. Mientras que la variable dependiente es la rentabilidad, determinada a través del cálculo del Valor Presente Neto y la Tasa Interna de Rentabilidad.
Para lograr este objetivo se desarrollaron cuatro estudios: El primero es un análisis mercadológico el cual nos brinda la identificación del producto desde el punto de vista del usuario final, es decir, que características lo distinguen de los demás bienes que satisfacen la misma necesidad; la segmentación de mercado, la cual consistió en definir el grupo de empresas a quienes se dirige el producto que ofrecemos, es decir, aquellas que manejan estándares de calidad altos en la adquisición de cerdos en pie; la demanda represento la cuantificación de la necesidad que tiene una población respecto a un producto delimitando sus clientes potenciales y las oportunidades que tiene de incursionar al mercado para posicionarse y competir de manera factible; por último la oferta, donde se buscó visualizar a los competidores diferenciando sus puntos débiles y fuertes, precisando así una competencia acorde al análisis detallado que incluye su posicionamiento y valor de su producto en el mercado.
El segundo estudio corresponde al análisis técnico, el cual nos adentra al proceso productivo, desde que los cerdos nacen hasta su venta, describiendo cada etapa, aunado a ello, se definieron tecnologías de producción como alternativas óptimas para la trata de residuos orgánicos con la finalidad de obtener productos subsecuentes como gas metano y composta.

El tercer estudio hace énfasis en el análisis administrativo, ya que nos permitió precisar el personal de planta y outsourcing que tendrá la organización acorde a los criterios indispensables para el cumplimiento de las actividades específicas en cada una de las áreas de la empresa.
El ultimo corresponde al estudio del análisis financiero, el cual comprende dos etapas: la formulación de los estados financieros proyectados y la evaluación financiera de los resultados proyectados de la operación del proyecto, a través de indicadores financieros, que acorde al resultado delimitan si la inversión es rentable o no [7], los mismos fueron calculados para este proyecto mediante el software estadístico, Microsoft Excel, con fines de exactitud, estos son: Valor Presente Neto (VPN), Tasa Interna de Retorno (TIR), Periodo de Recuperación Inicial (PRI) y la relación Costo – Beneficio(C-B)

Resultados y discusión

Análisis Mercadológico

Identificando el producto, se sabe que existen numerosas razas de cerdos, se utilizarán solo cinco, que son las más comerciales dentro del ámbito porcicultor clasificándose en dos grupos; el primero las razas maternas, las cuales se caracterizan por ser hembras con excelente habilidad para la producción láctea y cuidado de sus camadas, siendo las mismas numerosas (hasta 13 lechones). El segundo grupo se encuentran las razas paternas que producen crías con adecuada conformación muscular, ideales para el abasto y tienen la capacidad de adaptarse con mayor facilidad a condiciones adversas (medio ambiente y estrés) [8]. La tabla 1, nos muestra una comparativa con las características más relevantes que provee cada raza, destacando dos (Duroc y Pietrain), las cuales tienen el mejor rendimiento en canal y su estimado magro es superior a las otras tres, por lo tanto, serían las más solicitadas para los rastros TIF.

Tabla 1. Características de la carne porcina acorde a la raza

Características de la carne	Yorkshire	Landrace	Duroc	Pietrain	Hampshire
Espesor tocino dorsal a los 90 kg (mm).	13.5-17.5	13- 16.5	10	9	13-16
Rendimiento de la canal a los 90 kg sin cabeza.	75%	74.5%	79%	80%	75%
Longitud de la canal (cm).	99	101	102	95	96
% Estimado de magro en la canal	52.5	53	60	63	56

Para la segmentación, los principales compradores de los cerdos en pie serían los rastros cuya actividad principal sea el sacrificio de los mismos y que además cuentan con la certificación TIF. Los Rastros Tipo Inspección Federal, son aquellas instalaciones dedicadas al sacrificio de animales, proceso de envasado, empacado, refrigerado o industrializado y que están sujetos a regulación por parte de SADER.
Los rastros que definen el segmento de mercado de este plan de negocios serían inicialmente los ubicados en los estados de Guanajuato (Frigorífico y Rastro de Santa Ana, S. A. DE C. V, Central Industrializadora de Cárnicos del Bajío, S. A. DE C. V y Rastro Frigorífico y Servicios Integrales del Bajío, S. A. DE C. V) y Querétaro (Distribuidora de Carnes del Bajío, S. A. DE C. V y el Rastro Municipal de Querétaro). Posteriormente, buscaríamos ampliar nuestra zona geográfica a los estados de Jalisco, Michoacán, Estado de México y Ciudad de México.
Estipulando la demanda, se aplicó como instrumento un cuestionario el cual arrojo factores importantes obtenidos de los Rastros TIF de León y Querétaro, su demanda la tienen determinada y es constante ya que cuentan con comercializadoras reconocidas a nivel nacional (Sigma Alimentos, Capistrano, Salchichoneria Gunter, Alimentaria Selectus, Suzazon, etc.) que suponemos tienen

ventas sofisticadas. Los rastros comentan que su producción se mantiene mes con mes, exceptuando temporales en donde el consumo de carne es menor o crisis mundiales que repercuten en el país, lo que nos lleva a suponer que se puede contar con dos clientes potenciales. Acorde a la producción prevista (169 cerdos en pie por mes) y al buscar ser una granja certificada, delimitaron que nos pueden considerar como proveedores ya que los animales en su mayoría tienen origen en otros estados, resaltando a Jalisco, ya que en Querétaro y Guanajuato cuentan con una demanda insatisfecha, esto debido a que en la actualidad hay pocas granjas con reconocimiento por parte de SENASICA que comercializan cerdo en pie de alta calidad, siendo su capacidad de producción superior a la demanda de dichos estados, además visualizan factibilidad en cuanto a sus costos de transporte, esto debido a la cercanía con Celaya.

La oferta nos denota una ventaja competitiva que vale la pena resaltar, esta es, que en Guanajuato existen pocas granjas certificadas bajo la normativa TIF, y en la actualidad no se encuentra ninguna estipulada en Celaya, las más cercanas se localizan en Abasolo y Pénjamo [9]. Es por ello que en este apartado analizaremos tres granjas porcícolas que se muestran en la Tabla 2, las mismas, hacen énfasis en cumplir con las normas zoosanitarias, alimentación, control de enfermedades y cuidado animal en general, acorde a estos puntos destacan por vender sus cerdos en pie a rastros con reconocimiento TIF, considerándolas nuestras principales competidoras dentro del estado.

Tabla 2. Comparación entre competidores

Aspectos a comparar	Prosemen	Porcicola Garleón	Propecal
Precio por kg (50-60 pesos)	X	X	X
Pago Único	X	X	X
Venta a rastros TIF	X	X	X
Venta a otros mercados			X
Cuenta con transporte	X	X	X
Garantía de calidad en sus productos	X	X	X
Ofrece otros servicios (Semen Porcino)	X		
Acude a eventos ganaderos	X		X
Maneja una estrategia de promoción	X		X

La tabla nos provee información valiosa con datos a tomar en cuenta para incursionar en el mercado y para una toma de decisiones efectiva, guiándonos en las condicionantes principales que delimiten una factibilidad viable del cliente hacia nuestra empresa, es importante mencionar que la granja Prosemen ubicada en Pénjamo dedica principalmente sus ventas al estado de Jalisco, mientras tanto Porcicola Garleón ubicada en Abasolo es autosuficiente cuenta con su propio rastro y dedica parte de su producción a la exportación, dejándonos cabida libre para los rastros de Querétaro y León.

Análisis Técnico.

En cuestión a las necesidades de infraestructura y basándonos en los requerimientos gubernamentales oficiales, una granja porcina tecnificada debe estar constituida por cuatro secciones que delimiten el crecimiento óptimo por etapa, estas son: unidad de partos, unidad de precebos, unidad de gestación e inseminación, y por último la unidad de levante y ceba; para los requerimientos ambientales se utilizará un biodigestor e incinerador; también contará con oficinas administrativas que delimiten todo lo relacionado al proceso, legalidad organizacional y financiera; y finalmente con un almacén de materia prima que estará dividido en dos apartados uno para (alimento porcino, vitaminas, minerales, medicamentos) y otro para equipos requeridos como (balanzas, suministros de agua y alimento). (Ver figura 1).

 ISSN 2007-8102

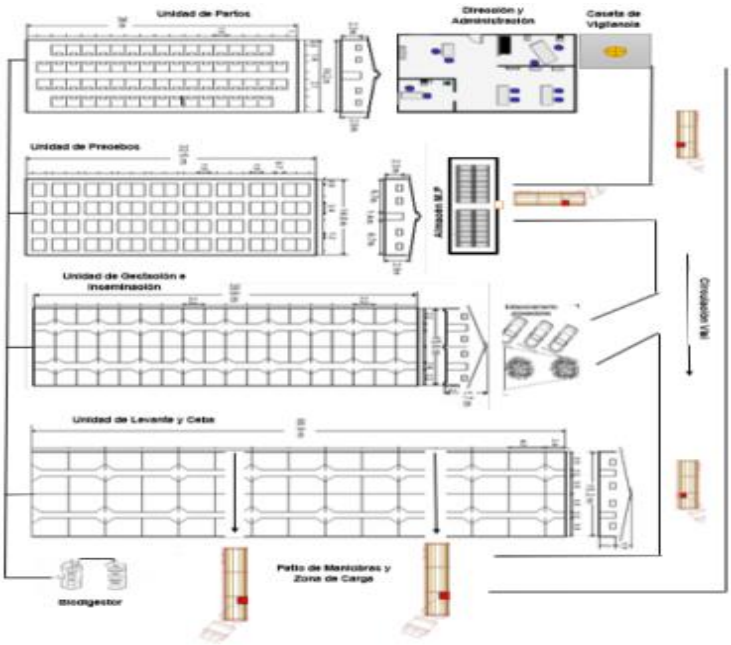


Figura 1. Distribución Granja Porcina

En relación a la capacidad de producción de cerdos de engorde, queda definida por los siguientes parámetros básicos: el tamaño de jaulas de gestación en la unidad de partos (70 cm de ancho por 210 cm de largo por 120 cm de altura), lechoneras en la unidad de precebos (160 cm de ancho por 250 cm de largo por 100 cm de altura) y el tamaño de corrales en el área de levante y ceba (80 cm de ancho por 135 cm de largo por 120 cm de altura) esas dimensiones son por unidad y están especificadas por SENASICA, buscando conseguir un equilibrio entre el bienestar animal y la rentabilidad de la explotación porcina. Con el terreno que se cuenta, se prevé una producción efectiva mensual de 169 cerdos en pie, teniendo la posibilidad de incrementarla a una máxima de 248, conforme se obtengan beneficios financieros propios del proyecto.
En lo que refiere al proceso productivo, se denota el ciclo completo para obtener cerdos de calidad, desde que nacen hasta la venta, se describe en la Figura 2, en dicho proceso se implementan estrictas normas de bioseguridad, cuidado garantizado por parte del personal, para brindar el mayor bienestar animal posible, basados en los lineamientos que provee la normatividad TIF.

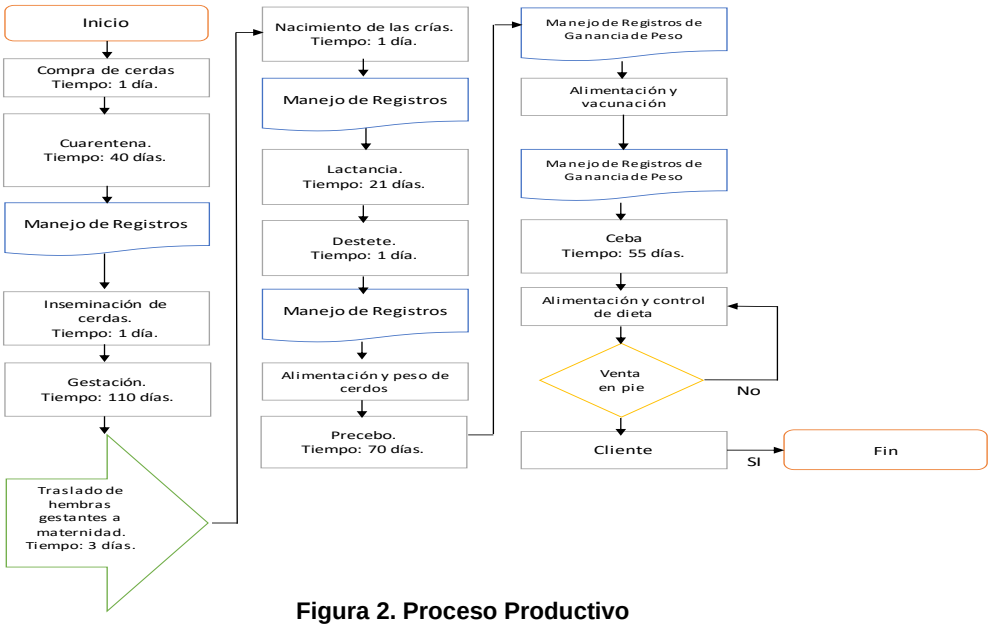


Figura 2. Proceso Productivo

Para el cuidado correspondiente de cerdos en granja, resaltan normativas específicas, se mencionan a continuación: especificaciones zoosanitarias para la construcción y equipamiento de establecimiento para la crianza de ganado porcino (NOM-008-ZOO-1994); trato humanitario en la movilización de los animales (NOM-051-ZOO-1995); especificaciones para las instalaciones y operación de los puntos de verificación e inspección zoosanitaria (NOM-058-ZOO-1999); campaña nacional contra la fiebre porcina clásica (NOM-037-ZOO-1995).

Análisis Administrativo

La granja está clasificada como una microindustria ya que su plantilla laboral no es muy grande, se contratará personal de Outsourcing para delegar tareas específicas previas al arranque de la empresa, requiriendo un Abogado, un Contador, un encargado de Logística, un Mercadólogo y un Vigilante. Los puestos que se mencionan a continuación se creen de vital importancia para complementarla, ya que tienen efecto directo en la calidad final, que se pretende reflejar en una buena imagen organizacional, basada en esfuerzos conjuntos para lograr los requerimientos del cliente; el personal de planta estará conformado por los siguientes elementos: Gerente general, Operario de partos, Operario de destete y precebos, Operario de gestación e inseminación y Operario de levante y ceba.

Se trabajará para poder ser, una de las granjas porcícolas Guanajuatenses más valoradas por los rastros TIF, manteniendo un incremento constante en utilidades y generando un número creciente de empleos, a través de la innovación, mejora continua y calidad de vida.

Análisis Financiero

La inversión inicial para este proyecto es de $6,448,942.48 de esta cantidad se cuenta para el arranque con 2,800,000 catalogada como inversión propia, existiendo también dos socios potenciales que aportarán 1,600,000 cada uno y buscaríamos apoyo de SADER por 500,000 para cubrir dicha cantidad. Respecto a los indicadores financieros se calculó el Valor Presente Neto (VPN) el cual arroja un resultado rentable, debido a que es mayor a 0. El segundo indicador financiero corresponde a la Tasa Interna de Rendimiento (TIR) de 37% la cual también es admisible pues es mayor a la Tasa de Actualización (TREMA) 17.36% determinada usando el premio al riesgo (8% que corresponde a la tasa de interés que maneja el Banco de México), la inflación (4.04% que concierne al promedio de la inflación que maneja el Banco de México de Mayo del 2017 a Mayo del 2020) y el margen de inestabilidad económica (5% por variaciones que puedan afectar el proyecto), los valores que aparecen en la tabla 3, corresponden a los flujos de efectivo descontados.

Tabla 3. Calculo de VPN y TIR

Periodo	Flujo de Efectivo
0	-$6,448,942.88
1	$2,410,379.04
2	$1,829,846.55
3	$1,611,714.25
4	$1,435,483.24
5	$2,597,782.58
TIR (Tasa Interna de Retorno)	37%
VPN (Valor Presente Neto)	$3,436,262.78

El periodo de recuperación de la inversión es de 3 años, 2 meses y 6 días, en la tabla 4, se aprecia de mejor forma esta información.

Tabla 4. Cálculo del Periodo de Recuperación Inicial (PRI)

Año	FEN	Diferencia		PRI	
Año 0	-$6,448,942.88			Meses	Días
Año 1	$2,750,304.52	-$3,698,638.36			
Año 2	$2,312,526.34	-$6,011,164.70	$2,400,176.30	12.00	30

Año 3	$2,400,176.30	-$8,411,341.01	$ 437,778.18	**2.19**	0.19
Año 4	$2,563,651.59				**5.7**
Año 5	$3,152,488.12				

Respecto al índice de rentabilidad o razón costo – beneficio, se obtiene un resultado de 1.33. La relación es mayor a 1, por lo que se acepta el proyecto.

Tabla 5. Calculo del Índice de Rentabilidad (IR).

AÑO	FEN
Año 0	-$6,448,942.88
Año 1	$2,750,304.52
Año 2	$2,312,526.34
Año 3	$2,400,176.30
Año 4	$2,563,651.59
Año 5	$3,152,488.12

Índice de Rentabilidad

VAaño3 = $2,045,084.24

VAbeneficio = $8,274,044.10

VAcosto = $6,228,959.87

Rb/c = 1.33

Trabajo a futuro

Como trabajo conciso a futuro para el desarrollo de esta empresa, se tienen que programar acciones generales y específicas de innovación en los respectivos procesos, para de esta manera conseguir ventajas competitivas, sustentándolo en un plan estratégico a corto y mediano plazo; visualizando siempre las nuevas tecnologías que provean mayor factibilidad técnica y que estén alcanzables, y, por lo tanto, que permitan a la empresa incrementar su rentabilidad y optimizar su operación.

Determinando las perspectivas propias del trabajo de investigación a futuro, se deben tocar varios aspectos relevantes; el primero podría ser explorar esquemas de reproducción (cruzas) y crianza que puedan proporcionar mejoras en el rendimiento biológico de los animales, es decir, mejores índices de calidad y volumen de carne, determinado a través de un balanceo idóneo en su dieta, contemplando materias primas innovadoras que compitan con las que ya se encuentran actualmente en el mercado; otro aspecto podría ser el desarrollo de trabajos de investigación orientados a conocer la rentabilidad de establecimientos de crianza de cerdos en óptimas condiciones con tecnologías más avanzadas (biodigestores, lombricomposta, incineradores) y estar pendientes en las que se encuentran en desarrollo para optimizar siempre este aspecto, ya que en la actualidad es al que prestan menor atención los empresarios; por último, también, se podrían realizar investigaciones para determinar las perspectivas futuras del consumo de carne de cerdo de primera calidad, es decir, los gustos y preferencias de los consumidores, así como (en el sentido mercadológico) el desarrollo gastronómico de platillos que propongan mayores oportunidades.

Conclusiones

Tras este estudio puede determinarse que el proyecto es viable desde el aspecto mercadológico, factible desde el técnico-administrativo y rentable financieramente, a continuación, se concluye para los antes mencionados.

Respecto al análisis de mercado se determina que en los rastros TIF ubicados en Querétaro y León sacrifican en promedio 25,433 cabezas mensualmente, al ser carne delimitada con altos estándares de calidad tienen clientes potenciales bien definidos, lo cual indica una demanda constante; esto proporciona una posibilidad de incursión ya que al ser una granja certificada se podrá surtir a dichos rastros inicialmente y tener diversificación con el paso del tiempo. Por otro lado, analizando el perfil de los posibles competidores, se visualizó que en cuanto a calidad y precio de los cerdos se puede competir, ya que esto es dependiente de la obtención de la certificación TIF.

En el ámbito técnico, la granja es factible en cuanto adquisición de tecnologías, materias primas y requerimientos estructurales, se encuentran en el país y son alcanzables; también y tal como la investigación lo ha demostrado, el proceso productivo brindará fiabilidad debido al extremo orden con el que se llevará acabo, esto será, mediante un manejo estructurado de registros en cada etapa y siguiendo las normativas estipuladas, que nos brinden indicadores referenciales concretos para llegar al éxito.

Referente al estudio administrativo, se puede ultimar que basándonos en la misión y visión organizacional, la plantilla de trabajadores estará conformada con gente capaz y efectiva, que afronte con responsabilidad las actividades a realizar, generándoles una conciencia sobre la importancia que tiene su participación en la cadena productiva, al ser una empresa comprometida buscaremos retribuirles mediante todas las prestaciones que así dictamine la ley, buscando su estabilidad laboral y estadía en la empresa.

Por último, el estudio financiero, los resultados de este análisis nos muestran que el proyecto es rentable, ya que, se obtiene un VPN= 3,436,263 el cual indica que el proyecto al final de cinco años de vida estará arrojando una utilidad neta por dicha cantidad; la tasa interna de retorno TIR = 37% mayor a la tasa de rendimiento mínima aceptable TREMA = 17.6%, esto indica que se cubre en su totalidad la inversión inicial, los egresos de operación, intereses, impuestos y la rentabilidad que el inversionista exige a su propio capital invertido; respecto al Periodo de Recuperación Inicial (PRI), la inversión está de vuelta en 3 años, 2 meses y 6 días, menor a los cinco años de vida inicial que delimita al proyecto, esto es favorable ya que se convierte en una técnica de evaluación cuando se monitorean proyectos que califican por su naturaleza y la expectativa de los inversores, dentro de su criterio seleccionan al proyecto en donde puedan recuperar su inversión lo antes posible. En lo que refiere al Costo - Beneficio el resultado es de 1.33 > 1, significa que los ingresos netos son superiores a los egresos netos.

Referencias

[1] R. A. Altamirano, “Estimulación del consumo de alimento en cerdas lactantes mediante el uso de diferentes aditivos” (tesis de maestria), Universidad Nacional Autónoma de México, DF, México, 2012.

[2] Food and Agricultural Organization, FAOSTAT (2020, Marzo 11). [Online]. Available: http://www.fao.org.

[3] Secretaria de Agricultura y Desarrollo Rural, SADER (2020, Marzo 27). [Online]. Available: https://www.gob.mx/sader.

[4] T. Grandin, “Methods to reduce PSE and bloodsplash”, Veterinary Outreach Program Conference, Minnesota, USA, pp 112-114, Septiembre 2000.

[5] C. Alvarado, “Current issues in the poultry industry: meat quality and moisture retention”, Conference on Quality in Meat Preservation, Nottingham, UK, pp 5-6, febrero 2002.

[6] A. M. García*, “Acondicionamiento de la carne para su comercialización”.* 2nd ed. Madrid: Elearning S.L, 2014.

[7] A. Morales, *“Proyectos de inversión evaluación y formulación”*. 3rd ed. México, D.F: Mc Graw Hill, 2009.

[8] L. Ollivier and J. Foulley, “Pig genetics resources”, *The genetics of the pigs*, vol. 13, pp. 306-310, 2010.

[9] M. Montero, *“Alternativas para la producción porcina a pequeña escala”*. 2nd ed. México, D.F: Universidad Nacional Autónoma de México, 2015.

Ingeniería aplicada a inteligencia emocional. Caso operadores de transporte público.

*E. Rodríguez Barranco[1], M. Pérez Castañeda[1,] E. Berra Villaseñor[*1],*
[1] Universidad del Valle de Puebla, 3 Sur 5904, Colonia "El Cerrito", C.P. 72440,
**monica.perez@uvp.edu.mx*

***Área de participación**: Ingeniería administrativa*

Resumen

De cara a la cuarta revolución industrial, el poseer habilidades blandas como la inteligencia emocional se considera tan importante como las habilidades técnicas, estas pueden tener un impacto en la productividad del trabajador, así como en su desempeño laboral, el presente trabajo de investigación tiene como objetivo la aplicación de un test de inteligencia emocional agregando dimensiones de servicio al cliente y jornada laboral, en operadores de transporte público, el desarrollo de la investigación se llevó a cabo en 3 etapas, selección del instrumento, aplicación del instrumento y análisis de resultados, la aplicación del instrumento presenta niveles de confiabilidad aceptables, los resultados obtenidos muestran que para las dimensiones que miden inteligencia emocional se encuentran en los puntajes más bajos, mientras que para las dimensiones jornada laboral y servicio al cliente se encuentran en una media con puntuaciones bajas.

***Palabras clave**: Inteligencia emocional, TMMS-24, productividad.*

Abstract

Facing the fourth industrial revolution, having soft skills such as emotional intelligence is considered as important as technical skills, these can have an impact on worker productivity, as well as on their job performance, the present research work has as objective the application of an emotional intelligence test adding dimensions of customer service and working hours, in public transport operators, the development of the research was carried out in 3 stages, selection of the instrument, application of the instrument and analysis of results, The application of the instrument presents acceptable levels of reliability, the results obtained show that for the dimensions that measure emotional intelligence they are found in the lowest scores, while for the dimensions working hours and customer service they are in a mean with low scores.
***Key words**: Emotional intelligence, TMMS-24, productivity.*

Introducción

La inteligencia emocional ha sido objeto de interés de investigadores a lo largo de los años, y a partir de ello es que se han desarrollado numerosas teorías respecto a este concepto, modelos para conceptualizarlo, medirlo, y entre una de las ramas de la investigación asociada, el impacto en diferentes ámbitos, como, por ejemplo, su influencia en el desempeño laboral y el impacto en la organización.

El concepto de inteligencia emocional fue conceptualizado por Salovey y Meyer como la capacidad de procesar información emocional de manera eficiente incluyendo esa información relevante para el reconocimiento, construcción y regulación de la emoción en uno mismo y en los demás. [1]
Esta habilidad se encuentra relacionada con el desempeño profesional ya que se sugiere, que incrementa la productividad y desempeño de los trabajadores debido a que estas se encuentran relacionadas a la habilidad de manejar las emociones. [2]

Del mismo modo, algunas investigaciones sugieren que el desempeño de un empleado puede ser pronosticado a través de la inteligencia emocional, ya que esto define el proceso de comprender y manejar sus emociones según corresponda. Además, el empleado con esta habilidad tiene la capacidad de incrementar su persistencia, regular su estado de ánimo, así como controlar sus impulsos. [3]

Si bien el poseer esta habilidad trae consigo numerosos beneficios al trabajador, así como a las organizaciones, esta debe ser considerada como una habilidad diferenciadora, ya que, por ejemplo, el Foro económico mundial, menciona en su reporte el futuro de los trabajos del 2016, que las organizaciones solicitarán trabajadores que posean habilidades suaves como la inteligencia emocional y al mismo tiempo capacidades técnicas. [4]

El sector del transporte público tiene grandes retos que afrontar de cara a la sociedad moderna, entre los que destaca proveer las condiciones para que el transporte sea seguro y cómodo; uno de los principales actores en este reto es sin duda el operador de transporte público, el cual es el responsable de cumplir el objetivo principal del transporte, *"el trayecto seguro al destino"*.

El operador mientras se encuentra en el desarrollo de su trabajo se enfrenta a situaciones que pueden afectar su desempeño profesional, como, por ejemplo, otros conductores, las características del vehículo, el ambiente, las condiciones del camino además de las condiciones laborales como horas de trabajo irregulares, cambios de horario, etc., lo que puede derivar en estrés o conductas de manejo riesgosas, y en el peor de los escenarios estas condiciones pueden ocasionar accidentes.

Si bien es cierto, que son numerosas variables externas que inciden en la conducta de manejo del operador, la inteligencia emocional que el conductor posea puede influir en el desempeño de su trabajo; de acuerdo con el análisis realizado a 1017 empleados, el cual indica que el sector relacionado con el transporte se encuentra en la posición 12 de los 14 analizados con un percentil 44, mostrando que en ese sector de la muestra se encuentran los puntajes más bajos de inteligencia emocional. [5]

Por otra parte, en el estudio realizado en una muestra de 179 adultos, los resultados sugieren que bajos índices de inteligencia emocional incrementa las tasas de conductas de conducción riesgosas [6]. De la misma forma las evidencias del estudio realizado sobre conductas de conducción riesgosas, indican que bajo las condiciones y la muestra seleccionada existe una correlación negativa entre el factor de inteligencia y el índice global de actitud de riesgo [7].

El caso particular de este estudio está centrado en una ruta de transporte público en la ciudad de Puebla, en la cual se presentan reportes de incidencias como retrasos, quejas de los usuarios, así como una alta rotación de personal, por lo cual se realizará la evaluación descriptiva de la inteligencia emocional en los operadores de transporte público, utilizando el instrumento TMMS-24 (Trait Meta-Mood Scale), como parte del análisis se integrará una evaluación sobre dos dimensiones adicionales relacionadas con la percepción del operador sobre la jornada laboral y la atención al cliente que realiza.

Metodología

El presente trabajo es de tipo cuantitativo, no experimental, transversal y descriptivo. El desarrollo de la investigación, se realizó en 3 etapas: 1) Selección del instrumento, 2) Aplicación del instrumento 3) Análisis de resultados.

1. Selección del instrumento

Para el desarrollo de esta investigación se utiliza el cuestionario de TMMS-24 (Trait Meta-Mood Scale), el cual está basado en el modelo desarrollado por Mayer & Salovey (1997). Fernández realizó una variación del mismo para evaluar la inteligencia emocional con un instrumento en español y reducido a 24 ítems [8]; el instrumento está dividido en 24 ítems en escala de Likert de 5 puntos los

cuales miden la percepción individual sobre su propia inteligencia emocional a partir de 3 dimensiones:

Atención: Creencias individuales acerca de la importancia de poner atención a nuestras emociones y sentimientos.

Claridad: Sobre la capacidad de comprensión de la propia emoción.

Reparación: Habilidad de reparar estados emocionales negativos y mantener los positivos.

Una vez resuelto el test se calculan los puntajes de acuerdo a las escalas proporcionadas por el instrumento; además, se agregaron dos categorías para medir dos dimensiones adicionales, jornada laboral y servicio al cliente, tomadas del instrumento para evaluar variables psicológicas y laborales en conductores de autobuses [9] las cuales se definen a continuación:

Jornada laboral: La valoración sobre la jornada laboral, donde entre más alto es el puntaje otorgado, la jornada será considerada como positiva. Esta se encuentra dividida en 8 ítems en escala de Likert.

Servicio al cliente: La disposición respecto al servicio que se brinda a los usuarios, que al igual que la jornada laboral, la valoración entre más alta sea indicará una mejor disposición del servicio al usuario. Esta se encuentra dividida en 8 ítems en escala de Likert.

2. Aplicación del instrumento

Para la aplicación del instrumento se realiza un muestreo a conveniencia seleccionando a cincuenta operadores.

3. Análisis de datos

Los ítems que miden jornada laboral son del 1 al 8, mientras que los que miden atención al cliente comprenden del 9 al 17.

La escala para poder realizar la clasificación y puntuación de cada dimensión de inteligencia emocional está dada en la tabla 1.

Tabla 1. Puntuación de ítems por dimensión.

	Hombres	Mujeres	Evaluación
Atención. Suma de los ítems 18 al 25.	< 21	< 24	Debe mejorar su atención: presta poca atención.
	22 a 32	25 a 35	Adecuada atención.
	> 33	> 36	Debe mejorar su atención: presta demasiada atención.
Claridad. Suma de los ítems 26 al 33.	< 25	< 23	Debe mejorar su claridad.
	26 a 35	24 a 34	Adecuada claridad.
	> 36	> 35	Excelente claridad.
Reparación. Suma de los ítems 34 al 41.	< 23	< 23	Debe mejorar su reparación.
	24 a 35	24 a 34	Adecuada reparación.
	> 36	> 35	Excelente reparación.

Se realizó el tratamiento estadístico con el software SPSS, un análisis descriptivo de los resultados obtenidos, así como se ejecutó un análisis de confiabilidad mediante el coeficiente alfa de Cronbach.

 ISSN 2007-8102

Resultados y discusión

Los resultados muestran una consistencia interna significativa, para la atención se obtuvo un α =69%, para la fiabilidad α = 77%, para la reparación α = 85%, para jornada laboral α = 81.2% , y por último para servicio α = 93.7%, mientras que todo el instrumento obtuvo un α = 87%.

Los resultados obtenidos para la dimensión atención indican que el 90% de los operadores se encuentra en la categoría de poca atención, el 10% se encuentra en la categoría de adecuada atención, mientras que el 0% se encuentra en la categoría demasiada atención (Figura 1).

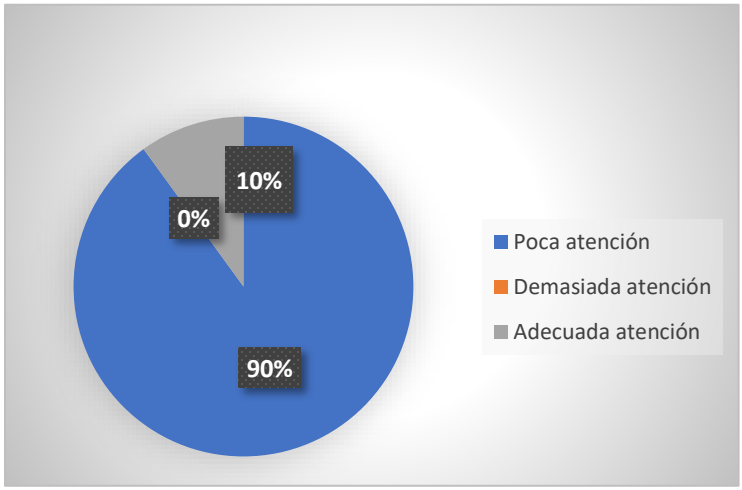


Figura 1. Resultados de aplicación en la dimensión atención

Para la dimensión de claridad se observa en los resultados que el 92% de los operadores se encuentra en la categoría debe mejorar su claridad, el 8% se encuentra en la categoría de adecuada claridad y el 0% se encuentra en la categoría de excelente claridad.

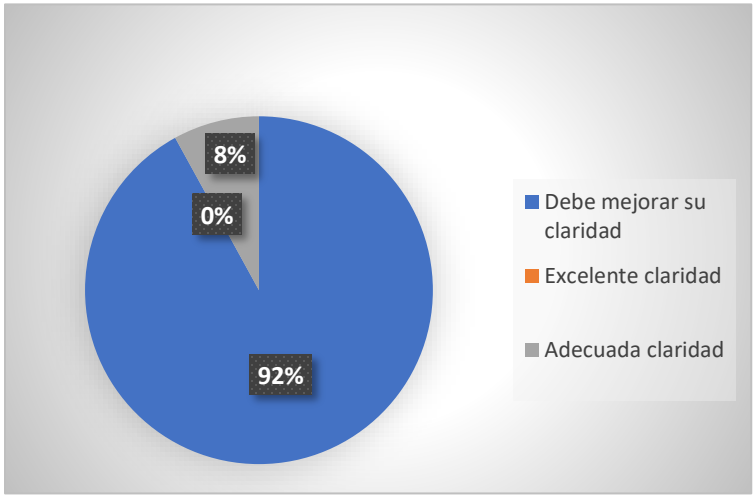


Figura 2. Resultados de aplicación en la dimensión claridad

 ISSN 2007-8102

En cuanto a la dimensión reparación el 72% de los operadores se encuentran en la categoría debe mejorar su reparación, el 28% se encuentra en la categoría adecuada reparación y el 0% se encuentra en la categoría excelente reparación.

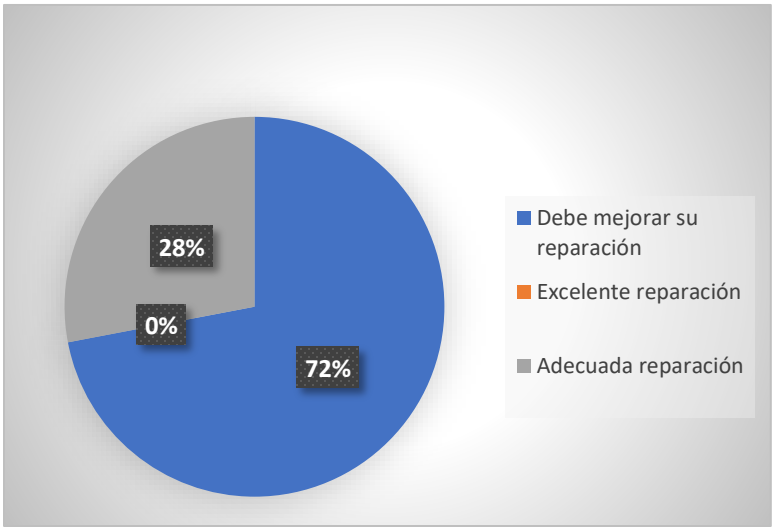


Figura 3. Resultados de aplicación en la dimensión reparación.

Con los resultados anteriores se observa que, de los operadores analizados, los porcentajes más altos se encuentran en los ítems con la puntuación más baja por cada dimensión analizada de inteligencia emocional (tabla 2).

Tabla 2. Tabla comparativa de resultados por categoría.

Atención	Puntuaciones	Claridad	Puntuaciones	Reparación	Puntuaciones
90%	< 21	92%	<25	72%	<23
10%	22 a 32	8%	26 a 35	28%	24 a 35
0%	> 33	0%	>36	0%	>36

Por otra parte, para medir la dimensión jornada laboral se realiza el análisis descriptivo de los datos, mostrando cada uno de los ítems con la frecuencia obtenida (figura 4).

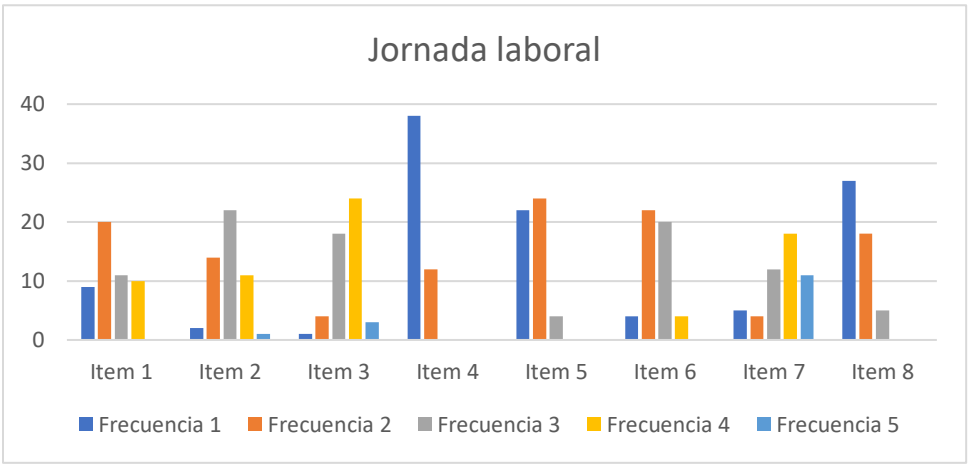


Figura 4. Resultados de Jornada laboral

 ISSN 2007-8102

En cuanto a los datos obtenidos por la dimensión servicio al cliente se obtuvieron los resultados en la figura 5.

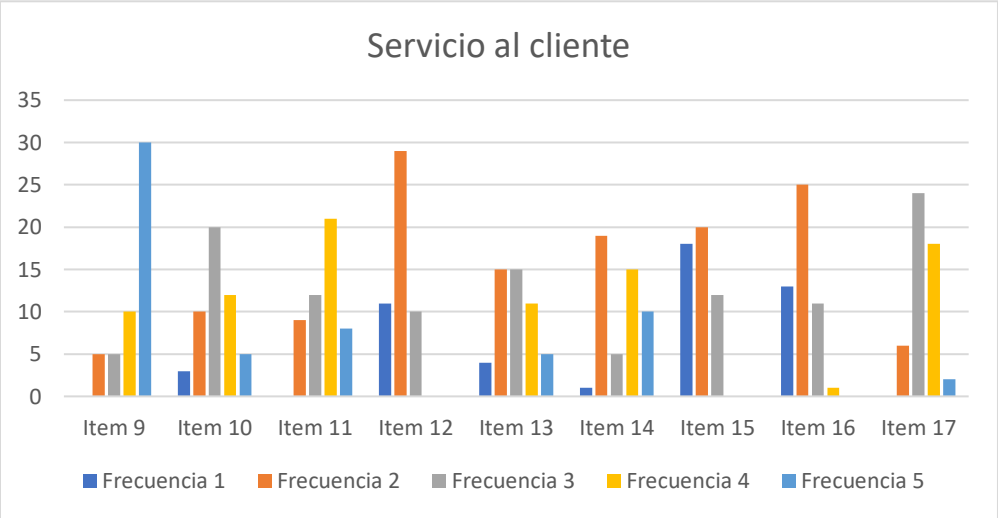


Figura 5. Resultados de servicio al cliente.

En la tabla 3 y 4 se resumen los resultados obtenidos por cada ítem para jornada laboral y servicio al cliente.

Tabla 3. Resultados por ítem. Jornada laboral

	Media	Desv. Desviación
Item1	2,44	1,013
Item2	2,90	,863
Item3	3,48	,814
Item4	1,24	,431
Item5	1,64	,631
item6	2,48	,762
Item7	3,52	1,216
Item8	1,56	,675

Tabla 4. Resultados por ítem Servicio al cliente

	Media	Desv. Desviación
Item9	4,30	1,015
Item10	3,12	1,043
Item11	3,56	,972
Item12	1,98	,654
Item13	2,96	1,124
Item14	3,28	1,230
Item15	1,88	,773
Item16	2,00	,756
Item17	3,32	,741

Como puede observarse nuevamente para los ítems de jornada laboral y servicio al cliente, la media de los resultados se encuentra en los puntajes más bajos, excepto para el ítem 9, el cual representa, “para mi servicio al cliente es igual a respeto” que mantiene una media de 4.3.

Trabajo a futuro

Con los resultados obtenidos en la presente investigación, se pretende a futuro correlacionar la inteligencia emocional con las conductas de manejo riesgosas y productividad para verificar si existe relación entre ellas. Por otra parte, este estudio podría hacerse extensivo a otras empresas del mismo ramo con el objetivo de realizar un comparativo entre ellas y verificar si existen diferencias entre los grupos analizados.

Conclusiones

En el presente trabajo de investigación se realizó la aplicación del test de inteligencia emocional así como la medición de las dimensiones servicio al cliente y jornada laboral en operadores de transporte público, los resultados indican que bajo la escala utilizada la mayoría de los operadores para las dimensiones de inteligencia emocional presentan puntajes bajos; en cuanto a la valoración que realizaron los operadores respecto a su jornada laboral, se observa que esta varía respecto a cada ítem, sin embargo, destaca la valoración sobre los tiempos de alimentación ya que esta tiene los puntajes más bajos, por otra parte, en la dimensión servicio al cliente observamos que la media de las respuestas se encuentra entre 3 y 1 a excepción del ítem 9 que representa, “para mi servicio al cliente es igual a respeto”.

Los resultados observados coinciden con el estudio presentado por Kaur & Sharma en 2019 [5], obteniendo que en el sector transporte se obtuvieron de igual forma los puntajes más bajos en la variable inteligencia emocional, por otra parte, de acuerdo con el estudio realizado por Hayley, Byron de Ridder, Stough, Ford, Downey realizado a conductores, sugiere que para las dimensiones asociadas con inteligencia emocional solo la dimensión de autorregulación pareciera tener un efecto en la conducción y hacia la posibilidad de tomar una conducta de manejo riesgosa [6]; sin embargo, en el presente estudio, a pesar de que en las tres dimensiones se obtuvieron puntajes bajos, esto podría sugerir que no necesariamente las tres influyen en una conducta de manejo riesgosa por parte del operador, sino más bien resalta el énfasis en la dimensión reparación en donde el operador debería contar con la habilidad para cambiar su estado de ánimo, lo cual podría ser comprobado en análisis posteriores.

Los resultados son solo representativos de la muestra analizada en la presente investigación, sin embargo, dada la problemática descrita es posible que se apliquen y desarrollen estrategias de capacitación orientadas al servicio al cliente y sobre inteligencia emocional, que permitan subsanar las carencias observadas.

Referencias

[1] J. N. Mayer y P. Salovey, «Emotional intelligence and the construction and regulation of feelings,» *Applied & Preventive Psychology,* pp. 197-208, 1995.

[2] M. Sahdat, S. Imran Sajjad, M. Umar Farooq y K. ur Rehman, «Emotional Intelligence and Organizational Productiviy: A Conceptual Study,» *World Applied Sciences Journal,* pp. 821-825, 2011.

[3] A. Semadar , Interpersonal competencies and managerial performance : the role of emotional intelligence, leadership self-efficacy, self-monitoring and political skill / Assaf Semadar., University of Melbourne, 2004.

[4] World Economic Forum, «The Future of Jobs. Employment, Skills and Workforce Strategy for the Fourth Industrial Revolution,» 18 Enero 2016. [En línea]. Available: https://www.weforum.org/reports/the-future-of-jobs.

[5] J. Kaur y A. Sharma, «International Journal of Recent Technology and Engineering (IJRTE),» *Emotional Intelligence and Work Performance,* vol. 8, pp. 1658-1664, 2019.

[6] A. C. Hayley, B. de Ridder, C. Stough, T. C. Ford y L. A. Downey, «Emotional intelligence and risky driving behaviour in adults,» *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour,* pp. 124-131, 2017.

[7] L. Arnau-Sabatés, J. Sala-Roca y M. Jariot - García , «Emotional abilities as predictors of risky driving behavior among a cohort of middle aged drivers,» *Accident Analysis & Prevention,,* pp. 818-825, 2012.

[8] P. Fernández Berrocal, N. Extremera y N. Ramos, «Validity and reliability of spanish modified varsion of the trait meta-mood scale,» *Psycological reports ,* pp. 751-755, 2004.

[9] C. Córdoba López y M. Moreno Salas, «Instrumento para evaluar variables psicologicas y laborales en conductores de autobuses,» *Reflexiones,* pp. 109-122, 2013.

ANEXO

INSTRUCCIONES: A continuación, encontrará algunas afirmaciones sobre sus emociones y sentimientos. Lea atentamente cada frase e indique por favor el grado de acuerdo o desacuerdo con respecto a las mismas. Señale con una "X" la respuesta que más se aproxime a sus preferencias. No hay respuestas correctas o incorrectas, ni buenas o malas. No emplee mucho tiempo en cada respuesta. -

1	2	3	4	5
Nada de Acuerdo	Algo de Acuerdo	Bastante de acuerdo	Muy de Acuerdo	Totalmente de acuerdo

1.	Me siento satisfecho con mi jornada laboral.	1	2	3	4	5
2.	Considero adecuado laborar más de ocho horas continuas.	1	2	3	4	5
3.	Dentro de mi jornada laboral es usual que trabaje horas extra.	1	2	3	4	5
4.	La empresa respeta los tiempos para la alimentación.	1	2	3	4	5
5.	Disfruto del día libre y los días feriados de Ley.	1	2	3	4	5
6.	Cuando tengo que trabajar horas extraordinarias se me comunica con anticipación.	1	2	3	4	5
7.	Todas las horas extraordinarias que trabajo me las pagan.	1	2	3	4	5
8.	Mis compañeros tienen una jornada laboral igual que la mía.	1	2	3	4	5
9.	Para mí "servicio al cliente" es igual a respeto.	1	2	3	4	5
10.	La cortesía es parte del servicio al cliente.	1	2	3	4	5
11.	Considero importante la puntualidad en mi recorrido para brindar un mejor servicio.	1	2	3	4	5
12.	Las sugerencias de los usuarios son importantes para mejorar la calidad del servicio.	1	2	3	4	5
13.	El servicio que se brinda al pasajero es mi responsabilidad.	1	2	3	4	5
14.	Me agrada brindar un buen servicio al cliente.	1	2	3	4	5
15.	Es importante la comunicación con los usuarios para brindar un buen servicio.	1	2	3	4	5
16.	Todos los días me esfuerzo por dar lo mejor de mí a los pasajeros.	1	2	3	4	5
17.	A pesar de tener un mal día, busco la manera de seguir brindando un buen servicio.	1	2	3	4	5
18.	Presto mucha atención a los sentimientos.	1	2	3	4	5
19.	Normalmente me preocupo mucho por lo que siento.	1	2	3	4	5
20.	Normalmente dedico tiempo a pensar en mis emociones.	1	2	3	4	5
21.	Pienso que merece la pena prestar atención a mis emociones y estado de ánimo.	1	2	3	4	5
22.	Dejo que mis sentimientos afecten a mis pensamientos.	1	2	3	4	5
23.	Pienso en mi estado de ánimo constantemente.	1	2	3	4	5
24.	A menudo pienso en mis sentimientos.	1	2	3	4	5
25.	Presto mucha atención a cómo me siento.	1	2	3	4	5
26.	Tengo claros mis sentimientos.	1	2	3	4	5
27.	Frecuentemente puedo definir mis sentimientos.	1	2	3	4	5
28.	Casi siempre sé cómo me siento.	1	2	3	4	5
29.	Normalmente conozco mis sentimientos sobre las personas.	1	2	3	4	5
30.	A menudo me doy cuenta de mis sentimientos en diferentes situaciones.	1	2	3	4	5
31.	Siempre puedo decir cómo me siento.	1	2	3	4	5
32.	A veces puedo decir cuáles son mis emociones.	1	2	3	4	5
33.	Puedo llegar a comprender mis sentimientos.	1	2	3	4	5
34.	Aunque a veces me siento triste, suelo tener una visión optimista.	1	2	3	4	5
35.	Aunque me sienta mal, procuro pensar en cosas agradables.	1	2	3	4	5
36.	Cuando estoy triste, pienso en todos los placeres de la vida.	1	2	3	4	5
37.	Intento tener pensamientos positivos, aunque me sienta mal.	1	2	3	4	5
38.	Si doy demasiadas vueltas a las cosas, complicándolas, trato de calmarme.	1	2	3	4	5
39.	Me preocupo por tener un buen estado de ánimo.	1	2	3	4	5
40.	Tengo mucha energía cuando me siento feliz.	1	2	3	4	5
41.	Cuando estoy enfadado intento cambiar mi estado de ánimo.	1	2	3	4	5

Comportamiento de la producción de limón persa en la región centro del Estado de Veracruz

S. I. Castillo-Martínez[1,2], A. P. Solano Varela[1], Y. Xochicale Pacheco[1], R. Limón-Rivera[1], J. Díaz-José[1,2].*
[1]Tecnológico Nacional de México campus Zongolica, Zongolica, Veracruz, México.
[2]Facultad de Ciencias Biológicas y Agropecuarias. Universidad Veracruzana 94950. Camino Antiguo Peñuela-Amatlán. Córdoba, Veracruz, México.
**sucaisama@hotmail.com*

***Área de participación**: Ingeniería Administrativa*

Resumen

El objetivo de la presente investigación fue determinar el comportamiento de la producción de limón persa en la región centro de Veracruz, dado que, debido a limitantes socio-productivos, el futuro de los pequeños productores se torna incierto. Se empleó una metodología con alcance explicativo a través de la aplicación del modelo econométrico de descomposición de la producción del periodo 2003-2018 reportado por el Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP), y se aplicó una encuesta validada a 280 productores por muestreo aleatorio simple con el 95% de confianza para analizar las características de las unidades de producción. Los resultados reflejan un cambio negativo en la producción de limón persa del municipio de Cuitláhuac, y cambios positivos para Carrillo Puerto, Cotaxtla, Tierra Blanca, Tlalixcoyan y Paso del Macho; se concluye que el municipio de Tlalixcoyan ha tenido el mejor comportamiento de la producción en la región centro del estado de Veracruz.

***Palabras clave**: Citrus latifolia Tanaka, Limón persa, Comportamiento de la producción.*

Abstract

This research aimed to determine the performance of persian lime production in the central region of Veracruz, given that, due to socio-productive constraints, the future of small producers becomes uncertain. A methodology with explanatory scope was used through the application of the econometric model of decomposition of production for the period 2003-2018 reported by the Agrifood and Fisheries Information Service (SIAP), and a validated survey was applied to 280 producers by random sampling. Simple with 95% confidence to analyze the characteristics of the production units. The results reflect a negative change in persian lime production in the municipality of Cuitlahuac, and positive changes for Carrillo Puerto, Cotaxtla, Tierra Blanca, Tlalixcoyan, and Paso del Macho; it is concluded that the municipality of Tlalixcoyan has had the best production performance in the central region of the state of Veracruz.

***Key words**: Citrus latifolia Tanaka, Persian lime, Behavior of production.*

Introducción

Los cítricos son un cultivo procedente de las regiones subtropicales, los cuales presentan adaptabilidad a las condiciones ambientales de zonas tropicales; sin embargo, ante un aumento de temperatura, el color de la cáscara, así como la calidad interna de la fruta es diferente a las establecidas en zonas subtropicales, dificultando la exportación para algunos países [1]. Se reporta que 140 países en el mundo producen cítricos, dentro de los principales están China, Brasil, Estados Unidos, India, México, España, Turquía, Nigeria y Argentina.

Los cítricos constituyen el cultivo de mayor importancia en la fruticultura mexicana, tanto por el área que se destina a su cultivo en 22 estados de la República, como por los empleos que genera en la producción, industria y comercialización nacional e internacional [2]. El limón persa (*Citrus latifolia* Tanaka) es un cítrico que pertenece a la familia de las Rutáceas, sus principales productores a nivel mundial reportados en el periodo de agosto 2018/julio 2019 son: México con el 31% de la producción total, seguido de Argentina con 19%, la Unión Europea con 19%, Estados Unidos el 13%, Turquía el 13%, e Israel el 1% y otros países con el 1% restante [3].

El principal estado productor de limón persa en México es Veracruz, aportando el 52% de la producción nacional [4], dicha producción está concentrada en las regiones norte y centro. En el año 2018 los tres principales municipios productores de la región centro por orden de importancia fueron Cotaxtla (26,095 t), Carrillo Puerto (24,024 t) y Cuitláhuac (21,694 t) [4].

Existen antecedentes a la presente investigación con estudios relacionados a limón persa y otros productos agrícolas; se ha asociado el cultivo de limón persa y palmeras de coco con la producción de maíz y frijol, para evitar la pérdida de producción por causa de plagas y enfermedades, así como la reducción de actividades laborales; como resultados se obtuvieron cambios favorables con respecto a diámetro del tallo, número de hojas y ramas en limón persa [5]; se ha determinado que la falta de comprensión de paquetes tecnológicos y capacitación constante, logran que los productores de limón persa no tengan las ganancias esperadas, puesto que no aprovechan las oportunidades que la tecnología brinda [6]. Se ha empleado el modelo de descomposición de la producción para analizar tendencias de producción del cacao en el periodo 2000-2011 con el fin de conocer las características que influyen el aumento o disminución de la producción en México, en dónde concluyen cambios negativos de la misma debido a una reducción en la superficie cultivada y abandono de plantaciones [7]; y por último, utilizaron la metodología de factores que inciden en el crecimiento de la producción de fresa en el municipio de Zamora, Michoacán, con el fin de identificar el porcentaje de influencia del rendimiento en la producción del periodo estudiado, para consolidar grupos de trabajo que adopten innovaciones organizacionales, en dónde concluyen cambios positivos para la producción en México basados en el crecimiento extensivo y aumento de la producción a razón del aumento en la superficie cosechado pero con obsolescencia tecnológica, sin embargo, debido al aumento de las exportaciones de otros países de esta fruta, los autores señal también una disminución de la ventaja competitiva reveada [8].

Sin embargo, la literatura existente no ha prestado atención a los efectos interactivos entre determinantes de la ventaja competitiva y su impacto en la cadena de valor de limón persa, para identificar las fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas de cada región productiva del estado de Veracruz; por tanto, en esta investigación se pretende conocer ¿cuáles son los factores que determinan el crecimiento de producción de limón persa?.

Comportamiento de la producción

Los procedimientos metodológicos como cadena de valor, valor compartido y ventaja competitiva han sido implementados en empresas de importancia mundial [9], dando como resultado la competitividad del sector.

La ventaja competitiva de una industria, depende de su capacidad para innovar, identificar nuevos mercados, productividad [10], calidad y eficiencia de las materias primas que se emplean para producir [11].

Para determinar la ventaja competitiva de un sector, se consideran los siguientes determinantes [11]: 1) condiciones de los factores de producción, 2) condiciones de la demanda, 3) industrias relacionadas y de apoyo que inducen la mejora continua y, 4) estrategia, estructura y rivalidad de las firmas. Las condiciones de los factores de la producción (tierra, trabajo y capital), aumentarán la competitividad y el éxito de la región estudiada, determinada por la capacidad de orientación hacia actividades que registren mayor productividad conjunta [12].

La competitividad a largo plazo de una cadena productiva se obtiene a través de los determinantes [13]: 1) redimientos agrícolas que dictan el comportamiento y los factores de la producción, mismos en los que se basa la presente investigación, 2) costo-precio, útil para identificar a corto plazo tendencias y estrategias de comercialización, 3) calidad y, 4) política económica, sin estos los pequeños agricultores tienen dificultades para traducir su competitividad en actividades a largo plazo.

La formulación de una estrategia que impulse la producción de limón persa requiere información sobre las tendencias de producción del cultivo, para tener una prospectiva de la actividad a mediano y largo plazo, ya que a partir de esto es posible desarrollar pautas a corto plazo para el desarrollo de la producción. La información actual sobre la dinámica de la producción del cultivo es insuficiente, por lo tanto, determinar su comportamiento será un factor que coadyuve a la toma de decisiones en el corto plazo para el productor.

Metodología

El presente estudio tuvo un alcance explicativo, con enfoque cuantitativo, transversal simple y no experimental.

De acuerdo con Hernández-Sampieri y Mendoza-Torres (2018) [14]: 1) el alcance explicativo determina causas de fenómenos, por lo que ayuda al entendimiento gracias al énfasis en la estructura de la investigación; 2) el enfoque cuantitativo es un proceso secuencial y probatorio que analiza la realidad objetiva y en el que se utiliza estadística; 3) los estudios transversales múltiples cuentan con dos o más muestras aunque y se realizan en una sola ocasión y; 4) la investigación no experimental corresponde a las que, en su diseño, no alteran las variables de estudio. En la presente investigación se utilizó el diseño anteriormente descrito, debido a que buscó explicar el cambio de la producción de limón persa mediante el análisis estadístico descriptivo, se aplicó un modelo econométrico de crecimiento de producción, se consideraron diferentes grupos de productores como muestras y no se buscó manipular las variables de estudio, sino medirlas y hacer inferencias con el análisis de ellas.

Colecta y análisis de datos

El estudio se realizó en la región centro del estado de Veracruz, integrada por los municipios de Carrillo Puerto, Cotaxtla, Cuitláhuac, Paso del Macho, Tierra Blanca y Tlalixcoyan. Se aplicó una encuesta validada con cuatro apartados referentes a dos factores de la producción (tierra y trabajo), a 280 productores de dicha región por muestreo aleatorio simple con 95% de nivel de confianza. Para el análisis de los datos se utilizaron estadísticos descriptivos normales.

Se identificaron tendencias en la producción anual de limón persa que arrojan su comportamiento, se analizó la producción del periodo comprendido entre 2003-2018 reportado por el SIAP. Para el análisis de datos, se aplicó un modelo econométrico que registra el crecimiento de la producción [15], basado en la interacción entre la superficie y el rendimiento del cultivo, empleando la siguiente fórmula:

$$P_T = A_o Y_o + Y_o(A_t - A_o) + A_o(Y_t - Y_o) + (A_t - A_o)(Y_t - Y_o)$$

Dónde:

$$P_T = Cambios\ de\ producción\ en\ el\ periodo\ de\ análisis$$

$$A_o Y_o = Producción\ del\ periodo\ base$$

$$Y_o(A_t - A_o) = Cuantificación\ de\ la\ contribución\ por\ superficie$$

$$A_o(Y_t - Y_o) = Cuantificación\ de\ la\ contribución\ por\ hectárea$$

$$(A_t - A_o)(Y_t - Y_o) = Cuantificación\ del\ efecto\ combinado\ de\ superficie\ y\ hectáréa$$

El paquete computacional de análisis estadístico utilizado fue RStudio 1.1.463 utilizando la librería *ggplot2* [16] para analizar las variables socioeconómicas referentes al productor y variables técnicas, específicas de la plantación.

Resultados y discusión

En las variables socioeconómicas relacionadas al productor provenientes del cuestionario aplicado, se observa que, a excepción del municipio de Paso del Macho, la edad de los productores oscila por encima de los 43 años; además en el municipio de Cuitláhuac tienen primaria trunca, mientras que Carrillo Puerto, Paso del Macho, Tierra Blanca y Tlalixcoyan, algunos concluyeron la educación básica (primaria y secundaria), el municipio de Cotaxtla los productores llegaron hasta la educación media superior (Tabla 1), al respecto Larqué *et al.* (2009) y Zarazúa *et al.* (2012), señalan que la apropiación de tecnología agrícola, se basa en la edad y el nivel de escolaridad, el cual, a mayor nivel, mejores prácticas agronómicas y mayor rendimiento del cultivo [17] [18]; por lo que, en la variable edad, el municipio de Tlalixcoyan tiene mayor ventaja competitiva, y para la variable escolaridad la tiene el municipio de Cotaxtla.

Tabla 1. Media de variables socioeconómicas del productor.

VARIABLES	Carrillo Puerto	Cotaxtla	Cuitláhuac	Paso del Macho	Tierra Blanca	Tlalixcoyan
Edad	49.87	43.50	48.55	25	44.50	55.50
Escolaridad	6.061	10.50	4.455	6	7.6	7

Fuente: Elaboración propia con base en cuestionario aplicado en campo (2019).

En lo referente al análisis de las características de la plantación también procedente de los datos del cuestionario aplicado, los productores en Carrillo Puerto y Tlalixcoyan tienen una densidad promedio por encima de los 400 árboles por hectárea, mientras que en el resto de los municipios estudiados la media oscila entre 300 y 350 árboles. Cuitláhuac y Carrillo Puerto son los municipios con mayor madurez en las plantaciones, por lo tanto, con mayor experiencia en el cultivo. En los municipios de Cotaxtla y Paso del Macho, los cultivos son de reciente creación y están comenzando con sus primeras cosechas; por último, el municipio de Tlalixcoyan es el que presenta mayor superficie por productor, por encima de las 10 hectáreas, esto indica que existe mayor producción individual, ya que, a mayor superficie y densidad de plantación, mayor rendimiento (Tabla 2), es decir, es una fuente de ventaja competitiva. Los rendimientos promedio para el estado de Veracruz van de un rango entre 5.24 a 25 t ha^{-1} dependiendo de la densidad de plantación y prácticas de manejo que realicen los productores [19] [20], lo cual demuestra la alta heterogeneidad que existe en los sistemas de producción y una falta de paquetes tecnológicos para estandarizar la misma.

Tabla 2. Media de variables productivas de las plantaciones.

VARIABLES	Carrillo Puerto	Cotaxtla	Cuitláhuac	Paso del Macho	Tierra Blanca	Tlalixcoyan
Densidad (áboles/ha)	450	329.5	359.3	333	328.8	416
Madurez (Años)	10.3	2.5	8.4	3	4.2	5.5
Superficie (ha)	2.6	2.5	4.3	5	4.2	10.7

Fuente: Elaboración propia con base en cuestionario aplicado en campo (2019).

 ISSN 2007-8102

Otro aspecto importante detectado en el análisis de las características de la plantación es el equipamiento tecnológico e infraestructura, ya que el 86% de los productores de limón persa de la región centro de Veracruz cuentan con sistemas de riego tecnificado, ya sea rodado o por goteo, lo cual ayuda a sus cosechas en tiempos de sequía (Figura 1). La presencia de agua en los cultivos por medio de un sistema de riego es importante para obtener un rendimiento agrícola adecuado [21]. México a pesar de ser un país de gran extensión cuenta con climas diferentes en cada zona, por lo que las condiciones en la que se desarrolla la agricultura puede ser por temporal o de riego, considerando las características del cultivo y la adaptación que tenga [22], pero nada asegura que no exista una gran sensibilidad ante las condiciones extremas actuales de cambio climático.

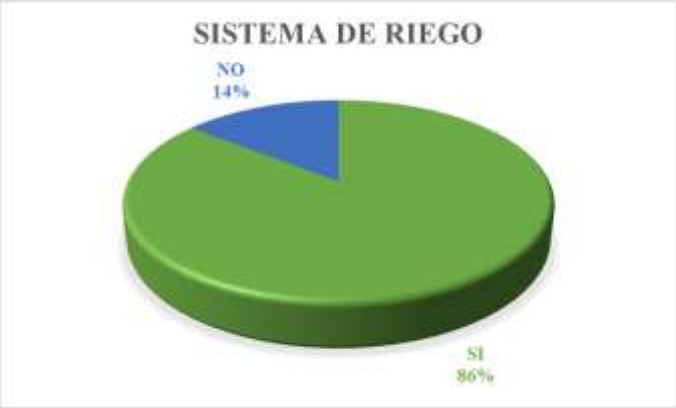


Figura 1. Productores con sistema de riego.

El 42% de los productores emplean como portainjerto para la producción de limón persa al limón cucho (*citrus aurantium*), 25% limón volkamariano, 23% limón carrizo, 9% arbolito (no reportado por la literatura), y únicamente el 1% macrofilia (Figura 2). Cantuarias-Avilés *et al.* (2012), indican la importancia que tiene la diversificación de injertos para incrementar los rendimientos del fruto y la calidad [23]; la interacción porta injerto ha modificado las características del fruto [24], por lo que se debe buscar el que mejor se adapte a sus exigencias.

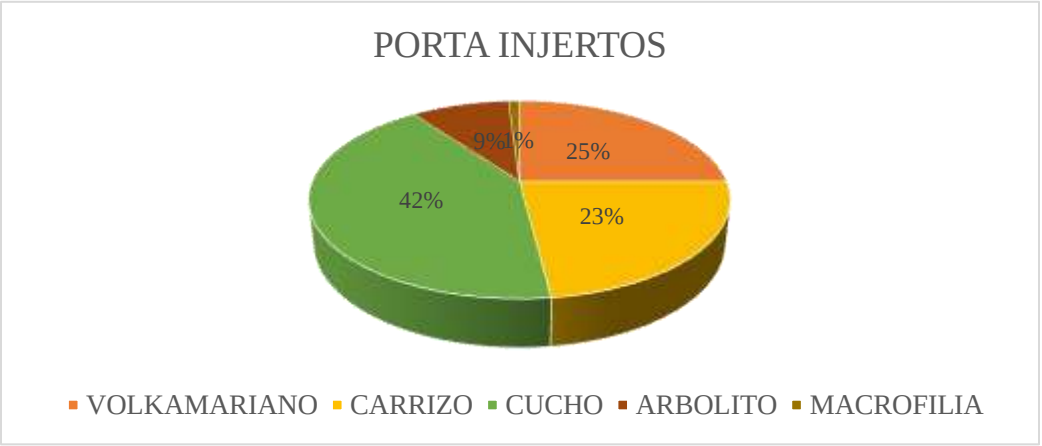


Figura 2. Variedad de portainjerto empleada en plantaciones.

Con respecto al análisis de datos provenientes del SIAP para la producción de limón persa en la región centro del estado de Veracruz, los cambios en la producción de limón persa de la región central de Veracruz durante el periodo 2003-2018 fueron positivos para los municipios de Tlalixcoyan, Paso del Macho, Carrillo Puerto, Cotaxtla y Tierra Blanca, por lo que tienen una ventaja competitiva, sin embargo para Cuitláhuac el cambio fue negativo (Tabla 3), esto se debe al

incremento en la superficie cultivada en los primeros cinco municipios, producto del aumento en los precios dentro del mercado de exportación [25], así como al rendimiento registrado en los municipios estudiados que han presentado cambios abruptos debido a la escaza aplicación de buenas prácticas agrícolas y a la presencia de fenómenos climáticos no controlados [26].

Tabla 3. Incrementos en la producción de limón persa de la región centro del estado de Veracruz, 2003-2018.

Municipio	Incremento[1]	Superficie[1]	Rendimiento[1]	Interacción
	P_T	$(Y_0(A_t-A_0))$	$A_0(Y_t-Y_0)$	$(A_t-A_0)(Y_t-Y_0)$
Carrillo Puerto	0.97	0.76	0	0.20
Cotaxtla	0.95	0.36	0.01	0.58
Cuitláhuac	-2.07	0.69	-0.24	-2.58
Tierra Blanca	0.88	-0.03	0.71	-0.09
Tlalixcoyan	1	0.23	0.08	0.67
Paso del Macho	1	0.74	0	0.26

[1]Los datos fueron obtenidos de la base de datos Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP, 2019). http://www.siap.gob.mx/cierre-de-la-produccionagricola-por-cultivo/

Conclusiones

La producción de limón persa ha tenido un auge considerable en los últimos 15 años, lo que indica que cada vez más personas que tienen parcelas o terrenos se inclinan por este cultivo. El limón persa es un fruto que ha hecho presencia en el país y el estado de Veracruz por más de una década, con el paso del tiempo se han empleado diversas técnicas para su producción, y la industria del limón ha crecido en todo ese periodo, sin embargo, se ha ido estancando la actividad no por la ausencia de innovaciones en la técnicas de cultivo, sino por la falta de capacitación a los productores experimentados, o la falta de transferencia del conocimiento a ellos que son el principal eslabón en la cadena productiva.

En lo que respecta a la región centro, el municipio de Cuitláhuac Veracruz que era el principal de la misma por tener la zona de empaque, se ha ido rezagando con el tiempo, ya que no ha innovado ni adoptado nuevas tecnologías (reporta superficie y rendimientos similares en los últimos años y sin incrementos), mientras que municipios emergentes en la producción como Cotaxtla y Tlalixcoyan han apostado por migrar hacia la siembra de limón persa y adoptar el riego para generar un cambio radical en sus rendimientos, es decir, ha generado nuevas estrategias de producción. Así mismo, se concluye que el municipio de Tlalixcoyan es el que presenta una mayor ventaja competitiva, debido a que: 1) presentó mejores características socioeconómicas del productor (factor trabajo) y en la plantación (factor tierra); 2) presentó el mejor incremento en la producción, solamente igualado por el municipio de Paso del Macho, de acuerdo con el análisis econométrico del SIAP y; 3) ha tenido el mejor comportamiento de la producción en los últimos 15 años en la región centro del estado de Veracruz. Debido a lo anterior, se recomienda realizar el análisis referente a los demás determinantes de la ventaja competitiva [13]: costo-precio, calidad y política económica.

En la comparación de los municipios analizados, se entendió que las características de los productores y los alcances que tienen, son factores clave en la producción obtenida, porque aunque presentan condiciones climáticas similares, los productores no cuentan con el mismo presupuesto o en su defecto con las mismas herramientas y tecnología para trabajar (portainjertos, riego, etcétera); por lo que su productividad es diferente, independientemente de la cantidad de terreno sembrado

que cada uno de ellos posee. Por tanto, la inversión y el desarrollo tecnológico es crucial en la producción de limón persa en la región central de Veracruz.

Agradecimientos

Se agradece al Consejo de Productores y Exportadores de Limón Persa A.C. y el Comité Estatal de Sanidad Vegetal (CESAVE), así como las autoridades municipales que apoyaron en la colecta de información.

Referencias

[1] D. Mateus y J. Orduz, «Generalidades de los cítricos y recomendaciones agronómicas para su cultivo en Colombia.,» *Serie Lasallista Investigación y Ciencia. Universitaria Lasallista. Colombia.,* pp. 49-88, 2012.

[2] SAGARPA, «Atlas agroalimentario 2012-2018.,» 2018. [En línea]. Available: http://nube.siap.com.mx/cms/gobmx_siap/pag/2018/Atlas-Agroalimentario-2018. [Último acceso: 20 Junio 2019].

[3] USDA/FAS, «México, Citrus anual 2019.,» 2019.

[4] SIAP, «Producción agrícola. México. Sagarpa,» 2019. [En línea]. Available: https://www.gob.mx/siap/acciones-y-programas/produccion-agricola-33119. [Último acceso: 20 Junio 2019].

[5] L. Rebolledo-Martínez, J. Megchún, A. Rebolledo-Martínez y D. Orozco, «Asociación de frutales de limón persa (Citrus latifolia) y palma de coco (Cocos nucífera L.) con el aporte de materia seca por cultivos anuales.,» *Revista Iberoamericana de Bioeconomía y Cambio Climático,* vol. 5, nº 10, pp. 1248-1266, 2019.

[6] W. López, L. García, B. Cruz y R. Nieto, «Competitividad del limón persa en la región del Papaloapan, Oaxaca. México.,» *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas,* vol. 10, nº 4, pp. 921-934, 2019.

[7] O. Díaz-José, J. Aguilar-Ávila, R. Rendón y H. Santoyo, «Current state of and perspectives on cocoa production in Mexico.,» *Ciencia e Investigación Agraria,* vol. 40, nº 2, pp. 279-289. https://doi.org/10.4067/S0718-16202013000200004, 2013.

[8] J. Zarazúa, G. Almaguer y S. Márquez, «Redes de innovación en el sistema productivo fresa en Zamora, Michoacán. México.,» *Revista Chapingo. Serie Horticultura,* vol. 17, nº 1, pp. 51-60, 2011.

[9] M. Porter y M. Kramer, Creación de valor compartido., México: Harvard Business Review., 2011.

[10] E. A. B. Rice, «El papel de la Ventaja Competitiva en el desarrollo económico de los países.,» *Análisis Económico,* vol. 28, nº 69, p. 55–78, 2018.

[11] M. Porter, «La Ventaja Competitiva De Las Naciones.,» *Facetas,* vol. 91, p. 5–12. https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004, 2008.

[12] S. Berumen, «Una aproximación a los indicadores de la competitividad local y factores de la producción.,» *Cuadernos de administración,* vol. 19, nº 31, pp. 145-163, 2006.

[13] R. Norton, «Chapter 11 - Assessing Agricultural Competitiveness and Its Determinants.,» de *The Competitiveness of Tropical Agriculture. A Guide to Competitive Potential with Case Studies*, Elsevier, 2017, pp. 309-311.

[14] R. Hernández-Sampieri y C. P. M. Torres, Metodología de la investigación (Vol. 4)., México D.F.: McGraw-Hill Interamericana, 2018.

[15] J. Contreras-Castillo, «La competitividad de las exportaciones mexicanas de aguacate: un análisis cuantitativo.,» *Revista Chapingo Serie Horticultura.,* vol. 5, pp. 393-400, 1999.

[16] P. J. Aphalo, «Ggpmisc: Miscellaneous Extensions to 'Ggplot2'.,» 2020. [En línea]. Available: https://cran.r-project.org/package=ggpmisc.

[17] B. Larqué Saavedra, D. Sangerman-Jarquín, B. Ramírez Valverde, A. Navarro Bravo y M. Serrano Flores, «Aspectos Técnicos y caracterización del productor de durazno en el Estado de México, México.,» *Agricultura Técnica en México,* vol. 35, nº 3, pp. 305-313, 2009.

[18] J. A. Zarazúa, G. Almaguer-Vargas y R. Rendón-Medel, «Capital social. Caso: red de innovación de maíz en Zamora, Michoacán, México.,» *Cuadernos de desarrollo rural.,* vol. 9, nº 68, pp. 105-124, 2012.

[19] G. Almaguer-Vargas y A. V. Ayala-Garay, «Adopción de innovaciones en limon "Persa" (Citrus latifolia Tan.) en Tlapacoyan, Veracruz. Uso de bitácora.,» *Revista Chapingo, Serie Horticultura.,* vol. 20, nº 1, p. 89–100. https://doi.org/10.5154/r.rchsh.2010.10.076, 2014.

[20] V. Pat-Fernández, I. Caamal-Cauich, F. Jerónimo-Ascencio y R. Mendoza-Tornez, «Costos y competitividad de la producción del limón persa en el municipio de Martínez de la Torre, Veracruz.,» *Ciencias Sociales: Economía y Humanidades.,* pp. 295-308, 2015.

[21] V. Medina, O. R. Mancilla, L. M. M., G. R. Guevara, L. J. Olguín y G. O. Barreto, «Calidad del agua para riego y suelos agrícolas en Tuxtacuesco, Jalisco,» *Idesia (Arica),* vol. 34, nº 5, pp. 51-69, 2016.

[22] L. A. Xingú, H. A. González, T. E. Cruz, D. M. Sangerman, R. G. Orozco y A. M. Rubí, «Chía (Salvia hispánica L.) situación actual y tendencias futuras.,» *Revista mexicana de ciencias agrícolas.,* vol. 8, nº 7, pp. 1619-1631, 2017.

[23] T. Cantuarias-Avilés, F. d. A. A. Mourão Filho, E. S. Stuchi, S. R. da Silva, E. Espinoza-Núñez y H. B. Neto, «Rootstocks for high fruit yield and quality of "Tahiti" lime under rain-fed conditions.,» *Scientia Horticulturae.,* vol. 142, pp. 105-111. https://doi.org/10.1016/j.scienta.2012.05.008, 2012.

[24] R. B. Arbeu, L. A. Mendez, D. M. Velázquez, V. G. Huerta, R. Capurata y A. I. Martínez, «Calidad de fruta de lima "persa" en diferentes portainjertos en Veracruz, México.,» *Acta agrícola y Pecuaria.,* vol. 2, nº 1, pp. 17-22, 2016.

[25] L. Mcleod y D. Flores, «Mexico Citrus Annual. More Limes and Grapefruit , but Slightly Less Oranges Expected.,» 2017.

[26] G. Fernández-Lambert, A. Aguilar-Lasserre, C. Azzaro-Pantel, M. A. Miranda-Ackerman, R. Purroy-Vázquez y M. d. R. Pérez-Salazar, «Behavior patterns related to the agricultural practices in the production of Persian lime (Citrus latifolia tanaka) in the seasonal orchard.,» *Computers and Electronics in Agriculture,* vol. 116, p. 162–172. https://doi.org/10.1016/j.compag.2015.06.007, 2015.

Análisis del impacto financiero-administrativo al implementar un sistema de gestión de calidad en PYMES celayenses

C.P. A. Rodríguez Balcázar[1], Dra. S. Cano Ibarra[2],*
**Departamento de Ciencias Económico-Administrativas, Tecnológico Nacional de México en Celaya Campus 2, Av. García Cubas 1200, Alfredo Vázquez Bonfil, C.P. 38010, Celaya., Guanajuato*

***Área de participación**: Ingeniería Administrativa*

Resumen

En la actualidad, la falta de un sistema de gestión de calidad en algunas PYMES ha traído como consecuencias la disminución del número de clientes, y limitaciones para brindar sus productos o servicios a grandes compañías regidas por rigurosos estándares de calidad. Sin embargo, tras implantar un sistema de gestión de la calidad para satisfacer las necesidades de nuestros clientes y del mercado, es importante realizar un análisis y verificar si la organización está realmente obteniendo un beneficio, así como identificar en qué aspectos se generó un mayor impacto en el corto y largo plazo. El presente trabajo desarrolla un instrumento para medir el impacto financiero-administrativo generado tras la implementación de un sistema de gestión de calidad, utilizando la metodología del proceso de análisis jerárquico para medir los aspectos positivos y negativos asociados a su ejecución en un pequeño grupo de PYMES de la zona industrial de Celaya, Guanajuato.

***Palabras clave**: Sistema de gestión de calidad, PYMES, proceso de análisis jerárquico.*

Abstract

Nowadays, the lack of a quality management system at some SMEs has caused a decrease in the number of clients, and limitations in providing their products or services to larger companies governed by rigorous quality standards. However, after implementing a quality management system to meet the needs of our customers and the market, it is important to carry out an analysis and verify if the organization is really obtaining a benefit out of it, as well as identifying in which aspects a greater impact is being generated in the short and long term. This work develops an instrument to measure the financial and managerial impact generated after implementing a quality management system, using the methodology of the hierarchical analysis process to measure the positive and negative aspects associated with its execution in a small group of SMEs in the Industrial Zone in Celaya, Guanajuato.

***Key words**: Quality management system, SMEs, hierarchical analysis process.*

Introducción

En la implementación de los sistemas de gestión de la calidad de las empresas, es importante profundizar sobre los beneficios que trae a las mismas en el corto y largo plazo y que aspectos de la organización son los que reciben un mayor impacto. En investigaciones que existen relacionadas al tema, varios autores se basan en un solo aspecto para realizar la evaluación, sin embargo, un sistema de gestión de calidad engloba varios y no solo uno. Por tal motivo, el instrumento desarrollado en el presente trabajo tiene como objetivo evaluar los aspectos más relevantes que son parte de la estructura de una compañía, y poder obtener finalmente a un resultado globalizado utilizando el proceso de análisis jerárquico, cuyo fin es relacionar las diferentes categorías y subcategorías que permitan llegar a una calificación global por empresa.

Se presenta una breve mención de literatura en temas que conciernen a la toma de decisiones utilizando al proceso de análisis jerárquico y los beneficios generados tras la implementación de los sistemas de gestión de la calidad en algunas empresas. Además, se presenta la metodología utilizada, en la que se explica las áreas o departamentos que serán evaluados, los criterios, subcriterios y las alternativas de respuesta. Se menciona el desarrollo del proceso de evaluación, los resultados y las conclusiones.

El trabajo de Barnes [1] realiza una revisión exhaustiva del impacto de las certificaciones bajo la norma ISO, realizando un análisis de costos y beneficios asociados a los sistemas de gestión de la calidad en empresas de diversos sectores, por su parte, Hakversjok [2] explora los beneficios asociados a la certificación en un sistema de gestión de calidad.

En lo que respecta al proceso de análisis jerárquico, su desarrollo se llevó a cabo en el año de 1960 por Thomas Saaty [3], quien, en base a su experiencia docente y sus investigaciones, formuló una herramienta matemática para la toma de decisiones, la cual se basa en la evaluación de alternativas cuando se cuenta con distintos criterios. Dicha herramienta ha sido aplicada en cientos de trabajos, los cuales han obtenido relevantes resultados [4], además, actualmente existen distintas opciones de software que utilizan esta metodología para los procesos de toma de decisiones complejas, uno de ellos es SuperDecisions®. El proceso de análisis jerárquico se ha aplicado para poder evaluar los beneficios en diferentes ámbitos, tales como el industrial, social, político, industrial, etc.

Dos trabajos relevantes en los cuales se utiliza el proceso de análisis jerárquico para la medición de beneficios derivados de la implementación del sistema de gestión de calidad son los de Tummala, el cual se basa en la medición los beneficios en un sistema de gestión ambiental [5]. Además del previamente mencionado, Tummala, desarrolla un segundo hace uso nuevamente el proceso de análisis jerárquico para la evaluación de los factores críticos relacionados a la implementación de la gestión de la calidad total en empresas manufactureras en la municipalidad de Shanghái en China [6].

A continuación, se presenta la metodología usada para el desarrollo del instrumento que se utilizó para la medición de los beneficios y el impacto generados tras la implementación del sistema de gestión de calidad en 10 PYMES manufactureras ubicadas en la zona industrial de la ciudad de Celaya, Guanajuato, para finalmente terminar con los resultados, conclusiones y algunas recomendaciones para los individuos y organizaciones que deseen aplicar el instrumento en cuestión.

 ISSN 2007-8102

Metodología

Instrumento propuesto para analizar y medir el impacto financiero-administrativo:

Para desarrollar este análisis, fue necesario diseñar y adaptar un instrumento basado en el proceso de análisis jerárquico propuesto por Thomas Saaty [3], el cual nos ayuda en la toma de decisiones complejas y cuya estructura es: 1. Identificación del problema, 2. Definición del objetivo, 3. Identificación de criterios y subcriterios y 4. Identificación de Alternativas. El objetivo del modelo es analizar los elementos del problema de forma aislada, comparándolos de manera pareada desde lo general a lo particular; el resultado final está basado en la emisión de opiniones de las partes interesadas o actores, en este caso los encargados del sistema de gestión de calidad en cada una de las organizaciones que formaron de la aplicación del instrumento.

Cada actor encuestado tuvo la posibilidad de expresar su opinión basándose en su preferencia, haciendo uso de la escala de Saaty [3] que va del 1 al 9, asignando el valor numérico correspondiente a la intensidad de su preferencia. Basados en dichas calificaciones se obtienen los pesos porcentuales de cada elección emitida por criterio y subcriterio, reflejando los resultados con mucha más precisión.

Haciendo referencia a la estructura mencionada con anterioridad, para el presente trabajo, el objetivo es determinar el impacto financiero-administrativo que presenta la organización tras la implantación del sistema de gestión de calidad.

En cuanto al establecimiento de criterios y subcriterios, se establecieron 5 principales en la parte más alta de la jerarquía: Clientes, contabilidad y finanzas, producción, desarrollo organizacional e inversión tecnológica.

Dentro de las subcategorías pertenecientes a cada uno de los criterios principales de la jerarquía están los siguientes:

- Clientes: Satisfacción del cliente, fidelidad del cliente, reconocimiento del cliente, número de clientes activos, nuevos clientes, quejas.
- Finanzas: Ventas, precio del producto, utilidad, costos y gastos.
- Producción: Productividad, devoluciones, cumplimiento de producción, paros de producción, eficiencia productiva, unidades producidas.
- Desarrollo Organizacional: Capacitación del capital humano, beneficios a los empleados, evaluaciones de desempeño, comunicación organizacional, toma de decisiones.
- Inversión Tecnológica: Inversión en activo fijo, innovación en los procesos, estandarización de procesos, rediseño de procesos.

Finalmente, atendiendo al proceso de análisis jerárquico, se deben establecer alternativas, y para este caso se consideran tres: 1. El sistema de gestión de calidad proporciona excelentes beneficios, 2. El sistema de gestión de calidad proporciona algunos beneficios y 3. El sistema de gestión de calidad no proporciona beneficios.

La persona encargada de responder el cuestionario selecciona entre estas 3 alternativas y una vez obtenida la calificación global se obtiene un punto de referencia que permita hacer comparaciones y verificar la confiabilidad del modelo e instrumento diseñado, y asegura de que el resultado obtenido sea lo más cercano a la realidad.

Una vez que se establece la información requerida para poder ejecutar el proceso de análisis jerárquico, es importante que sea representado de manera gráfica, esto lo podemos apreciar mejor en la Figura 1.

 ISSN 2007-8102

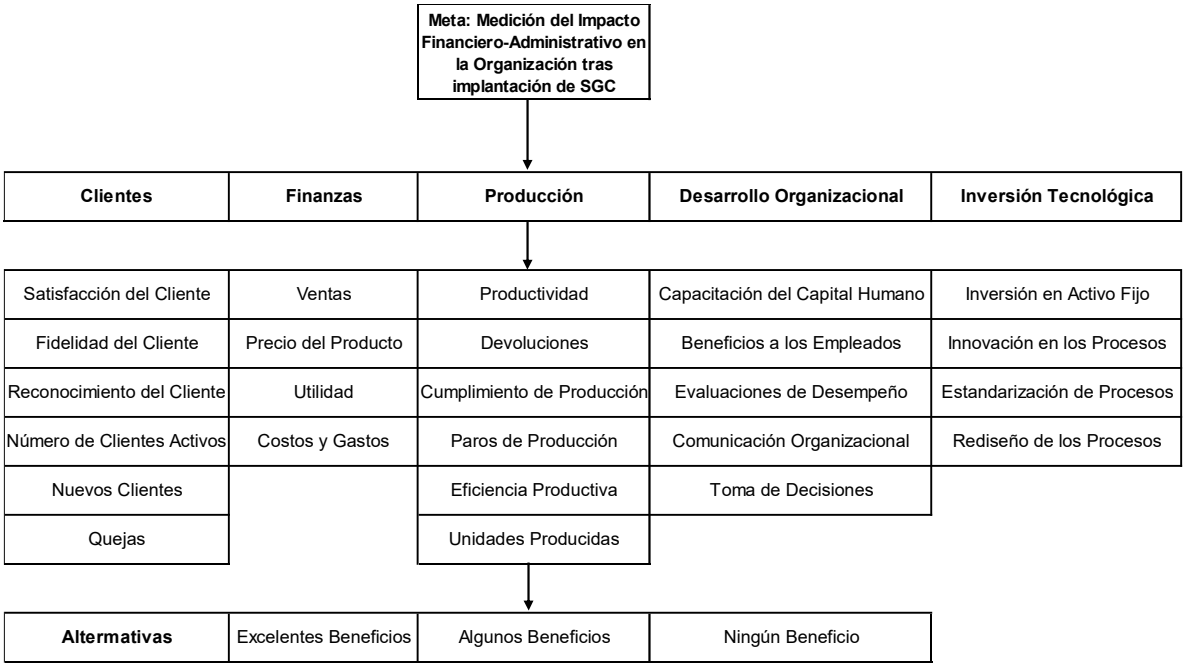


Figura 1. Árbol de jerarquías del instrumento propuesto de acuerdo con el modelo por Thomas Saaty.

El instrumento diseñado se aplicó al encargado del sistema de gestión de calidad de cada una de las 10 PYMES manufactureras de la zona industrial de la ciudad de Celaya, Guanajuato, que fueron encuestadas, las cuales previamente realizaron la implantación de un sistema de gestión de calidad. Una vez recabados los resultados, hacienda uso del instrumento, es importante determinar la ponderación correspondiente para cada criterio y subcriterio haciendo uso del proceso de análisis jerárquico; para dicha tarea se utilizó el software SuperDecisions®, el cual es gratuito, de interfaz amigable, y que además se encarga de ejecutar dicho análisis de manera rápida, confiable y eficaz. En el software se inicia diseñando el árbol de jerarquías de la Figura 1, para posteriormente capturar la información obtenida en cada instrumento y poder llevar a cabo las relaciones pareadas para la obtención de las ponderaciones por criterio y subcriterio.

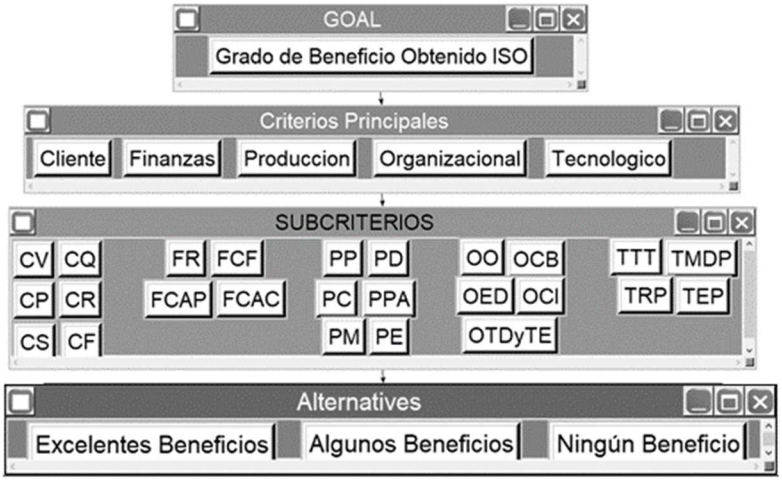


Figura 2. Esquema jerárquico en el software SuperDecisions®.

Una vez vaciada la información recabada en SuperDecisions®, el programa arroja las ponderaciones globales por criterio y subcriterio para realizar los cálculos correspondientes a las calificaciones globales por empresa.

Clientes 19.28%	**Finanzas** 13.84%	**Producción** 13.26%	**Desarrollo Organizacional** 41.94%	**Inversión Tecnológica** 11.68%
Satisfacción del Cliente 3.74%	Ventas 58.85%	Productividad 13.19%	Capacitación del Capital Humano 7.23%	Inversión en Activo Fijo 4.75%
Fidelidad del Cliente 8.50%	Precio del Producto 6.66%	Devoluciones 2.84%	Beneficios a los Empleados 3.79%	Innovación de Procesos 13.59%
Reconocimiento del Cliente 4.36%	Utilidad 10.46%	Cumplimiento de Producción 9.35%	Evaluaciones de Desempeño 27.40%	Estandarización de Procesos 54.97%
Número de Clientes Activos 16.75%	Costos y Gastos 24.04%	Paros de Producción 13.19%	Comunicación Organizacional 46.62%	Rediseño de Procesos 26.69%
Nuevos Clientes 42.09%		Eficiencia Productiva 24.30%	Toma de Decisiones 14.97%	
Quejas 24.56%		Unidades Producidas 45.16%		

Figura 3. Pesos porcentuales por criterio y subcriterio obtenidos a través del proceso de análisis jerárquico.

Posteriormente, para obtener una calificación global por criterio, es importante vaciar en una hoja de cálculo la calificación emitida por subcriterio en cada instrumento y multiplicarla por el correspondiente peso ponderado por subcriterio previamente obtenido en la Figura 3, por último, se suman las calificaciones obtenidas por subcriterio. Se Realiza dicho procedimiento con cada una de las empresas en las que se aplicó el instrumento. Se utiliza como ejemplo la empresa A:

	Empresa A	**Calificación Brindada**	**Peso Porcentual**	**Calificación por Subcriterio**
Clientes	Satisfacción del Cliente	5.00	3.74%	0.19
	Fidelidad del Cliente	5.00	8.50%	0.43
	Reconocimiento del Cliente	1.00	4.36%	0.04
	Número de Clientes Activos	1.00	16.75%	0.17
	Nuevos Clientes	5.00	42.09%	2.10
	Quejas	5.00	24.56%	1.23
			Calificación Cliente	**4.16**
Finanzas	Ventas	5.00	58.85%	2.94
	Precio del Producto	1.00	6.66%	0.07
	Utilidad	3.00	10.46%	0.31
	Costos y Gastos	5.00	24.04%	1.20
			Calificación Finanzas	**4.52**
Producción	Productividad	5.00	13.19%	0.66
	Devoluciones	1.00	2.84%	0.03
	Cumplimiento de Producción	7.00	9.35%	0.65
	Paros de Producción	1.00	13.19%	0.13
	Eficiencia Productiva	5.00	24.30%	1.22
	Unidades Producidas	7.00	45.16%	3.16
			Calificación Producción	**5.85**
Desarrollo Organizacional	Capacitación del Capital Humar	5.00	7.23%	0.36
	Beneficios a los Empleados	1.00	3.79%	0.04
	Evaluaciones de Desempeño	5.00	27.40%	1.37
	Comunicación Organizacional	5.00	46.62%	2.33
	Toma de Decisiones	5.00	14.97%	0.75
			Calificación Desarrollo Organizacional	**4.85**
inversión Tecnológica	Inversión en Activo Fijo	1.00	4.75%	0.05
	Innovación de Procesos	7.00	13.59%	0.95
	Estandarización de Procesos	7.00	54.97%	3.85
	Rediseño de Procesos	5.00	26.69%	1.33
			Calificación Inversión Tecnológica	**6.18**

Figura 4. Calificación por subcriterio con base en peso porcentual correspondiente para determinar calificación por criterio en la empresa A.

Después de haber obtenido las ponderaciones mostradas en la Figura 4, es importante validar que las matrices por cada criterio y subcriterio en las cuales se realizaron las comparaciones pareadas sean consistentes. Esto lo llevaremos a cabo obteniendo el índice de consistencia de cada matriz, el cual se calcula dividiendo la capacidad máxima de relaciones en la matriz menos el tamaño de esta, entre el tamaño de la matriz menos 1.

Contando con el índice de consistencia, obtenemos la relación de consistencia la cual resulta de dividir el índice de consistencia entre un índice aleatorio establecido por Saaty [3], de acuerdo el tamaño de la matriz. Comparamos el resultado obtenido contra las ratios de consistencia establecidos por Saaty [3] nuevamente en base al tamaño de las matrices, y si la relación de consistencia es menor al valor referencia mencionado, entonces la matriz es consistente y podemos continuar. En este caso, todas las matrices resultan consistentes, por lo tanto, no es necesario reevaluar los juicios expresados en las matrices de comparaciones.

Nombre Matriz	Tamaño Matriz	Índice de Consistencia (CI)	Relación de Consistencia (CR)	Valor de Referencia (Vs. CR)	Matriz Consistente
Criterios	5X5	5	4.46%	<10%	Sí
Subcriterio Clientes	6X6	6	4.84%	<10%	Sí
Subcriterio Finanzas	4X4	4	4.44%	<9%	Sí
Subcriterio Producción	6X6	6	4.84%	<10%	Sí
Subcriterio Organizacional	5X5	5	4.46%	<10%	Sí
Subcriterio Tecnología	4X4	4	4.44%	<9%	Sí

Tabla 1. Validación de la consistencia de las matrices de cada criterio y subcriterio aplicando la formula del índice de consistencia.

Tras realizar el cálculo de la calificación por criterio de la figura 4 para cada una de las empresas, se concentran de las calificaciones obtenidas por empresa.

Criterios Principales	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
Clientes	4.16	3.99	4.67	6.44	2.49	7.18	5.86	3.69	7.04	5.52
Finanzas	4.52	2.92	4.79	6.53	4.52	7.56	5.56	2.87	7.99	5.43
Producción	5.85	3.85	5.00	6.68	2.28	7.33	5.96	3.82	8.50	4.04
Desarrollo Organizacional	4.85	3.45	5.93	6.91	4.63	8.63	6.85	4.16	8.93	5.40
Inversión Tecnológica	6.18	3.81	5.07	6.54	3.47	8.00	6.72	2.37	8.28	3.73

Tabla 2. Calificación por criterio obtenida para cada una de las empresas en las cuales de aplicó el instrumento.

 ISSN 2007-8102

Por último, se realiza el cálculo de la calificación global por empresa, en este caso se multiplica la calificación obtenida por criterio como en la Tabla 1, por el promedio ponderado por criterio de acuerdo con la Figura 1; se suma la calificación obtenida por criterio para obtener la calificación global de la empresa A:

Criterios Principales	Calificación Empresa A	Ponderación Criterios	Calificación por Criterio
Clientes	4.16	19.28%	0.80
Finanzas	4.52	13.84%	0.63
Producción	5.85	13.26%	0.78
Desarrollo Organizacional	4.85	41.94%	2.03
Inversión Tecnológica	6.18	11.68%	0.72
		Calificación Global	**4.96**

Tabla 3. Obtención de la calificación global para la empresa A.

Para que el análisis de la información sea más práctico, se realiza un concentrado de la calificación global por empresa:

Empresa	Calificación Global
A	4.96
B	3.58
C	5.31
D	6.69
E	3.76
F	7.96
G	6.35
H	3.64
I	8.30
J	5.05

Tabla 4. Calificaciones globales obtenidas por empresa.

Resultados y discusión

Con la obtención de las calificaciones globales en cada una de las empresas en las que se aplicó el instrumento, y en función a las 3 categorías representadas por las alternativas que forman parte del modelo se presenta la tabla 4, los parámetros fueron establecidos de acuerdo con la escala establecida por Saaty [3].

Alternativa	Descripción	Frecuencia	Porcentaje
1	El SGC proporciona excelentes beneficios (Calificación Global de 7 a 9)	2	20%
2	El SGC proporciona algunos beneficios (Calificación Global de 4 a 6.9)	5	50%
3	El SGC no proporciona beneficios (Calificación Global < 4)	3	30%

Tabla 5. Resumen de los beneficios obtenidos por las empresas encuestadas de manera general.

Al analizar la información que fue agrupada en la Tabla 4, se puede observar que la mayoría de las empresas que decidieron implementar un sistema de gestión de calidad, han obtenido tan solo algunos beneficios de este, las cuales representan un 50% del total, le siguen el 30% de las empresas, las cuales no recibieron beneficio alguno, y finalmente las empresas que registraron tener excelentes beneficios derivados de la implantación, son representadas por la minoría con un 20% del total. Por último, se compara la calificación global obtenida usando el proceso de análisis jerárquico contra la calificación global asignada por el encargado del sistema de gestión de calidad en cada una de las empresas.

Empresa	**Calificación Global**	**Calificación Encargado SGC**
A	4.96	5
B	3.58	3
C	5.31	5
D	6.69	7
E	3.76	3
F	7.96	9
G	6.35	7
H	3.64	3
I	8.30	9
J	5.05	5

Tabla 6. Calificación global obtenida utilizando el proceso de análisis jerárquico contra la calificación global asignada por la empresa.

En esta comparación se observa que la diferencia entre el instrumento propuesto y la realidad es mínima. La cercanía entre ambas calificaciones permite darnos cuenta de que el modelo en el que nos basamos para diseñar el instrumento es confiable, y puede ser aplicado en cualquier organización que haya implementado un sistema de gestión de calidad.

Trabajo a futuro

Como aspectos relevantes a tomar en cuenta para futuros desarrollos, se propone que el instrumento sea aplicado, no solamente a los encargados del sistema de gestión de calidad en las organizaciones, sino a los encargados de cada una de las áreas relacionadas con cada uno de los criterios y subcriterios que fueron tomados en cuenta, tales como los departamentos de: Contabilidad y finanzas, recursos humanos, producción, entre otros; esto para obtener información más precisa y veraz de cada una de las áreas. De igual forma, sería conveniente incluir no solo los aspectos positivos tras la implementación de un sistema de gestión de calidad, sino también las aspectos negativos o desmejoras que este ha traído a las organizaciones en cuestión.

Conclusiones

De acuerdo con la información analizada, se observa que la mayoría de los resultados obtenidos se apegan más a que un sistema de gestión de calidad proporciona a las empresas tan solo algunos beneficios después de implementarlo, por lo cual podemos deducir que un sistema de gestión de calidad no siempre traerá beneficios inmediatos o a corto plazo para la organización, y no en todos los casos se obtienen resultados positivos, al menos no en todos los aspectos. De igual forma, también se observa que los criterios que tuvieron mayor impacto en las organizaciones basándonos en la información recabada, fueron los clientes y el desarrollo organizacional; lo cual resulta lógico, ya que en la mayoría de los casos, las organizaciones toman la decisión de implementar el sistema de gestión de calidad por las exigencias de sus clientes, con el fin de mantenerlos satisfechos, aumentarán todos los indicadores relacionados con dicho criterio, y buscan captar nuevos y potenciales clientes. Asimismo, la implementación de un sistema nos permitirá realizar una estandarización y rediseño de procesos que se materializará en un mejor control interno y comunicación dentro de la organización para así brindar un mejor servicio o producto y poder mantener la satisfacción de los clientes y empleados al máximo nivel posible. Como conclusión, se argumenta que el instrumento aplicado puede ser de gran utilidad para las organizaciones que hayan optado por implementar un sistema de gestión de calidad, debido a que es confiable, práctico y fácil de entender, además de que los resultados obtenidos son cercanos a la realidad, basándonos en la percepción general del encargado de calidad de cada una de las empresas en las cuales se aplicó el instrumento, sin embargo los resultados pueden variar si las condiciones bajo las cuales se aplicó el instrumento cambian con el tiempo. Otro aspecto positivo por destacar es que se tiene la posibilidad de relacionar criterios cuantitativos como lo son las finanzas y la producción dentro de la empresa, con algunos otros criterios cualitativos el desarrollo organizacional.

Referencias

[1] F. C. Barnes. “What industrial marketers need to know now about ISO 9000 certification. A review, update, and integration with marketing.” *Industrial Marketing Management*. Vol. 31. 2002. pp. 695-703.

[2] T. Hakversjok. “Management by standards real benefits from Fashion”. *Scandinavian Journal of Management*. Vol. 17. 2001. pp. 457-480.

[3] T. Saaty. “How to make a decision: the analytic hierarchy process”. *European Journal of Operational Research.* Vol. 48. 1990. pp. 9-26.

[4] E. Forman, S. Gass. “The analytic Hierarchy Process – An exposition”. *Operations Research*. Vol 49. 2001. pp. 469-486.

[5] V.M.R. Tummala. “An evaluation of success factors using AHP to implement ISO 14001 based EMS”. *International Journal of Quality and Reliability Management.* Vol 16. 1999. pp. 341-361.

[6] Y. Xu, J. Chan. “An AHP based study of critical factors for TQM implementation in Shanghai manufacturing industries”. *Technovation.* Vol. 22. 2002. pp. 707-715.

Análisis del potencial exportador de Pymes que fabrican cerámica artesanal en Temascalcingo, México

A. Garduño Martínez[1], Y. Martínez Garduño[1], C. A. Baltazar Vilchis[1], Antonio Sámano Ángeles[1] y Mónica Romero Gante[1]*
[1]Universidad Autónoma del Estado de México. Centro Universitario UAEM Atlacomulco
**agarduno72@gmail.com*

***Área de participación**: Ingeniería Administrativa*

Resumen

Las exportaciones representan amplio campo de oportunidad en para elevar la competitividad de las Pymes mexicanas, pues actualmente sólo participan con el 1% del total de exportaciones de nuestro país. Este trabajo tiene como propósito analizar el potencial exportador de un grupo de 10 empresas dedicadas a la fabricación de cerámica de alta temperatura en el municipio de Temascalcingo, México, con la finalidad de proponer la formación de un consorcio de exportación como herramienta estratégica para impulsar su actividad exportadora. Para los fines de esta investigación se utilizó un instrumento validado (propuesto por De La Hoz, González y Santana, 2016) y los hallazgos muestran que 6 empresas cuentan con un potencial exportador medio alto (puntaje promedio 2.3), las 4 restantes tienen un nivel bajo (puntaje de 1 a 2) y cabe señalar que ninguna de las empresas estudiadas obtuvo un potencial exportador nulo (menor a 1).

***Palabras clave**: Potencial exportador, consorcio exportación, exportación Pymes*

Abstract (150 *words at most, Arial 10*)

Exports represent an ample field of opportunity in reasing the competitiveness of Mexican Pymes, since they currently participate with only 1% of the total exports of our country. The purpose of this paper is to analyze the export potential of a group of 10 companies dedicated to the manufacture of high-temperature ceramics in the municipality of Temascalcingo, Mexico, with the aim of proposing the formation of an export consortium as a strategic tool to promote their export activity. For the purposes of this investigation, a validated instrument was used (proposed by De La Hoz, González and Santana, 2016). The results show that 6 companies have a medium-high export potential (average score 2.3) and the others 4 have a low level (score from 1 to 2), and it should be mentioned that none of the companies studied obtained a zero export potential (less than 1).

***Key words**: Export potential, export consortium, export Pymes*

Introducción

La elaboración de cerámica artesanal es una actividad económica que caracteriza al municipio de Temascalcingo y se ha venido desarrollando desde hace más de un siglo. Actualmente se tiene importante participación en el mercado nacional y en mucho menor escala en el internacional. Algunas empresas han logrado colocar productos en Estados Unidos, España y otros países y otras han obtenido premios en concursos de artesanías a nivel nacional e internacional (INAFED) [1].

Con base en la información de Piña [2], en ese municipio, la cerámica surgió como necesidad de evolucionar la alfarería a partir del barro, debido a que la creación de cerámica requiere de conocimientos de física y química y un horno que pueda alcanzar una temperatura mayor a 1200 grados centígrados. Es un proceso más técnico y complejo que la creación de alfarería de barro, la técnica que se usa es de origen japonés a partir de varias etapas iniciando el proceso con la preparación de una mezcla de arcilla y agua. Cada etapa tiene distintos niveles de complejidad y es

realizada por un grupo distinto de artesanos, pues cada persona está especializada en un área específica. En la actualidad las técnicas y los materiales de producción se han perfeccionado y diversificado logrando una amplia gama de colores, formas y figuras que reflejan el tiempo, trabajo y dedicación invertidos en cada pieza.

La presente investigación tiene como objetivo principal analizar el potencial exportador de las principales Pymes de dicho municipio. Esta información es útil para evaluar la conformación de un consorcio de exportación que permita a las empresas lograr su desarrollo exportador mediante un acuerdo de cooperación de empresas. La evaluación del potencial exportador permite a las empresas conocer sus fortalezas y debilidades, lo cual les permitirá evitar errores y ser más competitivas al momento de exportar [3].

En este mismo contexto, el modelo propuesto por Bilkey,Tesar y Reid citados por Martínez [4], conceptualiza el desarrollo exportador como un proceso de aprendizaje a través del cual las empresas se familiarizan gradualmente con mercados y operaciones en el exterior, a través de distintas etapas que van desde una carencia completa de interés en la actividad exportadora, hasta el interés por mercados exteriores. Para ello, la empresa compromete recursos, en forma gradual, en la penetración y explotación de oportunidades de internacionalización hasta convertirse en empresas altamente comprometidas con la exportación.

Para identificar los factores clave del potencial exportador se tomó como base la aportación de diversos autores (Ver la tabla 1).

Tabla1. Dimensiones asociadas a la competitividad exportadora

Autor	Dimensión financiera	Procesos internos	Aprendizaje y crecimiento	Clientes	Mercado
Kohli Y Jaworski (1990)	Rentabilidad	Capacidad de respuesta	Difusión de inteligencia	Enfoque al cliente	Inteligencia de mercado, coordinación de marketing
Rose Y Shoham (2002)	Ventas y beneficios de exportación. Cambio y ganancias de exportación.	Capacidad de respuesta, intensidad competitiva	Difusión de inteligencia		Generación de inteligencia, turbulencia de los mercados y tecnología
Madrid Y García (2004)	Oportunidades de crecimiento, productividad del trabajo, rentabilidad.	Tamaño de la empresa.	Características de la dirección.	Tamaño del mercado	
Harms (2009)		Características de la alta dirección		Tipo de industria	
Cabarcas Y Patermina (2011)		Porcentaje de utilización de la maquinaria, cantidad de materia prima importada, implementación de sistemas de gestión de la calidad y sistemas de gestión ambiental.	Porcentaje de empleados capacitados.		
Cabrera Y Olivares (2012)	Recursos financieros			Capital humano	Capital social
Akdev (2013)		Tamaño, edad.			Nivel de los estándares de calidad
Fernández et al (2014)		Dimensión de la empresa, productividad, sofisticación de la empresa.		Condiciones del emprendedor	

Autor	Dimensión financiera	Procesos internos	Aprendizaje y crecimiento	Clientes	Mercado
Escandón Y Hurtado (2014)	Tamaño de las ventas, intensidad exportadora de la empresa, disponibilidad de recursos, fortalezas.	Capacidad innovadora de la empresa, inversión en investigación y desarrollo.	Expectativas de crecimiento y generación de empleo, actividad emprendedora, edad del emprendedor, formación, experiencia, actitud al riesgo.	Percepción de oportunidades	Innovación, actividad, intensidad exportadora del sector, características del mercado.

Fuente: De La Hoz, González y Santana, 2016 [5]

Por otro lado, un consorcio de exportación es una alianza voluntaria de empresas con el objetivo de promover los bienes y servicios de sus miembros en el extranjero y facilitar la exportación de sus productos mediante acciones conjuntas. Sus miembros comprenden que esa cooperación debe predominar a fin de tener acceso a mercados clave y a la tecnología más reciente. Se puede considerar que el consorcio de exportación es un medio formal para la cooperación estratégica de mediano a largo entre varias empresas, que sirve para prestar servicios especializados a fin de facilitar el acceso a los mercados extranjeros [6] y proporcionan a las empresas integrantes una serie de beneficios: el reparto de gastos la gestión profesionalizada, la comercialización de una gama de productos más variados, mayor poder de negociación; las sinergias e intercambio de información entre las distintas empresas participantes; si alguno de los productos resulta especialmente atractivo para los clientes potenciales extranjeros puede servir para “abrir la puerta” a los demás [7].

Metodología

El enfoque de esta investigación fue descriptivo, donde se detallaron las características del potencial exportador de las Pymes dedicadas a la fabricación de cerámica. Para la obtención de la información se utilizó una muestra no probabilística de conveniencia donde se seleccionaron, considerando la participación en el mercado, a las 10 principales Pymes dedicadas a la elaboración de cerámica artesanal en el Municipio de Temascalcingo Estado de México. Para llevar a cabo esta investigación se desarrollarán las siguientes fases: En la fase 1 se identificó la problemática objeto de estudio, en la fase 2 se realizó una revisión de la literatura referente al potencial exportador. En la fase 3 se realizó una investigación de campo para recolectar y analizar la información acerca de la situación en la que se encontraban las empresas encuestadas, y finalmente, en la fase 4, derivado del análisis de la problemática, el sustento teórico y variables identificadas, se procedió a elaborar las conclusiones y la propuesta. Para los fines de esta investigación se utilizó un instrumento validado (propuesto por De La Hoz, González y Santana, 2016) donde se usa la escala siguiente: 0 = nulo, 1 = bajo, 2 = medio, y 3= alto. Se encuentra estructurado por 62 ítems que componen 5 dimensiones (financiera, mercado, aprendizaje y crecimiento, clientes y procesos internos) considerando 16 factores clave.

Análisis de confiabilidad y consistencia interna del instrumento

La validez de un instrumento se refiere al grado en que éste mide aquello que pretende medir y la fiabilidad de la consistencia interna se puede estimar con el alfa de Cronbach. La medida de la fiabilidad mediante el alfa de Cronbach asume que los ítems (medidos en escala tipo Likert) miden un mismo constructo y que están altamente correlacionados. Cuanto más cerca se encuentre el valor del alfa a 1, mayor es la consistencia interna de los ítems analizados [8]. La confiabilidad del instrumento utilizado en esta investigación fue medida con el apoyo del programa estadístico informático SPSS (Statistical Package for the Social Sciences) versión 2.0, obteniendo un resultado de 0.956, lo cual indica un nivel de confiabilidad excelente.

 ISSN 2007-8102

Resultados y discusión

En la Tabla 2 se presentan los resultados promedios por factor y la valoración competitiva por empresa y dimensión.

Tabla 2. Resultados por factor y dimensión

Empresa	Financiera			Mercado			Aprendizaje y Crecimiento			Clientes			Procesos internos			
	F1	F2	F3	M1	M2	M3	AC1	AC2	AC3	C1	C2	C3	PI1	PI2	PI3	PI4
	2.5	0.5	2	2.4	1.5	2.25	1.25	1.25	2.75	1.25	1.5	2.25	2	0.66	0.75	0.66
1	1.66			2.05			1.75			1.66			1.02			
	3	1.25	3	2.6	2.5	2.75	1.75	2	2	2.25	1.5	1.75	2.3	1	1	2
2	2.41			2.61			1.91			1.83			1.58			
	1.75	0.75	2	1.4	1.25	2.25	0.75	1.5	1.5	2.25	1.25	1.5	2	0.66	1.5	1.33
3	1.5			1.63			1.25			1.66			1.38			
	3	0.75	2.25	2.2	2.6	2.5	1.5	1.25	2.25	2.25	1.5	1.5	2.66	1.66	0.75	1
4	2			2.4			1.66			1.75			1.52			
	2.5	0.25	2.5	2.4	1.75	2.75	1.25	2	2	2.25	2	2	1.66	1.66	1.75	1.33
5	1.75			2.3			1.75			2.08			1.6			
	2.75	1	2.75	2.8	2.75	2.5	2.25	1.5	1.75	2.75	1.5	1.75	3	1.66	1.75	1
6	2.16			2.68			1.83			2			1.85			
	2.75	1.25	2.25	2.4	2.5	2.5	2.25	2	2	2.75	1.75	2.5	2.35	1.33	2	1.66
7	2.08			2.46			2.08			2.33			1.83			
	3	2.25	3	2.8	2.75	2.75	2.75	2.5	3	2.75	2.5	3	3	2.33	2.75	2
8	2.75			2.76			2.75			2.75			2.52			
	2.75	2	2.75	2.8	2	2.75	2.5	2.5	2.75	3	2.25	2.75	2.66	1.66	1.25	2
9	2.5			2.51			2.58			2.66			1.89			
	3	0.75	3	2.4	3	2.75	2.25	2	2.5	2.75	2.25	2.75	2.35	1	1.75	1.66
10	2.25			2.71			2.25			2.58			1.69			

De acuerdo con la tabla 2, las Pymes con un potencial exportador en un rango medio-alto (entre 2 y 3) representan el 60%. Se puede observar que el puntaje más alto fue de la empresa 8, alcanzado un valor de 2.7, que está muy cercano al valor máximo de 3. Sin embargo, el puntaje más bajo fue de 1.48 obtenido por la empresa 3.

Adicional a lo anterior se observa que 4 empresas obtuvieron un resultado bajo (puntaje entre 1 y >2, lo cual significa que deben reforzar aquellos factores con puntajes más bajos. Cabe destacar que ninguna de las empresas estudiadas obtuvo un potencial exportador nulo o menor a 1, lo que indica que todas tienen oportunidad para mejorar e incrementar su nivel exportador.

Tabla 3. Análisis de resultados por factor y dimensión

DIMENSIÓN	FACTORES	RESULTADOS
1. FINANCIERA	Gestión financiera (f1)	4 Empresas alcanzaron el nivel alto 5 Están en el nivel medio 1 Está situada en el nivel bajo
	Gestión del riesgo (f2)	2 Alcanzan el nivel medio 3 Están situadas en el nivel bajo 5 Empresas se sitúan en el nivel nulo
	Salud financiera (f3)	3 Empresas alcanzaron el nivel alto 7 Están en el nivel medio
	Conocimiento del mercado (M1)	9 Empresas alcanzan el nivel medio 1 Está situada en el nivel bajo
	Comercio exterior (M2)	1 Empresa alcanzó el nivel alto 6 Están en el nivel medio

DIMENSIÓN	FACTORES	RESULTADOS
2. MERCADO		3 Se sitúan en el nivel bajo
	Competitividad del producto (M3)	La totalidad alcanzó el nivel medio
3. APRENDIZAJE Y CRECIMIENTO	Gestión de la información (AC1)	5 Se encuentran en el nivel medio 4 Están en el nivel bajo 1 Está situada en el nivel nulo
	Gestión del conocimiento (AC2)	6 Se encuentran en el nivel medio 4 Están en el nivel bajo
	Gestión del clima laboral (AC3)	1 Empresas alcanzaron el nivel alto 7 Están en el nivel medio 2 Está situada en el nivel bajo
4. CLIENTES	Gestión de proveedores (C1)	1 Empresa alcanzó el nivel alto 8 Están en el nivel medio 1 Se sitúan en el nivel bajo
	Gestión de clientes (C2)	4 Están en el nivel medio 6 Se sitúan en el nivel bajo
	Gestión de requerimientos (C3)	1 Empresa alcanzó el nivel alto 5 Están en el nivel medio 4 Se sitúan en el nivel bajo
5. PROCESOS INTERNOS	Gestión de productividad (PI1)	2 Empresas alcanzaron el nivel alto 7 Están en el nivel medio 1 Está situada en el nivel bajo
	Gestión de innovación (PI2)	1 Alcanzan el nivel medio 7 Están situadas en el nivel bajo 2Empresas se sitúan en el nivel nulo
	Factores logísticos (PI3)	2 Alcanzan el nivel medio 6 Están situadas en el nivel bajo 2 Empresas se sitúan en el nivel nulo
	Gestión de Tecnología y operaciones (PI4)	3 Empresas alcanzaron el nivel medio 6 Están en el nivel bajo 1 Está situada en el nivel nulo

Con base en la tabla 3, se analizan las siguientes dimensiones.

1. Dimensión financiera

La dimensión financiera tiene como objetivo evaluar los resultados financieros, la capacidad de respuesta ante oportunidades financieras de crecimiento y así lograr una aproximación al nivel de las ventas e ingresos. Observando los datos de las tablas 2 y 3, se puede identificar que son 7 las empresas donde el promedio de los puntajes de los factores que integran la dimensión financiera fue mayor a 2.0, ubicándose en el cuadrante medio-alto, lo cual es muy favorable. También se observa que en el factor F2, que se refiere a la gestión del riesgo, 3 empresas están situadas en el nivel bajo y 5 en el nivel nulo, donde se encontró que los dirigentes tienen una postura poco favorable ante la posibilidad de tomar riesgos o salir de la zona de confort, principalmente en lo que se refiere a la diversificación y ampliación de mercados a través de la obtención de créditos o aceptación de nuevos inversionistas o socios. Este tema es un aspecto crítico que necesita ser reforzado a través de estrategias de mejora y sobre todo de capacitación a los propietarios de las Pymes, que en su mayoría son empresas familiares dirigidas en forma empírica por los jefes de familia.

2. Dimensión de mercado

Esta dimensión tiene el objetivo de evaluar las características del mercado, la operación en un área geográfica y la posición ocupada por las Pymes objeto de estudio. Esta dimensión representa una fortaleza de las Pymes estudiadas, debido a que 9 de 10 presentaron niveles favorables en aspectos como el conocimiento del mercado, la opinión respecto a la competitividad del comercio exterior para

la cerámica artesanal de alta temperatura y la competitividad del producto. En cuanto al factor competitividad del producto (M3), que se refiere al conocimiento de las condiciones del producto en el mercado internacional, se observa que el 100% de las empresas casi obtuvieron el puntaje máximo de 3. Se destaca que los productos elaborados de cerámica de alta temperatura alcanzan los más altos estándares de calidad al cumplir con las regulaciones de seguridad e higiene necesarias, y se considera un producto que se ajusta fácilmente a las condiciones y características culturales de diferentes regiones tanto locales como internacionales, motivos por los cuales este factor es un elemento determinante en el potencial exportador de las 10 empresas.

3. Dimensión de aprendizaje y crecimiento

Para que las empresas estudiadas alcancen un mejor nivel de competitividad en esta dimensión, deben trabajar identificando formas de para mejorar aspectos clave como la comunicación organizacional, capacitación a sus colaboradores, y, sobre todo, el nivel de desarrollo personal, motivación y crecimiento laboral que brinda la empresa a sus colaboradores. Aunque en esta dimensión 6 de las Pymes presentan un nivel competitivo bajo, 5 de estas se encuentran muy cerca del puntaje medio, incluso por algunos décimos de diferencia. En contraste, se observan 4 empresas que presentan un puntaje aceptable ubicado en el cuadrante medio.

4. Dimensión de clientes

Esta dimensión evalúa la forma de trabajo, respecto a los clientes, para conocer su competitividad a través de 3 factores clave como: gestión de proveedores, gestión de clientes y gestión de requerimientos. Respecto al nivel de competitividad mostrado en las tablas 2 y 3, se destaca que el 50% de ellas se encuentran en un nivel competitivo óptimo, con puntajes mayores a 2. Ellas llevan a cabo una gestión eficiente de sus clientes con respecto a las puntuaciones obtenidas en los factores C1, C2 y C3, mismos que representan una oportunidad latente de mejora para el 50% restante de las Pymes que se encuentran muy cercanas al nivel medio. Los aspectos a mejorar en esta dimensión son: el seguimiento posventa, la medición de la satisfacción de los clientes, la especificación de tareas por medio de manuales, realizar acciones correctivas y preventivas respecto de la satisfacción de clientes, desarrollar continuamente esfuerzos por mejorar el servicio, contar con información confiable sobre sus costos, lo que les permitiría competir con mejores precios y promociones para lograr la fidelidad y atracción de nuevos clientes.

5. Dimensión de procesos internos

La dimensión de procesos internos valora los resultados de las operaciones productivas de las empresas estudiadas y analiza los procesos y desempeño de las actividades de logística. Se puede observar, en los datos de las tablas 2 y 3, que 7 empresas obtuvieron, en el promedio de los puntajes de los factores que integran la dimensión de procesos internos, un valor menor a 2, lo que las ubica en el nivel bajo. Esto indica una clara deficiencia en el análisis de los resultados de sus operaciones productivas, pues generalmente se realizan de manera manual, siendo mejor una planeación formal de las actividades, así como un registro y control del tiempo de producción. Es importante mencionar que en el factor PI2 gestión de la innovación, 7 empresas se encuentran en el nivel bajo y 2 en el nivel nulo. Esto se debe a que el 90% de todas las Pymes no realizan inversiones en investigación y desarrollo ni renuevan constante su maquinaria. En cuanto al aspecto de factores logísticos (P13), 6 empresas están situadas en el nivel bajo y 2 en el nivel nulo. Esto se debe a que presentan problemas con el control de sus inventarios, pues se realiza de forma manual, lo que indica una deficiencia en el manejo de las tecnologías. Además, se encontró que pocas de estas empresas visualizan la necesidad de implantar la gestión de proveedores y de llevar a cabo mecanismos de control de calidad. Otro aspecto que representa un reto importante es la logística del comercio internacional.

Determinación de las empresas con un potencial exportador óptimo

Después de realizar el análisis por dimensión, se prosiguió a determinar el potencial exportador de cada empresa y seleccionar a las que tienen un potencial óptimo. El criterio de selección fue que contaran con un potencial exportador entre 2 y 3, resultado que se obtiene de promediar las dimensiones y los factores de cada empresa. Por lo que las Pymes seleccionadas fueron las siguientes.

 ISSN 2007-8102

Tabla 4. Empresas con potencial exportador óptimo

Empresa	Potencial Exportador
Empresa 2	2.07
Empresa 6	2.10
Empresa 7	2.16
Empresa 8	2.70
Empresa 9	2.48
Empresa 10	2.29
Promedio General	**2.3**

Una vez seleccionadas las empresas con potencial exportador óptimo, se obtuvo el promedio del nivel de competitividad por cada dimensión.

Tabla 5. Nivel de competitividad por dimensión de las 6 Pymes seleccionadas

Dimensión	Promedio	Promedio General
Financiera	2.4	2.3
Procesos internos	1.89	
Aprendizaje y crecimiento	2.23	
Clientes	2.35	
Mercado	2.62	

La información de las Tablas 3 y 4 muestra las empresas que obtuvieron, en promedio, los puntajes más altos, siendo la empresa 8 la mejor evaluada. El análisis realizado sirve de base para elaborar la propuesta de que las empresas mejor evaluadas usaran al consorcio de exportación como una herramienta estratégica para fortalecer el proceso de internacionalización de su operación y poder expandir su capacidad exportadora.

Trabajo a futuro

Se cree necesario continuar con la aplicación del instrumento a mayor escala, pues es relativamente reciente y analizar las posibles dificultades en su aplicación para realizar los ajustes que sean necesarios.

Conclusiones

Es bien sabido la importancia que tienen las Pymes en la economía del país, sin embargo, la mayoría realiza operaciones sólo en el mercado interno. Esto se debe a diversos factores, entre los cuales se encuentra el desconocimiento de su potencial exportador, de allí la relevancia de esta investigación, que analiza dicho potencial en 10 empresas productoras de cerámica de alta temperatura en el municipio de Temascalcingo, Estado de México, y con las 6 mejores calificadas se propone la conformación de un consocio de exportación como una herramienta estratégica para mantener e incrementar su nivel exportador.

De acuerdo con los resultados, se observa que los puntos más fuertes para estas Pymes son las dimensiones de mercado y clientes, donde todas se encuentran por encima del valor medio. Dentro de estas dimensiones, su fortaleza se encuentra en el producto. Su calidad está reconocida al cumplir los estándares como estar libre de plomo y ser apto para su utilización en el manejo de alimentos, además de que se trata de un producto que puede adaptarse fácilmente a las características culturales fuera del país debido a su originalidad y flexibilidad para su decoración.

Todas las Pymes estudiadas presentan aspectos favorables en la dimensión financiera, sin embargo, la mayoría tiene una postura conservadora ante el riesgo, evitando acciones como la obtención

créditos, la apertura de nuevos mercados o la aceptación de nuevos socios, no obstante, algunas de ellas ya han incursionado en mercados internacionales logrando exportar sus productos, de lo que han obtenido beneficios en su posicionamiento y reconocimiento en el mercado.

La dimensión más crítica donde obtuvieron los puntajes más bajos, de manera general, corresponde a la dimensión de procesos internos, lo que indica que existe una seria deficiencia en la existencia de manuales para la realización de tareas y funciones, además de que los tiempos de elaboración de los productos se estiman de forma empírica y los niveles de merma representan una de las principales problemáticas que bajan el puntaje en esta dimensión. Además de lo anterior, se aprecia la falta de inversiones en investigación y desarrollo y en la renovación constante su maquinaria, así como la necesidad de implantar sistemas y métodos para administrar eficientemente los inventarios.

Referencias

[1] Instituto Nacional para el Federalismo y el Desarrollo Municipal (INAFED) "*Enciclopedia de los municipios y delegaciones de México*". [En línea]. Disponible en: http://www.inafed.gob.mx/work/enciclopedia/EMM15mexico/index.html [Accedido: 27-may-2020]

[2] R. Piña, "Cerámica y barro en Temascalcingo" 2014. [En línea]. Disponible en: https://vivetemascalcingo.blogspot.com/2014/08/ceramica-lopez-covarrubias-bernal.html [Accedido: 27-may-2020]

[3] Y. Rivero, "Metodología para evaluar el potencial exportador de una empresa". 2020. [En línea]. Recuperado de https://www.gestiopolis.com/metodologia-para-evaluar-el-potencial-exportador-de-una-empresa/

[4] P.C. Martinez. "Proceso del Desarrollo Exportador de la PYME Colombiana". Cuadernos de Gestión. 9 (1), 47-65. 2009, [En línea] Disponible en: https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=274320570003 [Accedido 17-may-2020].

[5] E. De La Hoz, A. L. González y A. Santana. "Metodología de Medición del Potencial Exportador de las Organizaciones Empresariales". Información Tecnológica. 27(6), 11-18. 2016. [En línea] Doi: 10.4067/S0718-07642016000600003

[6] Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo industrial (ONUDI). "*Desarrollo de conglomerados y redes de PYME: Un programa de la ONUDI. Guía de los consorcios de exportación*" (Segunda ed.) 2010. [En línea] Disponible en: https://www.unido.org/sites/default/files/2008-09/Guia_de_los_consorcios_de_exportacion-Spanish_guide_0.pdf [Accedido 25-jun-2020].

[7] L. Renart. "Consorcios de exportación: ventajas, inconvenientes y protagonistas", Iniciativa emprendedora y empresa familiar, mayo-junio, Nº 22. 2000.

[8] D. Frias-Navarro . "*Apuntes de consistencia interna de las puntuaciones de un instrumento de medida*". Universidad de Valencia. España. 2019. [En línea]. Disponible en: https://www.uv.es/friasnav/AlfaCronbach.pdf [Accedido: 7-feb-2020]

Análisis de la viabilidad financiera y económica del limón persa en la región centro del estado de Veracruz

M. C. Arenas López[1], M. del C. Quintana Torres[1], S. I. Castillo-Martínez[1,2], J. A. Bonilla-Gutiérrez[1], J. Díaz-José[1,2].*

[1]Tecnológico Nacional de México campus Zongolica, Zongolica, Veracruz, México.
[2]Facultad de Ciencias Biológicas y Agropecuarias. Universidad Veracruzana 94950. Camino Antiguo Peñuela-Amatlán. Córdoba, Veracruz, México.
**sucaisama@hotmail.com*

Área de participación: Ingeniería Administrativa

Resumen
Dentro de las limas y limones en México, el limón persa es el cultivo de mayor importancia principalmente para Veracruz. El objetivo del trabajo fue analizar costos y rentabilidad de la producción del limón persa la región centro de Veracruz. La información se recabó mediante la técnica de paneles de productores, adaptada para cuantificar ingresos y costos de unidades representativas de producción (URP). Los costos de producción obtenidos por hectárea para una URP de gran escala (arriba de 7.5 ha) son de $39,222.68, con gastos de mano de obra que representan el 44.3%; por otro lado, para una URP de baja escala (1.5 ha o menos) $76,147.62 con gastos de mano de obra del 86.4%. El análisis arroja también una relación beneficio/costo desembolsado y financiero por encima de uno, lo que indica que es un proyecto viable en el corto y mediano plazo, pero peligra en el largo plazo.

***Palabras clave**: Superficie, rendimiento, y rentabilidad.*

Abstract
Among the limes and lemons in Mexico, the Persian lime is the most important crop mainly for Veracruz. The goal of the work was to analyze the costs and profitability of the production of the Persian lime in the central region of Veracruz. The information was collected using the producer panel technique, adapted to quantify the income and costs of representative production units (URP). The production costs obtained per hectare for a large-scale URP (above 7.5 ha) are $ 39,222.68, with labor costs representing 44.3%; on the other hand, for a low-scale URP (1.5 ha or less) $ 76,830.73 with labor costs of 86.4%. The analysis also shows a benefit/cost disbursed and financial ratio above one, which indicates that it is a viable project in the short and medium-term, but is in danger in the long term.

***Key words**: Surface, Yield and profitability.*

Introducción
Para México la producción de cítricos representa el 88% de empleos producto de la agricultura [1], y el 2.78% del producto interno bruto (PIB) del país [2], generado a través de su exportación hacia el mercado de Estados Unidos de América [3].

El limón persa es un cítrico del género Citrus y familia de las Rutáceas, en cuya producción se destacan Veracruz, Oaxaca y Tabasco, que en conjunto aportan 77% del volumen producido en México de esta variedad [4]. Dentro de Veracruz, la producción se concentra en las regiones norte y centro, e involucra a 1019 productores y 14 empacadoras [5].

Los antecedentes de esta investigación relacionados a la producción de limón persa refieren que las empacadoras de la región central del Golfo de México trabajan al 55% de su capacidad de

producción y obtienen su fruta del mercado local, con bajos precios pagados a productores por la inexistencia de contratos de compra-venta, produciendo volatilidad del precio, y alta participación de intermediarios en el proceso de comercialización [6]; en el Municipio de Martínez de la Torre, Veracruz, se determinó que del total de costos de producción el 50% corresponde a la mano de obra pagada en finca, los indicadores de rentabilidad reflejaron que los productores tienen un resultado de 1.29 en la competitividad precio–costo, y el rendimiento promedio en la zona es de 12 t ha^{-1} [7]; y por último, en el municipio de Tlapacoyan ubicado al norte del estado de Veracruz, en dónde igual el 50% del costo total de producción se ubica en la mano de obra por cosecha. La relación beneficio costo de la producción es de 1.52 sin considerar la renta, y de 1.34 al considerar la renta, reflejando la rentabilidad de la producción de limón persa [8].

Por lo anterior, el presente estudio aportó información valiosa para la toma de decisiones, de los productores y empacadoras, ya que son parte fundamental en la economía social, se promovió la agricultura sustentable y la buena organización de la cadena productiva, cuyo objetivo fue organizar dos paneles de construcción de costos de la producción del limón persa en dicha región y dos paneles de validación para determinar la viabilidad financiera y económica de la producción de limón persa en la región centro de Veracruz.

Metodología

Materiales

El estudio se realizó en el mes de marzo de 2020 en la región centro del estado de Veracruz que comprende siete municipios: Carrillo Puerto, Cuitláhuac, Cotaxtla, Ixtaczoquitlán, Paso del Macho, Tierra Blanca y Tlalixcoyan. La información analizada se obtuvo mediante la técnica de paneles de productores, adaptada para cuantificar ingresos y costos de producción de un grupo de expertos, que representan a la población relevante a estudiar [9], técnica desarrollada por el Centro de Política Agrícola y de los Alimentos (AFPC) de la Universidad de Texas A&M, y adaptada para cuantificar ingresos y costos de producción agrícolas en México [10]. Se desarrollaron cuatro paneles de productores (dos de construcción y dos de validación), que requirieron de un facilitador, un moderador, un relator y panelistas (productores de limón persa). Se convocó a un grupo de quince actores clave para cada panel, mediante un muestreo no probabilístico de selección experta denominado también como muestreo de juicio, se seleccionaron productores del mismo sistema de producción, nivel tecnológico y escala, además líderes de opinión con conocimiento sobre parámetros técnicos y costos de producción.

Se analizaron dos URP dedicadas a la producción de limón persa, las cuales se denominaron como RCLP7.5 y RCLP1.5 donde: RC se refiere a la Región Centro que se está estudiando; LP es el cultivo de Limón Persa, 7.5 y 1.5 es el tamaño de hectáreas de cada una de las URP estudiadas.

La selección de los panelistas se realizó mediante un muestreo no probabilístico de selección experta con el 95% de confianza en entrevista directa a los productores, para identificar a los mejores jugadores.

El estudio se desarrolló en cuatro etapas: 1) definir las URP a trabajar, 2) identificar a los actores clave de la URP de la región centro del estado de Veracruz, 3) organizar paneles con los quince actores clave de la URP de la región centro del Estado de Veracruz [11], con los cuales se recabó información detallada a través de un proceso de consenso sobre coeficientes técnicos de producción, precios de productos e insumos, así como niveles de producción y con ellos se determinaron ingresos, costos y transferencias de las URP, correspondientes al último año agrícola 2019, y 4) Se procesó la información para generar los estados financieros de los años de estudio, posteriormente se realizó un segundo panel para presentar los resultados a los actores clave y validarlos [12], para comprobar que la información obtenida reflejaba la situación técnica, económica y financiera de las URP. Los datos fueron procesados en Excel®.

Variables de estudio

Las variables consideradas en el estudio que permitieron caracterizar la producción de limón persa en la región centro del Estado de Veracruz fueron: actividad económica, tipo de mano de obra y tenencia de la tierra, variedad de portainjerto cultivado, edad de la plantación, superficie de cultivo, densidad de plantación, depreciación de maquinaria, equipo y herramientas, impuestos y cuotas anuales así como permisos de producción, costos de fertilización, combustibles, lubricantes, de mantenimiento de la plantación y de equipo, de reparación, costos de mano de obra temporal, contratada y familiar, pago por el seguro familiar y gasto familiar anual, rendimientos por hectárea mensual, precio de venta mensual, mejoras extraordinadias, mejoras ordinarias, valor de la plantación o capital vivo, y capital de trabajo. Para el análisis económico los costos de producción se agruparon en costos de operación, costos generales y costos de oportunidad.

Resultados y discusión

Las URP están ubicadas en la región centro del Estado de Veracruz, la RCLP7.5 cuenta con sistema de riego rodado, la edad de la plantación es de 20 años, la densidad de plantación por hectárea es de 400 árboles, se cosecha por el productor; la venta de la producción se canaliza con las empacadoras y también con los intermediarios. El régimen hídrico de la URP RCLP1.5 es de temporal en un 33% y el 67% cuenta con riego rodado, la edad de la plantación es de 10 años, la densidad de plantación por hectárea es de 360 árboles, se cosecha por el productor; la venta de la producción se canaliza con los intermediarios. La URP RCLP1.5 presentó un rendimiento total anual de 32.72 t/URP y un rendimiento anual de 21.82 t ha^{-1}, teniendo el 99% de su producción en los meses de mayo a octubre y el 1% en los meses de noviembre a abril. La URP RCLP7.5 presentó un rendimiento total anual de 137.70 ton/URP y un rendimiento anual de 18.36 t ha^{-1}, teniendo el 88% de su producción en los meses de mayo a octubre y el 12% en los meses de noviembre a abril (Tabla 1). El rendimiento promedio reportado para el estado de Veracruz oscila entre de 5.24 a 25 t ha^{-1} [13] [14], lo cual demuestra diferencias en los sistemas de producción, otros países productores de limón persa, como Brasil en condiciones similares a la URP de baja escala sin riego, reporta un promedio de 20 t ha^{-1} [15].

Tabla 1. Parámetros técnicos de las URP

	Densidad de plantación	Rendimiento (t/URP)	Rendimiento (t ha^{-1})	Kg por corte (Noviembre-Abril)	Kg por corte (Mayo-Octubre)	Producción Total
RCLP1.5	360	32.72	21.82	324	32,400	32,724
RCLP7.5	400	137.70	18.36	16,200	121,500	137,700

Fuente: Elaboración propia con información de campo (2020).

Estructura de ingresos de las URP

Los ingresos totales para la URP RCLP7.5 corresponden a $405,000.49 y para la URP RCLP1.5 a $57,250.33 (Tabla 2).

Tabla 2. Estado de resultados de las URP

Concepto	URP RCLP7.5	URP RCLP1.5
Ingreso total	$ 405,000.49	$ 57,250.33
Flujo neto de efectivo	$ 258,069.23	$ 10,477.50
Utilidad financiera de operación	$ 110,830.39	-$ 57,995.77
Utilidad económica de operación	-$ 23,155.57	-$ 204,960.09

Fuente: Elaboración propia con información de campo (2020).

Relación beneficio/costo

La relación beneficio/costo financiero el calculo fue realizado por hectárea, en el ámbito económico ambas URP no son capaces de cubrir las inversiones y solventar el riesgo, lo que indica peligro de permanencia en el largo plazo de los productores de limón persa de ambas escalas productivas, por otro lado, ambos sistemas de producción son rentables en el corto y mediano plazo, ya que se

encuentran cubiertos los costos financieros y desembolsados, también conocido como flujo de efectivo (Tabla 3).

Tabla 3. Relación beneficio/costo (B/C)

Concepto	URP RCLP7.5	URP RCLP1.5
Económico	0.94	0.50
Financiero	1.37	3.65
Flujo de efectivo	1.56	5.46

Fuente: Elaboración propia con información de campo (2020).

Precios de equilibrio

Se muestra el precio de equilibrio de las URP en tres rubros económico, financiero y flujo de efectivo (Tabla 4). Para la URP RCLP7.5 para que sean cubiertos los costos económicos, en un escenario optimista se debería vender en $2.59 el kg de limón persa, en el más probable en $3.11 y en el pesimista a $10.87; para cubrir los costos financieros en el escenario optimista el kilogramo se debería vender en $1.78, en el más probable $2.14 y en el pesimista $7.47; para cubrir los costos desembolsados, en el escenario optimista el kilo se debería ofrecer en $1.56, en el más probable en $1.87 y en el pesimista a $6.55; esta URP de gran escala vende actualmente un kilo de limón persa en $2.94, por lo que en un escenario optimista de producción, incluso con el precio vendido actualmente, se cubrirían los costos económicos y la relación beneficio/costo estaría por encima de la unidad. En la URP RCLP1.5 para que sean cubiertos los costos económicos en el escenario optimista el kilogramo de limón persa se debería vender en $2.91, en el más probable en $3.49 y en el pesimista en $21.76; para cubrir los costos financieros en el escenario optimista en $0.40 el kg, en el más probable a $0.48 y en el pesimista a $2.98; para los costos desembolsados en el escenario optimista en $0.27, en el más probable $0.32 y en el pesimista $2.00; el precio actual de venta para esta URP de baja escala es de $1.75, por lo que, deben replantearse nuevamente su política de precios al intermediario, dado que ante un esenario pesimista de producción no serían cubiertos a ese precio ni los costos desembolsados. De acuerdo a los reportes del Sistema Nacional de Información e Integración de Mercados (SNIIM) en el año 2016 el precio del kilogramo de limón persa en el mercado nacional vendido en la central de abastos de Puebla registro un máximo de $6.00 y un mínimo de $4.00 [16], para ese mismo año en el primer cuatrimestre alcanzó en México una cotización de $16.00 MXN y $108.00 MXN en el mercado de Estados Unidos [17].

Tabla 4. Precios de equilibrio de las URP ($)

URP-RCLP 7.5			
Escenario	**Económico**	**Financiero**	**Flujo de efectivo**
Optimista	2.59	1.78	1.56
Más probable	3.11	2.14	1.87
Pesimista	10.87	7.47	6.55
URP-RCLP 1.5			
Escenario	**Económico**	**Financiero**	**Flujo de efectivo**
Optimista	2.91	0.40	0.27
Más probable	3.49	0.48	0.32
Pesimista	21.76	2.98	2.00

Fuente: Elaboración propia con información de campo (2020).

Conclusiones

El método de análisis de costos permite identificar los costos de operación, generales y de oportunidad, el cálculo del beneficio/costo, y establecer una política de precios justa para el productor, en donde se potencialicen sus ventajas competitivas. La principal diferencia que se encontró al analizar los costos de las URP de grande y pequeña escala radica en el empleo de mano de obra contratada, lo cuál impacta fuertemente en los gastos desembolsados de la primera URP, a ambas les afectan los aumentos de costos desde la preparación del terreno hasta la parte de control

de maleza, fertilización y herbicidas. En términos financieros y de flujo de efectivo la URP pequeña es ligeramente más viable que la grande por la ausencia de preparación y cuidados del cultivo, sin embargo el análisis arrojó viabilidad financiera para ambas URP en el corto y mediano plazo.

Finalmente, la producción de limón persa en la región centro del estado de Veracruz para productores grandes y pequeños no es viable en términos económicos y compromete su permanencia en el largo plazo, por lo que se deberían establecer técnicas eficientes para optimizar sus recursos y con ello obtener esenarios optimistas en términos de producción, ya que quedó demostrado que ante un escenario optimista de producción bajo el nivel de precios en el mercado nacional, se cubren los costos económicos y se asume el riesgo adquirido por los productores.

Agradecimientos

Se agradece al Consejo de Productores y Exportadores de Limón Persa A.C. y el Comité Estatal de Sanidad Vegetal (CESAVE), así como las autoridades municipales que apoyaron en la colecta de información.

Referencias

[1] Hidroponia.mx, «Hidroponia.mx,» Limón uno de los principales cítricos de México. Noticias sobre hidroponía, invernaderos y campo. México., 2016. [En línea]. Available: http://hidroponia.mx/?s=lim%C3%B3n&x=10&y=9.

[2] SAGARPA, «Planeación Agrícola Nacional 2017-2030. Parte 3. 65 p.,» 2016. [En línea]. Available: https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/255626/Planeaci-n-Agr-cola-Nacional-2017-2030.

[3] R. R. Ruiz, H. G. V. Vela y L. R. G. Moreno, «Exportación de cítricos mexicanos, alternativas para el mercado de exportación.,» *Horizontes de la Contaduría en las Ciencias Sociales (México).,* vol. 3, nº 6, pp. 77-85, 2016.

[4] G. Hernández, «La Producción de Limón en México.,» *INTAGRI,* pp. 1-5, 2017.

[5] CESVER, «Padrón de productores de limón persa en la región centro del Estado de Veracruz.,» Cuitláhuac, 2019.

[6] R. Mendoza-Tornez, S. R. Marquez-Berber, G. Almaguer-Vargas, J. Aguilar-Ávila, A. K. Gardezi y A. V. Ayala-Garay, «Value Network of the Persian Lime in Mexico.,» *Agrofor,* vol. 1, nº 3, p. 39–45. https://doi.org/10.7251/AGRENG1603039T, 2016.

[7] V. Pat-Fernández, I. Caamal-Cauich, F. Jerónimo-Ascencio y R. Mendoza-Tornez, «Costos y competitividad de la producción del limón persa en el municipio de Martínez de la Torre, Veracruz.,» *Ciencias Sociales: Economía y Humanidades,* p. 295–308, 2015.

[8] C. I. Caamal, F. V. G. Pat, A. F. Jerónimo, R. L. E. Santoyo y G. J. G. Ramos, «Análisis de los costos de producción del limón persa en el Municipio de Tlapacoyan, Veracruz.,» *Revista Biológico Agropecuaria Tuxpan,* vol. 2, nº 3, pp. 192-200, 2014.

[9] N. Dalkey y O. Helmer, «An experimental application of the Delphi Method to use of experts.,» *Management Science,* vol. 9, nº 3, pp. 458-467. https://doi.org/10.1287/mnsc.9.3.458, 1963.

[10] J. M. Salas, L. M. Sagarnaga, G. Gómez, J. A. Leos y O. Peña, «Unidades representativas de producción de cereales. Panorama económico 2009-2014. Estado de Guanajuato.,» *Rev. Mex. Agron.,* vol. 17, nº 33, pp. 483-494, 2013.

[11] R. Rendón-Medel, J. Aguilar-Ávila, C. J. R. Altamirano y M. R. Muñoz, «Etapas del mapeo de redes territoriales de innovación.,» *CIESTAAM Universidad Autónoma Chapingo.,* p. 47, 2009.

[12] J. M. Salas, L. M. Sagarnaga, G. Gómez, J. A. Leos y O. Peña, «Unidades representativas de producción de cereales. Panorama económico 2009-2014. Estado de Guanajuato.,» *Rev. Mex. Agron.,* vol. 17, nº 33, pp. 483-494, 2013.

[13] G. Fernández Lambert, A. A. Aguilar Lasserre, M. Miranda-Ackerman, C. G. Moras Sánchez, B. O. Ixmatlahua Rivera y C. Azzaro-Pantel, «An expert system for predicting orchard yield and fruit quality and its impact on the Persian lime supply chain.,» *Engineering Applications of Artificial Intelligence,* vol. 33, p. 21–30. https://doi.org/10.1016/j.engappai.2014.03.013, 2014.

[14] SIAP, 2017. [En línea]. Available: https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola/.

[15] T. Cantuarias-Avilés, F. d. A. A. Mourão Filho, E. S. Stuchi, S. R. da Silva, E. Espinoza-Núñez y H. B. Neto, «Rootstocks for high fruit yield and quality of “Tahiti” lime under rain-fed conditions.,» *Scientia Horticulturae,* vol. 142, pp. 105-111. https://doi.org/10.1016/j.scienta.2012.05.008, 2012.

[16] SNIIM, «Sistema Nacional de Información e Integración de Mercados,» 2020. [En línea]. Available: http://www.economia-sniim.gob.mx/nuevo/.

[17] F. Arias y E. Suarez, «Comportamiento de las exportaciones de limón persa (Citrus latifolia tanaka) al mercado de los Estados Unidos.,» *Journal of Agriculture and Animal Sciences,* vol. 5, nº 2, p. 20–31. https://doi.org/10.22507/jals.v5n2a2, 2016.

Gobierno corporativo y valor de mercado de empresas cotizadas en la BMV

L.C. Ortuño Barba[1], A. Heredia González[1], L. E. Olguín Gil[2], N. Arellano Carrasco[3]*
[1]Departamento de Ciencias Económico Administrativas
[2]Departamento de Sistemas y Computación
[3]Alumna de la carrera de Contador Público
TNM / I.T. Tehuacán, Libramiento Tecnológico s/n, Tehuacán, Pue., México
*lucaorba@gmail.com

***Área de participación**: Ingeniería Administrativa*

Resumen

La evidencia creciente de los mercados emergentes, particularmente en América Latina, indica que mejores prácticas de gobierno corporativo (GC) a nivel de empresa se vinculan a un mejor valor de la empresa en el mercado. La literatura investiga el papel de las reformas para minimizar el conflicto de agencia, mejorar el GC y optimizar el valor de la empresa. Al instrumentar tres indicadores compuestos de GC de la OCDE (supervisión de la gestión directiva, funcionamiento del consejo y transparencia), este estudio investiga la correlación entre el GC y el valor de mercado de empresas mexicanas para el período 2016-2017, basado en el Código de Mejores Prácticas Corporativas. El estudio encuentra una correlación positiva entre el GC y el valor de la empresa, revela los efectos adversos de la transparencia y la gestión en el desempeño de la empresa, respaldando las afirmaciones de implementación defectuosa y la débil aplicación de las prácticas de GC contractual.

***Palabras clave**: Gestión directiva; Gobierno corporativo; Mercados emergentes; Valor de mercado.*

Abstract

Growing evidence from emerging markets, particularly in Latin America, indicates that best corporate governance (CG) practices at the company level are linked to better company value in the market. The literature investigates the role of reforms to minimize agency conflict, improve QA, and optimize business value. By implementing three OECD composite CG indicators (supervisory management, board operation and transparency), this study investigates the correlation between CG and the market value of Mexican companies for the 2016-2017 period, based on the Code of Best Corporate Practices. The study finds a positive correlation between CG and company value, revealing the adverse effects of transparency and management on company performance, supporting claims of flawed implementation and weak application of contractual CG practices.

***Key words**: Corporate Governance; Emerging Markets; Management; Market Value.*

Introducción

A pesar de que la investigación relacionada con el gobierno corporativo (GC) y el desempeño de las empresas que cotizan públicamente es un tema muy estudiado a nivel global, dicha investigación se ha enfocado en gran parte a eventos de las economías desarrolladas, los estudios realizados en los mercados en desarrollo o emergentes no muestran una trayectoria consolidada, en el caso específico de México se reconocen solo unos cuantos estudios relacionados a la línea de investigación.

El reconocimiento de la relación de agencia partiendo de que las organizaciones pueden ser consideradas simplemente como una “figura jurídica que sirve como un nexo para las relaciones contractuales y que se caracteriza por la existencia de reclamos residuales de los accionistas, divisibles sobre sus activos y flujos de efectivo que pueden venderse sin autorización de los demás individuos contratantes” [1], implica el entendimiento legal y estatutario de que la dirección de la empresa tiene el encargo de satisfacer los requerimientos de los accionistas aunque, de igual manera, existe una fuerte motivación por alcanzar sus propias expectativas profesionales y económicas. De este modo, se asume que los dueños del capital (*Principal*), utilizan una serie de

instrumentos de monitoreo por medio de mecanismos internos y externos, así como instrumentos de incentivos hacia los gerentes o directivos, denominados *Agente*, con la finalidad de prevenir que estos últimos persigan sus propios intereses a expensas de los de otros participantes, particularmente los accionistas.

En aquellos mercados donde predomina la concentración de la propiedad con la presencia de propietarios controladores, el reto del GC no se centra principalmente entre accionistas y gerentes, sino entre los accionistas minoritarios y los mayoritarios quienes pueden hacer uso excesivo de transacciones abusivas: obtención de beneficios privados directos mediante elevadas retribuciones y primas a familiares o socios en plantilla, operaciones inadecuadas con partes relacionadas, un sesgo sistemático en las decisiones empresariales, y cambios en la estructura de capital a través de una emisión de acciones especial que favorezca al socio mayoritario [2]. Actualmente los conceptos de propiedad concentrada y propiedad dispersa no son suficientes para describir la variedad de estructuras, es necesario reconocer el impacto de las inversiones transfronterizas y los nuevos modelos de negocio para la propiedad intermediaria, adicionalmente, los mercados que generalmente han sido clasificados como de propiedad dispersa han evolucionado a tal grado que ya puede considerarse un fenómeno raro.

Específicamente en el caso mexicano, a finales de 2017, 46% de la capitalización del mercado estaba concentrada en solo el 5% de empresas mexicanas, este porcentaje ascendía al 58% si se consideran las 10 empresas con mayor volumen bursátil, alrededor de un 44% de las empresas estaban controladas por un accionista con una tenencia accionaria superior al 50% y un 17% adicional de las empresas con hasta tres accionistas; el 57% de los accionistas controladores son considerados como personas físicas o grupos familiares [3], [4]. Debido a que el modelo de propiedad familiar es dominante en México, los accionistas controladores pueden ejercer una supervisión más estrecha a los directivos de las empresas [5], o incluso mantienen lazos familiares con ellos, lo que sugiere una reducción de los costos de agencia por monitoreo, por lo que el reto principal en cuanto al problema de agencia en México como mercado está orientado a la relación entre los accionistas mayoritarios y los minoritarios de tal manera que existan incentivos para que más gente invierta directamente en el mercado de capitales y no solo lo hagan indirectamente a través de los inversionistas institucionales como las Administradoras de los Fondos para el Retiro[1].

Este estudio investiga el efecto de las prácticas de gobierno corporativo en el mercado y el desempeño empresarial de 78 empresas que cotizan en México para el período 2016-2017. El estudio utiliza tres indicadores compuestos de gobierno corporativo propuestos por los principios de referencia internacional de la OCDE (2015): Funcionamiento del consejo; supervisión de la gestión directiva y transparencia.

El GC es el sistema por el cual las empresas son dirigidas y controladas [6], mediante controles internos y externos que armonizan los conflictos de agencia entre directivos y accionistas [7], que protegen los derechos de los inversionistas [8] asegurando beneficios para sus partes interesadas no propietarias o stakeholders [9] conforme con ciertos derechos según lo establecido en los marcos legales y regulatorios existentes, así como en los estatutos sociales [10]. De esta manera, el GC surge como una respuesta a la necesidad de confianza que los inversionistas requieren para colocar sus activos en manos de directivos que toman decisiones en busca de satisfacer los requerimientos de beneficios económicos.

Los códigos de GC consisten en recomendaciones que reflejan las mejores prácticas de conducta y sirven como directrices para empresas de cotización pública y para aquellas de inversión cerrada, destacando la transparencia como un tema clave de GC [11], el principio de cumplir o explicar (comply or explain) fue empleado por primera vez en el entorno de GC por el Reporte Cadbury de 1992 y teóricamente proporciona flexibilidad en la aplicación del código y un medio para evaluar el cumplimiento; la flexibilidad que este principio ofrece a las empresas, al poder elegir entre cumplir con sus principios o explicar por qué no lo hacen, contrasta con los sistemas obligatorios (por ejemplo, la Ley Sarbanes-Oxley en los EE. UU.). Se cree que las bondades de dicha flexibilidad residen en su capacidad para alentar a las empresas a adoptar el espíritu del código, en lugar de hacerlo literalmente, mientras que un régimen más legal conduciría a un enfoque de casillero que no permitiría desviación alguna de la regla y no fomentaría la confianza de los inversionistas [12], [13].

[1] En México, las AFORE (fondos de pensiones), fondos de inversión y compañías de seguros conforman el total de activos financieros administrados por inversionistas institucionales, es importante subrayar que las AFORE, después de los bancos, se han convertido en el segundo jugador más importante capaz de influir en el desarrollo del mercado de valores [20]. .

El Código de Mejores Prácticas Corporativas (CMPC)[2] de México incluye una serie de recomendaciones que se han vuelto vinculantes como resultado de las enmiendas a la Ley del Mercado de Valores incorporadas en 2005. Las compañías que cotizan en bolsa también deben revelar su grado de adhesión al CMPC tanto a la Bolsa Mexicana de Valores (BMV) como a los inversionistas a través de un anexo del código denominado "Cuestionario para evaluar el grado de adhesión al CMPC" que deberá ser suscrito a más tardar el 31 de mayo de cada año con la información del ejercicio social inmediato anterior de acuerdo con las disposiciones generales y con la disposición 4.033.00 fracción XI del Reglamento Interior de la BMV [14][3].

La revisión de las prácticas de GC a través de índices y su correlación con beneficios es parte del monitoreo que realiza el Principal hacia el desempeño del Agente, además, sirve para que otras partes interesadas den seguimiento a la empresa, vista como un todo, para la toma de sus propias decisiones.

Las métricas de valor de mercado más utilizadas en los estudios de este tipo son la Q de Tobin (Q) seguida de la razón de precio de mercado de la acción a valor en libros conocida globalmente como Market-to-Book Value Ratio (MBVaR). En el caso de las economías emergentes o en desarrollo no es conveniente utilizar la Q de Tobin debido a que la alta deuda institucional de las empresas, no siempre registrada de manera adecuada, distorsiona la funcionalidad de la métrica [15].

La relación MBVaR es usada como métrica de valuación de empresas en los mercados financieros, relaciona el valor de mercado de una firma con su valor en libros, es también considerada un retorno de por vida por mantener una acción: un mayor valor de mercado a valor en libros muestra que una empresa está en condiciones de generar más rendimientos con respecto al capital invertido; en contraste, un menor valor de mercado a valor en libros implica que la compañía no es saludable y no es capaz de crear valor para los accionistas generando mayores retornos [16].

La Relación Precio de Mercado a Utilidades o Price-to-Earnings Ratio (P/E), es utilizada para valuar empresas tanto en mercados desarrollados como emergentes, puede ser calculada dividiendo el precio de mercado de una acción por las ganancias o utilidades por acción. La variable se considera como el potencial futuro de la empresa y representa la inversión y la política de dividendos de una firma [17].

Metodología

Datos

El estudio emplea datos longitudinales anuales extraídos de una muestra de 78 Sociedades Anónimas Bursátiles (SAB) que cotizan en la BMV para el período 2016-2017 en México. Utiliza el Índice de Adhesión a las Prácticas del Gobierno Corporativo (Adhecorp), recientemente propuesto por Mendoza y Ortuño [18]. Adhecorp incluye la clasificación y medición de 32 prácticas de gobierno corporativo compactadas en 13 factores, como la disciplina de gestión, la transparencia y la efectividad de la junta directiva, entre varias otras características de gobierno. El índice compuesto Adhecorp resulta de emplear métodos multivariados y reducir 241 variables del cuestionario a solo 91 que agrupan casi el 73% de la variabilidad estadística. Los subíndices individuales clasifican la calidad y el grado de adhesión a las mejores prácticas de GC de las SAB. Adhecorp es el promedio ponderado de todos los factores individuales, siendo cada peso respectivo la proporción considerada en la variación total.

Este estudio utiliza tres indicadores ponderados de las mejores prácticas de adherencia al GC, originalmente diseñados para integrar algunos de los principios establecidos por la OCDE (2015). Los indicadores compuestos

[2] En 2018 cambió su nombre al de Código de Principios y Mejores Prácticas de Gobierno Corporativo al publicarse la 3ª ed., esta investigación se basa en la segunda versión, vigente hasta 2018.
[3] Desde el 25 de julio de 2018, la Bolsa Mexicana de Valores (BMV) tiene un competidor: la Bolsa Institucional de Valores (BIVA)., en 2013, el Ministerio de Finanzas (SHCP) recibió una petición para la creación de una nueva bolsa de valores que en 2015 concluyó con una concesión que autorizó a BIVA a enumerar las mismas acciones y productos que los de la BMV. Después de años de trabajo, BIVA ha comenzado sus operaciones.[4].

derivados de este modo controlan la gestión de la junta[4], la gobernanza de la junta y la transparencia y supervisión. El primer factor compuesto de la OCDE examinado en este estudio es la gestión de la junta (GestDir), un factor que captura la capacidad del consejo para planificar y supervisar todo tipo de actividades de la empresa incluidas las financieras, así como para evaluar la gestión estratégica de la empresa en su búsqueda de mayores beneficios para los accionistas. Entre los componentes que integran este factor están la gestión estratégica, la gestión de riesgos; inversiones y políticas financieras; creación de valor y planes de sucesión. El segundo factor compuesto es el gobierno de la junta directiva (Conadm), mide la estructura, el funcionamiento y la composición de la junta directiva, así como su adhesión a las prácticas establecidas en el CMPC. Una serie de características definen el funcionamiento del consejo: estructura y operación; atributos profesionales de los miembros; funciones y deberes legales y estatutarios específicos. El tercer componente, transparencia y vigilancia (Transvig) monitorea las actividades realizadas por las SAB mexicanas para cumplir con el principio de transparencia y divulgación establecidos por la OCDE, incluidos hechos incorrectos, preceptos de confidencialidad y recuperación de información. Una puntuación más alta en cada uno de estos índices refleja una mejora de las prácticas de GC. La tabla 1 muestra una correlación positiva entre pares de estos tres factores, lo que sugiere un grado de complementariedad entre ellos, particularmente entre la gestión directiva y los subíndices de transparencia y el gobierno de la junta.

Tabla 1. Correlación entre componentes del gobierno corporativo

		GestDir	Transvig	Conadm
GestDir	Correlación de Pearson	1	.562**	.237**
	Sig. (bilateral)		0.000	0.003
	N	156	156	156
Transvig	Correlación de Pearson	.562**	1	.408**
	Sig. (bilateral)	0.000		0.000
	N	156	156	156
Conadm	Correlación de Pearson	.237**	.408**	1
	Sig. (bilateral)	0.003	0.000	
	N	156	156	156

**. La correlación es significativa en el nivel 0,01 (bilateral).

El estudio también extrae medidas de rendimiento del mercado, emplea las relaciones de relación de valor de mercado a valor en libros o contable (MBVaR) además de la ratio relación de valor (P/E). MBVaR es una medida del valor asignado por los accionistas en el mercado de valores, resulta de dividir el precio de la acción en el mercado a su valor en libros y captura la capacidad de la empresa de crear valor para los accionistas en forma de rendimientos y apreciación del público inversionista (Peirson, Brown, Easton y Howard, 2002). La ratio P/E divide el precio de mercado de la acción sobre la utilidad por acción y señala la capacidad que tiene la acción para generar valor para el inversionista más allá de la generación de dividendos, incluye la inversión y los dividendos (Copeland, Weston y Shastri, 2013).

a. Estadística descriptiva

La Tabla 2 muestra que la desviación estándar del IGC Adhecorp y el subíndice de GestDir es entre tres y seis veces mayor que las relativas a los subíndices de transparencia y vigilancia y del gobierno de la junta. En cuanto a las medidas de rendimiento del mercado, la relación MBVaR es muy estable y muestra un ligero grado de dispersión, en comparación con la ratio P/E que muestra una alta volatilidad en los años de este estudio, a diferencia de lo reportado por Mendoza, Ortuño y Conde [19] en el periodo de 2010 a 2016. Los subíndices del rendimiento de GC, es decir, GestDir, Transvig y Conadm, muestran un comportamiento muy estable. El puntaje

[4] En este artículo se utilizan de manera alternativa los vocablos junta, consejo, consejo de administración y directorio para referirse al órgano estatutario de las empresas que representa a los accionistas y es su intermediario ante la estructura directiva.

promedio más alto lo otorga la gestión directiva, seguido de cerca por la transparencia y luego por el funcionamiento de la junta directiva.

Tabla 2. Gobierno corporativo y valor de mercado: Estadísticos descriptivos.

Variable *(a)*	N *(b)*	Mínimo	Máximo	Media	Desv. Est. *(c)*
Métricas de gobierno corporativo					
Adhecorp	156	22.0930	96.2002	85.6462	13.8105
GestDir	156	15.3823	57.9906	52.5149	10.6670
Transvig	156	5.1019	31.4383	28.6755	3.5750
Conadm	156	-3.4427	7.5535	4.4559	2.1093
Métricas de valor de mercado					
MBVaR	156	-0.0984	17.2323	2.3217	2.2606
P/E	156	-134.6552	1083.1416	31.8547	122.7764
N válido (por lista)	156				

(a) Adhecorp.- Índice de adhesión a las mejores prácticas de GC; GestDir.- Componente de GC relacionado con la supervisión de la gestión directiva; Transvig.- Componente de GC relacionado con la transparencia y la vigilancia; Conadm.- Componente del GC relacionado con el funcionamiento del consejo de administración; MBVaR.- Relación del precio de mercado de la acción a su valor en libros; P/E.- Relación del precio de mercado de la acción con la utilidad por acción. (b) N.- Número de empresas observadas en dos años. (c) Desviación estándar.

b. Relación entre GC y valor de mercado

Se considera recomendable dividir los datos obtenidos de las SAB en cuatro partes, cada una de las cuales con aproximadamente el 25% de los datos, el segundo cuartil se establece a partir de la mediana del índice Adhecorp una vez que la información fue ordenada de forma ascendente, para la determinación de los cuartiles Q_1 y Q_3 se emplea la fórmula:

$$i = \left(\frac{p}{100}\right) n$$

En donde *p* es el percentil de interés (25 o 75) y *n* es el número de observaciones.

De acuerdo con la volatilidad de la ratio P/E mostrada en la Tabla 2, se considera necesario emplear la media o promedio recortado al 10% lo que permite excluir el diez por ciento de los casos situados en los extremos superior e inferior de la distribución con lo que se evita la distorsión de las puntuaciones extremas no compensadas.

Con los datos distribuidos en los rangos intercuartílicos se logra determinar los niveles de adhesión a las mejores prácticas corporativas en México, se considera que las SAB consideradas hasta el Q_1 son las que menor calidad de GC manifiestan, y que aquellas consideradas después del Q_3 mantienen un mayor grado de adhesión al CMPC que el resto. De igual manera es posible identificar el nivel de las prácticas corporativas relacionadas con cada uno de los tres subindicadores integrantes de Adhecorp.

La metodología aplicada permite realizar una distribución de los datos obtenidos de las SAB en los distintos sectores considerados en la clasificación de la BMV: Productos de consumo frecuente; Materiales; Consumo no básico; Salud; Telecomunicaciones, e Industrial.

Resultados y discusión

Relación entre Adhecorp y subíndices

De acuerdo con lo observado en la Tabla 3, existe una correspondencia en la magnitud de los datos relacionados con las variables del GC: Adhecorp, GestDir, Transvig y Conadm lo que implica la complementariedad entre dichas variables, se puede observar que los valores se incrementan de acuerdo con las SAB que se incluyeron en los distintos rangos.

Los valores de MBVaR asociados a cada rango no muestran relación con la magnitud ascendente de los valores de las variables de GC, es decir, el grado de adhesión promedio mantenido por 78 emisoras durante dos años no indican apreciación del valor de la acción en el mercado mexicano, es posible que esta nula relación se encuentre influenciada por el grado de control accionario que persiste en las SAB, la alta concentración accionaria y la limitada liquidez del mercado mexicano inhibe la inversión de inversionistas minoritarios, asociada a la nula protección legal existente, en general, en los mercados emergentes cuya legislación proviene de la tradición civil francesa.

Tabla 3. Valores de variables por rango

	Variables					
Rango intercuartílico	Adhecorp	GestDir	Transvig	Conadm	MBVaR	P/E
RIC1	66.22	37.69	25.33	3.20	2.75	7.28
RIC2	88.20	55.67	28.95	3.58	2.17	23.75
RIC3	91.48	57.07	29.42	4.99	2.16	18.45
RIC4	94.56	57.45	30.78	6.33	2.24	23.21

Adhecorp.- Índice de adhesión a las mejores prácticas de GC; GestDir.- Componente de GC relacionado con la supervisión de la gestión directiva; Transvig.- Componente de GC relacionado con la transparencia y la vigilancia; Conadm.- Componente del GC relacionado con el funcionamiento del consejo de administración; MBVaR.- Relación del precio de mercado de la acción a su valor en libros; P/E.- Relación del precio de mercado de la acción con la utilidad por acción. RICn.- Número de rango intercuartílico ordenado de manera ascendente.

Por otro lado, en la misma Tabla 3 se puede apreciar que las SAB con menor grado de adhesión a las prácticas establecidas en el CMPC denotan una menor capacidad de generar valor accionario suficiente para mejorar la utilidad por acción anual, lo que permite la inversión orientada hacia la percepción de dividendos, en contraste con la magnitud de la misma relación encontrada en las SAB que conforman el rango con mejor calidad de GC contractual, lo anterior indica que la ratio P/E si mantiene una relación positiva, aunque débil, con las variables relacionadas con el GC, la diferencia sobrepasa el 218%; lo anterior posiblemente debido a que la política de dividendos de las empresas mexicanas está orientada a ofrecer incentivos a los inversionistas incluso a expensas de mostrar mejoras en las prácticas corporativas o por la influencia de los accionistas controladores.

Comportamiento de variables por sector económico

La cotización de las SAB en la BMV se ajusta a una clasificación sectorial distribuida en cuatro niveles, incorporando un total de diez sectores, el comportamiento bursátil por sector es de interés para los inversionistas y la calidad del GC es uno de los elementos a considerar para la toma de decisiones.

La Tabla 4 muestra los valores de las métricas relacionadas con el valor de mercado y con las características estudiadas del GC. En ella se aprecia la valoración de la adhesión al CMPC por sector, destaca la disparidad del promedio mostrado por los distintos sectores, particularmente entre el sector de Productos de Consumo Frecuente y el Industrial con casi 22 puntos base cien de diferencia, principalmente generados por la supervisión del consejo hacia las actividades directivas capturados por la variable GestDir.

Tabla 4. Valores de variables por sector

Sector *(a)*	Adhecorp	GestDir	Transvig	Conadm	MBVaR	P/E
PCF	89.3221	54.4437	29.9045	4.9739	3.4104	23.7108
MAT	88.2839	54.8835	28.8188	4.5817	1.6777	9.0127
CNB	88.1026	54.5127	28.7172	4.8727	2.3154	10.2073
SAL	86.8901	52.1240	29.5051	5.2610	3.1411	13.1103
TEL	84.6721	51.9201	28.8757	3.8763	2.4829	37.8300
IND	77.3901	46.3519	27.0650	3.9733	2.0347	16.5230

(a) PCF.- Productos de Consumo Frecuente, MAT.- Materiales, CNB.- Consumo No Básico, SAL.- Salud, TEL.- Telecomunicaciones, IND.- Industrial, Adhecorp.- Índice de adhesión a las mejores prácticas de GC; GestDir.- Componente de GC relacionado con la supervisión de la gestión directiva; Transvig.- Componente de GC relacionado con la transparencia y la vigilancia; Conadm.- Componente del GC relacionado con el funcionamiento del consejo de administración; MBVaR.- Relación del precio de mercado de la acción a su valor en libros; P/E.- Relación del precio de mercado de la acción con la utilidad por acción.

Es manifiesta la volatilidad mostrada por la ratio P/E a nivel sectorial, el conjunto de las SAB enroladas en el área de las Telecomunicaciones presenta altos niveles en el periodo 2016-2017 en comparación con los demás sectores.

La Tabla 5, con datos del sector de Consumo No Básico, muestra la correlación positiva entre el subindicador relacionado con la transparencia y la vigilancia en el que se incluyen atributos relacionados con la función de auditoría que realiza la junta, lo que parece indicar que el mercado premia la mejora en dichas prácticas con una mayor valoración accionaria en relación con la utilidad por acción manifestada en la información financiera.

Tabla 5. Correlación entre GC y valor de mercado en SAB del sector Consumo No Básico

	Adhecorp	GestDir	Transvig	Conadm	MBVaR
GestDir	0.790				
	0.000				
Transvig	0.511	0.034			
	0.015	0.880			
Conadm	0.358	-0.160	0.258		
	0.102	0.477	0.246		
MBVaR	-0.325	-0.113	-0.235	-0.357	
	0.139	0.615	0.292	0.103	
P/E	0.282	0.191	**0.465**	-0.141	-0.415
	0.204	0.394	**0.029**	0.530	0.055

Contenido de las celdas: Correlación de Pearson
P-Value

Adhecorp.- Índice de adhesión a las mejores prácticas de GC; GestDir.- Componente de GC relacionado con la supervisión de la gestión directiva; Transvig.- Componente de GC relacionado con la transparencia y la vigilancia; Conadm.- Componente del GC relacionado con el funcionamiento del consejo de administración; MBVaR.- Relación del precio de mercado de la acción a su valor en libros; P/E.- Relación del precio de mercado de la acción con la utilidad por acción.

Trabajo a futuro

Para continuar abonando a esta línea de investigación es importante ampliar la longitud de los datos anuales, así como compaginar la información proveniente de la segunda versión del CMPC con la tercera que está vigente en la que se incorporan nuevas prácticas.

Otro aspecto para considerar en el posterior trabajo relacionado con el GC es la inclusión de variables relacionadas con el GC institucional además de las ya consideradas relacionadas con el GC contractual, así como investigar la causalidad de las correlaciones que surjan como resultado de la investigación.

Conclusiones

Se identificaron y analizaron datos relacionados con el GC contractual que tienen una estrecha relación con los preceptos de la OCDE para empresas cotizantes en la Bolsa Mexicana de Valores. Los resultados muestran evidencia mixta de la relación existente entre distintos aspectos del GC y métricas de valor de mercado. Los resultados muestran una débil relación determinada mediante estadística descriptiva y sugiere la prevalencia de las instituciones formales e informales de un mercado en desarrollo como el mexicano ante la globalidad del GC. Es definitivo que la concentración accionaria traslada el problema de agencia a la relación entre los accionistas mayoritarios y minoritarios con la gestión del consejo de administración, sin embargo, dicha intervención está influenciada por el entorno legal y estatutario que resulta proteccionista hacia los accionistas controladores. La implementación de las reformas relacionadas con el gobierno corporativo es débil y carece de contrapesos lo que hace poco atractiva la inversión en el mercado de capitales por lo que éste carece de liquidez.

Agradecimientos
Es necesario agradecer al Doctor Alfonso Mendoza Velásquez por su asesoría en temas de manejo de los datos.

Referencias
[1] M. C. Jensen and W. H. Meckling, “Theory of the firm: Managerial behavior, agency costs and ownership structure,” *J. financ. econ.*, vol. 3, no. 4, pp. 305–360, 1976, doi: 10.1016/0304-405X(76)90026-X.
[2] OCDE, *Principios de Gobierno Corporativo de la OCDE y del G20*. Paris, 2016.
[3] OECD, “Equity Market Development in Latin America: Enhacing Acces to Corporate Finance,” 2019. [Online]. Available: http://www.oecd.org/corporate/ca/Latin-American-Equity-Markets-2019.pdf.
[4] A. De La Cruz, A. Medina, and Y. Tang, “Owners of the World’s Listed Companies,” *OECD Cap. Mark. Ser. Paris*, 2019.
[5] J. Poletti-Hughes and J. Williams, “The effect of family control on value and risk-taking in Mexico: A socioemotional wealth approach,” *Int. Rev. Financ. Anal.*, vol. 63, pp. 369–381, 2019, doi: 10.1016/j.irfa.2017.02.005.
[6] C. R. Committee, “The financial aspects of the Corporate Governance,” London, 1992.
[7] B. Baysinger and R. E. Hoskisson, “The Composition of Boards of Directors and Strategic Control: Effects on Corporate Strategy,” *Acad. Manag. Rev.*, vol. 15, no. 1, pp. 72–87, Jan. 1990, doi: 10.5465/amr.1990.4308231.
[8] A. Shleifer and R. W. Vishny, “A survery of Corporate Governace,” *The Journal of Finance*, vol. 52, no. 2. pp. 737–783, 1997, doi: 10.1111/j.1540-6261.1997.tb04820.x.
[9] R. Donnelly and M. Mulcahy, “Board Structure, Ownership, and Voluntary Disclosure in Ireland,” *Corp. Gov. An Int. Rev.*, vol. 16, no. 5, pp. 416–429, Sep. 2008, doi: 10.1111/j.1467-8683.2008.00692.x.
[10] J. Kose and L. W. Senbet, “Corporate governance and board effectiveness,” *J. Bank. Financ.*, vol. 22, no. 4, pp. 371–403, 1998, doi: https://doi.org/10.1016/S0378-4266(98)00005-3.
[11] C. Rose, “Firm performance and comply or explain disclosure in corporate governance,” *Eur. Manag. J.*, vol. 34, no. 3, pp. 202–222, 2016, doi: 10.1016/j.emj.2016.03.003.
[12] S. Arcot, V. Bruno, and A. Faure-Grimaud, “Corporate governance in the UK: Is the comply or explain approach working?,” *Int. Rev. Law Econ.*, vol. 30, no. 2, pp. 193–201, 2010, doi: 10.1016/j.irle.2010.03.002.
[13] D. Seidl, P. Sanderson, and J. Roberts, “Applying the ‘comply-or-explain’ principle: Discursive legitimacy tactics with regard to codes of corporate governance,” *J. Manag. Gov.*, vol. 17, no. 3, pp. 791–826, 2013, doi: 10.1007/s10997-011-9209-y.
[14] BMV, *Reglamento interior de la BMV*. Mexico, 2018.
[15] J. Sarkar and S. Sarkar, *Indian development report*. London, 2000.
[16] G. Peirson, R. Brown, S. Easton, and P. Howard, *Business finance*. Australia, 2002.
[17] T. Copeland, F. Weston, and K. Shastri, *Financial Theory and Corporate Policy*. Essex, 2013.
[18] A. Mendoza and L. Ortuño, “Global indicator of adherence to the best practices of corporate governance: Mexican stock market corporations,” *Contaduría y Adm.*, vol. 64, no. (4) Especial Gobierno Corporativo, pp. 1–17, 2019.
[19] A. Mendoza, L. Ortuño, and L. Conde, “Firm Performance and Corporate Governance: Board Transparency and Management in Mexico,” 2020.
[20] OECD, “OECD Corporate Governance Factbook 2019,” p. 184, 2019, [Online]. Available: https://www.oecd.org/daf/ca/Corporate-Governance-Factbook.pdf%0Ahttp://www.oecd.org/daf/ca/Corporate-Governance-Factbook.pdf.

Análisis de factibilidad económica de una Apps para determinar control de producción en tiempo real

A.D. Hernández Vargas[1], G. Robles Calderón[1], J.A. Reyes Martínez[2], G.E. Romero Peralta[2]
[1]*Cuerpo Académico Innovación y Desarrollo Tecnológico. Instituto Tecnológico Superior de Teziutlán Fracción I y II, S/N, Aire Libre, C.P. 73960, Teziutlán, Puebla. México*
[2]*Estudiante de ingeniería en Sistemas Computacionales. Instituto Tecnológico Superior de Teziutlán*
almadhvargas@hotmail.com

***Área de participación**: Ingeniería Administrativa*

Resumen

Se presenta en este artículo el estudio de factibilidad para el diseño de una Apps, la cual consta de 4 módulos, donde se podrá determinar la optimización y control de información del proceso de producción. Para ello se realizó un estudio de mercado y un análisis financiero, con el propósito de determinar la viabilidad de la idea de negocio por medio de la evaluación económica y financiera. Mediante el análisis de mercado se analizó una demanda potencialmente insatisfecha por falta de información para la toma de decisiones. La fase económica se centró en encontrar la inversión inicial, los ingresos y los gastos que se reflejan en los estados financieros. Finalmente, la evaluación económica que mostro la viabilidad financiera, se sustentó mediante métodos convencionales de evaluación como valor presente neto y la tasa interna de retorno. Los resultados obtenidos arrojan que es viable con un periodo de recuperación de 28 meses.

***Palabras clave**: viabilidad, Información, Apps*

Abstract

This article presents the feasibility study for the design of Apps, which consists of four modules, where you can determine the optimization and control of information of the production process. To this end, a market study and financial analysis were carried out, with the purpose of determining the feasibility of the business idea through economic and financial evaluation. The market analysis analyzed a potentially dissatisfied demand for lack of information for decision-making. The economic phase focused on finding the initial investment, revenues and expenses reflected in the financial statements. Finally, the economic assessment showing financial viability was supported by conventional methods of assessment such as net present value and internal rate of return.

***Keywords:** Viability, Information, Apps*

Introducción

En la actualidad el uso intensivo de las tecnologías ha incursionado en todos los ámbitos, sobre todo en las empresas que requieren sistemas de informacion confiables que permitan la toma de decisiones adecuadas para generar utilidades a corto plazo. Es por ello que los empresarios deben adaptarse a los continuos cambios que ha generado la industria 4.0.
En el entorno económico en el que se mueven, la carencia de un sistema de gestión de información, no les permite enlazar la planificación, con las tareas diarias que realiza el negocio, lo que las obliga constantemente a “utilizar lo que se tiene” la mayor parte del tiempo.
Es por ello que DTOLTEK SA DE CV, una empresa del ramo metal-mecánica establecida en el 2007 dedicada a la fabricación de herramientas y refacciones para la industria automotriz, con 15 años de experiencia, en el diseño, fabricación, mantenimiento y puesta en marcha de los medios de producción de partes automotrices, donde debido a la experiencia y calidad en el empeño de sus labores ha obtenido trabajos de diseño para marcas reconocidas de automóviles y ensambladores, entre las que destacan Benteler de México, industrias Norm SA de CV y Volkswagen, ello le ha permitido incrementar sus ventas y por ende las utilidades del negocios, es por ello, que al tener más trabajo y mayor responsabilidad es menester que deba implementar un sistema de gestión

 ISSN 2007-8102

de información que le permita agilizar sus procesos y al mismo tiempo información vital que le pueda ofrecer la seguridad de datos reales para su proceso de verificación de identidad.
En consecuencia, la empresa debe transitar hacia arquitecturas tecnológicas que le permitan alcanzar mayores niveles de integración. Con base en lo anterior, se busca la implementación de cuatro módulos de la aplicación web “Optimización y control de la informacion del proceso de producción de piezas (OCIP3), considerando las actividades desarrolladas como parte de recabar, analizar y conocer datos para efectos funcionales y no funciones que determinen la funcionalidad de la aplicación. Para definir los módulos se iniciará con la fase INICIO-REQUISITOS, donde a detalle se llevaron a cabo entrevistas con los usuarios de las áreas a automatizar, con los clientes, jefe de áreas, para posteriormente diseñar las fases INICIO-GESTION, INICIO ENTORNO Y ELABORACION MODELO. Se llevó a cabo la determinación de los requerimientos del sistema de casos de uso principal y secundario, detallando de manera clara cada función del sistema, trabajado sobre el Modelo Relacional, el cual permitirá un manejo óptimo de los datos, respetando patrones de diseño que están establecidos actualmente (Ver Figura 1)

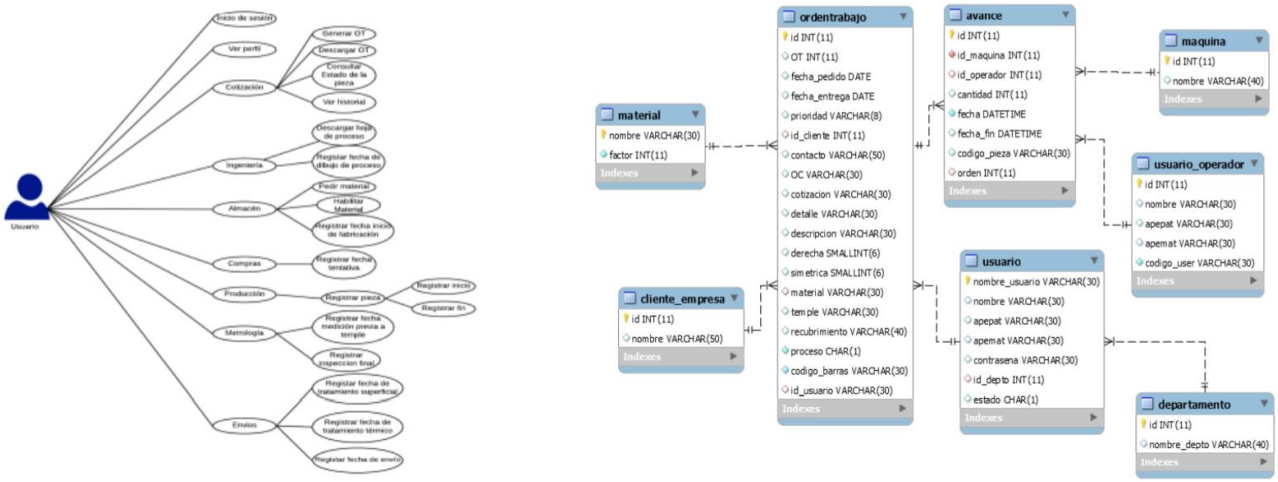


Figura 1. Casos de uso principal y diseño de base de datos.

Aun cuando la empresa cuenta son varios departamentos de apoyo en sus instalaciones, tiene un crecimiento de ventas sostenido y experiencia adquirida, en algunas ocasiones se le solicitan piezas especiales, es en ese momento donde requiere la integración de su personal para ese nuevo producto en el mercado, por ello que demanda un análisis mediante la viabilidad económica para la factibilidad de la Apps personalizada que aumente esas probabilidades de reorganización de información con la implementación de su sistema de información en tiempo real.

Metodología

En este trabajo de investigación se utilizara la investigación descriptiva, a decir de Hernández, Fernández Baptista [1] busca especificar las propiedades, característica y perfiles de personas, grupos, comunidades o cualquier fenómeno sometido a análisis, se tomará el enfoque cualitativo, ya que es de naturaleza exploratoria y no estructurada, donde Benassini [2] comenta que los estudios cualitativos se realizan para explorar en forma exhaustiva conceptos de nuevos productos o servicios, por lo general buscan resultados veraces de manera estratégica, mismos que concluyen en forma estadística. Para realizar el análisis financiero se utilizara lo publicado por Ramírez [3] donde considera que el ordenamiento y sistematización de la información monetaria sirven de base para tener una evaluación financiera aceptable que permita la toma de decisiones a corto plazo, por último en base a Baca [4] y a Gitman [5] se analizara la viabilidad económica del proyecto mediante herramientas financieras que permitan mostrar su aceptación.

Identificación de la problemática

 ISSN 2007-8102

Para iniciar con esta investigación se reunieron el Instituto Tecnológico Superior de Teziutlán (TecNM) y la empresa DTooltek, SA de CV, realizaron lo que X. González y J.R. Rodríguez, [6] llaman un proyecto de inteligencia de negocios, que se basa en el poder construir en base a las necesidades de la empresa una solución personalizada, para ello siguieron los pasos que se muestran en la figura 2, detectando la necesidad de obtener datos integrales en tiempo real que le permita conocer los costos reales de los nuevos productos solicitados, la información que obtuvieron sirvió de base para preparar la viabilidad económica de la Apps.



Fig. 2 Proceso de inteligencia de negocios

Planteamiento de soluciones

En esta etapa tuvo lugar la segmentación de mercado, para poder encontrar si es viable la propuesta, se llevó a cabo la recolección de datos. Para conocer de primera mano las necesidades, se desarrolló un Focus Group con personas que han tenido experiencia gerencial al interior de empresas en diferentes sectores de la administración, que están al tanto de problemas y necesidades de información. El tipo de muestra es aleatorio simple, el instrumento que utilizado es la encuesta diseñada en formularios Google, la cual presenta diferentes tipos de preguntas de forma cerrada o de opción múltiple a la muestra representativa. A decir de Benassini [2] los cuestionamientos están en función de la profundidad de la entrevista, la cual se estructura de la siguiente manera:

1. Preguntas no estructuradas o abiertas (perfil)
2. Preguntas del tema de investigación (propósito)
3. Preguntas de cierre (clientes posibles)

Muestra:

TARGET (unidades empleadoras)
Empresas del sector público y privado que se encuentren ubicadas en los Municipios de influencia del Tecnológico Superior de Teziutlán.

Para determinar el tamaño de la muestra se consultó la página www.inegi.gob.mx y obtener la población objetivo.

$$n = \frac{Z^2(p)(q)(N)}{e^2\,(N-1) + Z^2\,(p)(q)}$$

$$n = \frac{1.96^2(2343)(0.5)(0.5)}{0.05^2\,(2343-1)+1.96^2(0.5)(0.5)} = 330$$

Pregunta	Respuesta	Frecuencia
1. Realiza actividades dentro la administración	Si No	95 5
2. Conoce el uso del internet	Un poco A veces Si lo utilizo No se utilizarlo	21 23 45 11
Preguntas no estructuradas (perfil)		
3. Utiliza algún tipo de software	Si No	85 15
4. Tiene conocimiento completo del funcionamiento del software que posee	Si No	45 55

5. Con que frecuencia utiliza la información del software que posee	Todo el tiempo A veces Cada mes Nunca	52 27 14 7
6. Cuando requiere información a quien se la solicita	Al contador Al administrador A la secretaria Yo la busco	48 29 15 8
7. La información que obtiene es suficiente y útil	Si No A veces	45 32 23
Preguntas del tema de investigación (propósito)		
8. Si pudiera tener un software personalizado, lo compraría	Si No	74 26
9. Porque compraría un software personalizado	Porque cualquier persona con conocimientos básicos lo podría utilizar Por la información que me proporcionaría Por su funcionalidad	30 45 25
Preguntas de cierre (clientes posibles)		

Resultados y discusión

Al seleccionar la forma de aplicación del instrumento utilizando la técnica de encuesta electrónica a las personas que laboran en las áreas administrativas de diversas partes del municipio y del estado de Puebla. La ventaja de recurrir a este medio radica en que los encuestados solo pueden elegir una respuesta a cada pregunta y no pueden dejar de responder a alguna de ellas. Como consecuencia son más completas y ofrecen comodidad a quien las responde.

La encuesta arrojo los siguientes resultados de las 330 personas que representan el 100% del mercado objetivo puede observar en los ítems que representan el perfil de los entrevistados, están familiarizados con el uso del internet lo cual representa un avance en el uso de tecnologías de la información que se requieren dentro de las organizaciones.
De los ítems que representan el objetivo de la encuesta, 85% (280 personas) utilizan un software comercial, sin embargo, no conocen su funcionalidad total como lo explica el 55% (331 personas), en la pregunta 5, “Con qué frecuencia utiliza la información del software que posee”, como muestra la tabla 1. el 52% (171 personas) necesitan estar informadas de las situaciones que se presentan en la empresa, esto fue de gran ayuda para poder dar seguimiento al estudio de mercado.

Tabla 1. Pregunta 5

Número de encuestados	Uso de información del software	Porcentaje	Encuestados
330	Todo el tiempo	52%	171
330	A veces	27%	89
330	Cada mes	14%	46
330	Nunca	7%	24

Fuente: propia

En la pregunta 6, las personas que se desean conocer información presentan problemas para encontrarla dentro del sistema que usan, por lo cual solicitan la ayuda en primer lugar al contador de la empresa con un porcentaje del 48%, seguida por el administrador con un 29%, ya que al no comprender adecuadamente su utilización deben recurrir a terceras personas para obtener la información necesaria, esto, según los encuestados representa pérdida de tiempo y retraso en la toma de decisiones.

Tabla 2. Pregunta 6

Número de encuestados	Requerimiento de información	Porcentaje	Encuestados
330	Contador	48%	158
330	Administrador	29%	96
330	Secretaria	15%	50
330	Yo la busco	8%	26

Fuente: propia

Como se observa en las respuestas de la información útil y suficiente, es importante analizar que el 32% no la tiene adecuadamente, mientras que la 23% la recibe incompleta, lo que representa una población insatisfecha, por la falta de sustento a las operaciones que realiza, lo que se considera útil para la aceptación de la viabilidad del proyecto de estudio.

Tabla 3. Pregunta 7

Número de encuestados	La información que se obtiene es útil y suficiente	Porcentaje	Encuestados
330	Si	45%	148
330	No	32%	105
330	A veces	23%	77

Fuente: propia

De acuerdo con el estudio de mercado que se realizó, la aceptación de tecnología en las empresas fue favorable ya que, al no contar con información suficiente para la toma de decisiones diarias, tienen constantes lagunas que no permiten ser competitivos en el campo laboral.

Análisis financiero

De acuerdo con la propuesta de Ramírez [3], el análisis económico consiste en expresar en términos monetarios, los cuadros analíticos que sirven de base para la evaluación económica. Tiene una secuencia sistemática que permite analizar los pasos en forma ordenada.

Sueldos del personal operativo

Los cálculos fueros elaborados a partir del 01 de enero del 2019, establecidos por la Comisión Nacional de salarios mínimos. Se consideró un análisis estimativo por analogía de lo que se invertiría si lo realizará una empresa especializada en el ramo, esto con la finalidad de determinar el costo de la mano de obra.

Tabla 4. Sueldos

Puesto	*Cantidad*	*Individual*	*Mensual*	*Sueldos anuales totales*
Director del proyecto	1	310.00	6,200.00	43,400.00
Analista de sistemas	1	240.00	4,800.00	33,600.00
Administrador de base de datos	2	240.00	4,800.00	33,600.00
Configuradores	1	220.00	4,400.00	30,800.00
Programadores	1	220.00	4,400.00	30,800.00
Total			24,600.00	172,200.00

Energía eléctrica. Se calcula en base en las especificaciones técnicas individuales de cada equipo de cómputo que se utilizara para el proyecto, considerando las tarifas vigentes de la Comisión Federal de Electricidad. Se tomó una tarifa por hora de 0.926 por hora

Tabla 5. Consumo de energía eléctrica del proyecto

				consumo (watts)	
Equipo	Cantidad	horas de uso	consumo por hora	Por equipo	Total
Tablet	1	950	0.926	879.7	879.70
Computadora de escritorio	2	1400	0.926	1296.4	2,592.80
Computadora Lap Top	2	2850	0.926	2639.1	5,278.20
		5200			8,750.70

El costo de mantenimiento, según las indicaciones del proveedor, es del 4% sobre el valor total del equipo de cómputo, esto es $ 61,500.00, correspondiendo $2,460.00 anuales.

Inversiones iniciales y totales.

Para poder realizar el desarrollo de la Apps es necesario contar con el equipo necesario, se consideró la compra de la inversión inicial, y el costo de operación total, como se muestran en las siguientes tablas 6 y 7

Tabla 6. Inversión inicial

Equipo	Cantidad	Costo unitario	Costo total
Tablet	1	1,500.00	1,500.00
Computadora de escritorio	2	9,000.00	18,000.00
Computadora Lap top	2	21,000.00	42,000.00
Software	1	12,000.00	12,000.00
		43,500.00	73,500.00

Tabla 7. Costo de operación total

concepto	importe
Sueldos	172,200.00
Energía eléctrica	8,750.70
Mantenimiento	2,640.00
Costos indirectos de fabricación	5,560.00
Depreciación	18,450.00
Total	207,600.70

Depreciaciones

De acuerdo a la NIF C-6, define a la depreciación como la distribución sistemática y racional del monto depreciable de un componente a lo largo de su vida útil.

Punto de equilibrio

El análisis del punto de equilibrio es una técnica útil para estudiar las relaciones entre los costos fijos, los costos variables y los beneficios. El punto de equilibrio es el nivel de producción en el que los beneficios por ventas son exactamente iguales a los costos fijos y variables. Suponiendo que presten servicios de almacenamiento de datos, se considerara lo siguiente:

Costos fijos mensuales	
Descripción	Importe
Sueldos	14,350.00
Mantenimiento	220.00
Depreciación	1,537.50
Total	16,107.50

Costos variables mensuales	
Descripción	Importe
Energía eléctrica	729.17
CIF	463.33
	1,192.50

Precio de venta
2,266.00

$$\mathrm{PE} = \frac{16{,}108}{2{,}266 - 1{,}193} \qquad 15$$

 ISSN 2007-8102

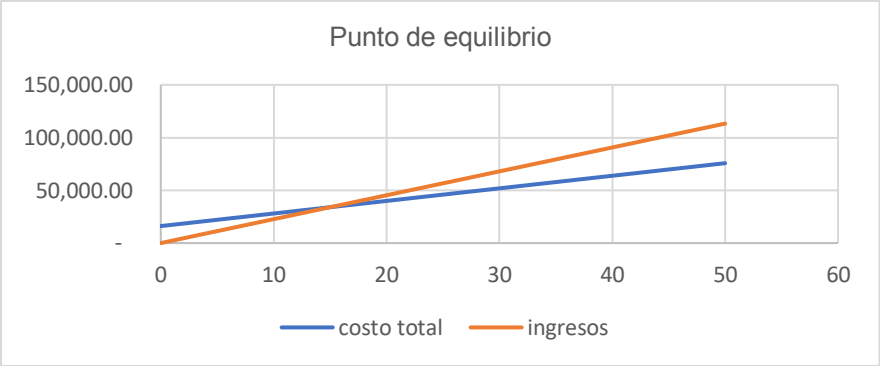


Figura 3. Punto de equilibrio

Como ya se conocen el Punto de equilibrio, es necesario planear las ventas, para obtener los presupuestos necesarios para llegar al Estado de Resultados Presupuestado (tabla 8),

Tabla 8. Estado de resultados presupuestado

ESTADO DE RESULTADOS PRESUPUESTADO	
Ventas	407,880
costo de Ventas	
Utilidad de la operación	407,880
Gastos de operación	207,601
Utilidad de la operación	200,279
impuestos	80,112
utilidad neta	120,168

Viabilidad económica

Basándose en los resultados obtenidos se puede observar que de acuerdo a los ingresos que se obtuvieron en el 2019, en la proyección de 5 años, se han generado utilidades, (tabla 9)

Tabla 9. Estados de resultados proforma

Estados de Resultados Proforma						
	0	1	2	3	4	5
	2019	2020	2021	2022	2023	2024
Ventas	407,880	444,363	483,755	526,274	572,155	758,105
Costo de Ventas	-	-	-	-	-	-
utilidad Bruta	407,880	444,363	483,755	526,274	572,155	758,105
Gastos de operación	189,151	266,618	290,253	315,765	343,293	454,863
gastos por depreciación	18,450	18,450	18,450	6,150		-
utilidad del ejercicio	200,279	159,295	175,052	204,360	228,862	303,242
impuestos	80,112	63,718	70,021	81,744	91,545	121,297
utilidad neta	120,168	95,577	105,031	122,616	137,317	181,945

Tasa interna de retorno (TIR) y Valor Presente Neto

Para poder determinar la viabilidad de la Apps se realizaron los cálculos necesarios, en base a los flujos de efectivo operativo (ver tabla 10), obteniendo un resultado de TIR 34%, Valor Presente Neto de $ 23,360 y periodo de recuperación de 28 meses. La tasa mínima aceptable de rendimiento de los accionistas es de 15.22%, por lo cual se acepta el proyecto de la construcción, implementación y puesta en marcha de la Apps, esto va a contribuir de manera positiva en las operaciones normales de la empresa.

 ISSN 2007-8102

Tabla 10. Flujos de efectivo

INVERSIÓN INICIAL	2020	2021	2022	2023	2024
- 293,100.00	114,027	123,481	128,766	137,317	181,945

Las evidencias de trabajo de la fase de construcción de la Apps se muestras a continuación en la figura 3

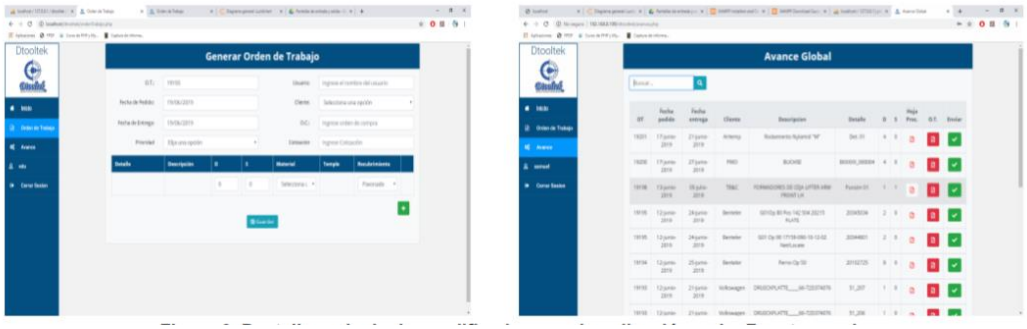


Figura 3. pantallas principales codificadas para la aplicación de la Apps

Trabajo a futuro

Al verificar la viabilidad de la Apps, el siguiente paso es el diseño, implementación y puesta en marcha los 4 módulos de la idea de negocio. Se pretende que la aplicación de desarrollo de software pueda ser comercializada en otras empresas del mismo ramo y/o industrias de la región que realicen operaciones similares o que requieran integración a la industria 4.0, Para la protección de trabajo se iniciaran los tramites de derechos de autor.

Conclusiones

Con base en los resultados obtenidos por medio del estudio de mercado y el análisis financiero, si es factible la construcción de la Apps, la cual permitiría satisfacer las necesidades de información en tiempo real y de esa manera contribuir al desarrollo y mejora continua de las actividades diarias. Cuando se desarrolló la evaluación económica y financiera de la investigación se determinó que el valor presente neto es mayor que cero y la tasa interna de retorno es aceptable con un 34%. Finalmente, el periodo de recuperación de la inversión es de 28 meses, que es un periodo favorable para la empresa.

Referencias

[1] Hernández, R. Fernandez, C. & Baptista M., Metodología de la investigación, México: Mc Graw-Hill/ Interamericana Editores, SA de CV, 2014.

[2] M. Benassini, Introducción a la investigación de mercados, México: Pearson, Educación , 2009.

[3] D. R. Padilla, Contabilidad Administrativa, México : Mc Graw Hill.

[4] G. Baca, Evaluación de proyectos, México: McGraw-Hill, 2013.

[5] L. &. Z. C. Gitman, Principios de administración financiera, México: %Pearson , 2012.

[6] X. y. J. Rodríguez, ¿Cómo planificar un proyecto de inteligencia de negocios?, Barcelona: Editorial Oberta UOC Publishing SL, 2016.

Construcción de una escala para conocer la relación del *mobbing* en la competitividad laboral docente

P. Tamayo Contreras[1], M.Marcela Orozco [2], M. Isela Padilla Contreras[3], Y. De Jesús Méndez Camarillo[1]

[1]Departamento de Gestión y Dirección de Empresas de la División de Ciencias Económico-Administrativas de la Universidad de Guanajuato. Fraccionamiento el Establo, Guanajuato, Gto. C.P. 36250, aeinegocios1@gmail.com y dalanis02@hotmail.com

[2] Dirección de Vinculación y Comunicación Institucional de la Universidad Iberoamericana Campus León. Blvd Jorge Vértiz Campero, 1640 Nte, León,Gto. C.P. 37238, mdesazul@gmail.com

[3] Independiente mirpad26@hotmail.com

Área de participación: *Ingeniería administrativa*

Resumen

En toda institución educativa el capital humano es un factor que puede determinar su triunfo o el fracaso. Un problema que se presenta en las instituciones de educación superior es el *mobbing* y su relación con la competitividad laboral docente. De ahí el objetivo de esta investigación de construir una escala para conocer dicha relación. Se utilizó una muestra de 340 docentes de instituciones particulares de León, Guanajuato, México. La metodología fue cuantitativa, de tipo no experimental y transversal. Se encontró una consistencia importante, el coeficiente alfa de Cronbach fue de 0.895. La relación entre el *mobbing* y el efecto negativo fue significativa en la competitividad laboral docente. Los hallazgos son transcendentales dado que el *mobbing* afecta el desempeño del académico en el proceso de enseñanza y aprendizaje de los estudiantes, y éste se verá perjudicado.

Palabras clave: *mobbing, competitividad, instituciones educativas, docente.*

Abstract

In any educational institution, human capital is a factor that can determine its success or failure. A problem that occurs in higher education institutions is mobbing and its relationship with teacher job competitiveness. Hence the objective of this research to build a scale to know this relationship. A sample of 340 teachers from private institutions in León, Guanajuato, Mexico was used. The methodology was quantitative, non-experimental and transversal. An important consistency was found, the Cronbach's alpha coefficient was 0.895. The relationship between mobbing and the negative effect was significant in teacher job competitiveness. The findings are transcendental given that mobbing affects the academic performance in the teaching and learning process of students, and this will be harmed.

Key words: *mobbing, competitiveness, educational institutions, teaching.*

Introducción

En toda institución educativa el capital humano es un factor que puede determinar el éxito o el fracaso de esta. El desafío administrativo que resolver en las universidades es el *mobbing* y su relación con la competitividad laboral docente, entendiendo por ello la capacidad integral que tiene un docente

para desempeñarse eficazmente en sus actividades académicas. El fenómeno del *mobbing* se observa tanto en las universidades públicas como privadas. No obstante, para la presente investigación se abordarán las del sector privado ubicadas en la ciudad de León, Guanajuato, México. El *mobbing*, definido como el comportamiento individual o de grupo en el que se establecen relaciones de acoso y hostigamiento entre dos o más integrantes de una organización [1].

La persona o grupo que reciben una violencia psicológica injustificada a través de actos negativos y hostiles de sus compañeros o fuera del trabajo por parte de grupos sociales es a lo que se le conoce como "acoso horizontal" entre iguales. En otros casos por parte de sus subalternos en sentido vertical ascendente, o de sus superiores en sentido vertical descendente, también llamado *bossing*, del inglés *boss* [2].

La violencia psicológica se produce de forma sistemática y recurrente durante un tiempo prolongado, a lo largo de semanas, meses e incluso años, y al mismo en ocasiones se añaden "accidentes fortuitos" y hasta agresiones físicas, en los casos más graves. Una situación de acoso muy prolongada en el tiempo, además de enfermedades o problemas psicológicos, puede desembocar, en situaciones extremas, en el suicidio de la víctima y en el ámbito laboral en la competitividad [3].

Se considera a Brodsky como el primer autor que se refiere al trabajador hostigado [4] su estudio es motivado por la promulgación de una nueva ley de condiciones de trabajo en Suecia en ese mismo año. Su libro se centró en la dureza de la vida del trabajador de base en un contexto en el que hay accidentes laborales, agotamiento físico, horarios excesivos, tareas monótonas y problemas. No es hasta el año de 1991 cuando Konrad Lorenz [5] utiliza el término *mobbing* por primera vez para referirse al ataque de un grupo de animales pequeños gregarios que acosaban a un animal solitario de mayor tamaño. Un médico sueco interesado en el comportamiento social infantil fuera del aula tomó de Lorenz (1991) el término para identificar un comportamiento altamente destructivo de pequeñas pandillas de niños, en la mayoría de los casos dirigido en contra de un único niño [6].

La investigación de este tipo de comportamiento infantil se ha desarrollado progresivamente en los últimos veinte años hasta llevarlo al campo laboral a nivel internacional. En el contexto internacional se empieza a reconocer que el *mobbing* es un problema central que sufren los trabajadores en los distintos espacios laborales por ser la acción de un hostigador o varios conducente a producir miedo, terror, desprecio o desánimo en el trabajador y por su nivel de importancia la Organización Internacional del Trabajo genera programas de protección de los trabajadores en cuanto a sus condiciones y medio ambiente de trabajo, en lo que denomina “aumentar la calidad del empleo”, y promueve el término “trabajo decente” entendiendo por éste un trabajo productivo, realizado en condiciones de libertad, seguridad y dignidad [7].

En México el *mobbing* en la educación superior se ha estudiado desde distintas perspectivas, dando énfasis a su relación con la satisfacción, como el trabajo de Muñoz-Chávez & López-Chau que analizaron la dependencia entre las variables *mobbing* y la insatisfacción laboral, con los datos de una muestra obtenida de cuatro Instituciones de Educación Superior (IES) del centro de México. Los hallazgos revelaron la existencia de una fuerte dependencia estadística [8].

Castelli & Valles determinaron mediante una investigación a estudiantes de primer grado de licenciatura de dos universidades de Pachuca, Hidalgo en México una pública y otra privada los alcances del *mobbing* para estudiar el traspaso de este fenómeno de las aulas de clase a las redes sociales digitales e identificar el comportamiento de las agresiones que derivan de esas prácticas. Los resultados mostraron que se trascienden los muros del aula escolar y se magnifica la humillación al compartirla en redes sociales, no sólo con el grupo escolar sino con redes de amistades más amplias. Es decir, hay un traslado de la práctica de *mobbing* del aula a las redes sociales. Los comportamientos de agresión entre pares no sólo aumentan, sino que se modifican conforme se incrementa la edad de las víctimas o victimarios llegando a dañar su satisfacción personal e incluso laboral [9].

Fernández Marín & Garnique Castro se centraron en presentar algunos avances de investigación acerca del *mobbing* en instituciones de educación superior (IES) del centro de México concentrando su análisis en interpretar las posibles causas del *mobbing* y su relación con la satisfacción laboral encontrando algunas raíces del fenómeno en la personalidad y talento de los perpetradores y su afectación en la satisfacción laboral [10].

En suma, los estudios antes indicados y otros más [11] resaltan que el hostigamiento, intimidación o perturbación, o normalmente la conjugación de todas ellas conduce a la insatisfacción laboral originando el abandono del trabajo por parte de la víctima considerada por sus agresores como una molestia o amenaza para sus intereses personales sean estos por ambición de poder, de riquezas, posición social, mantenimiento del statu quo, entre otras más [12].

A nivel internacional sobre el tema en cuestión también se encuentran investigaciones [13] como la de: Okçu & Çetin que examinaron en el Distrito de Siirt en Turquía el nivel de *mobbing* experimentado por maestros; y determinar cómo y en qué medida esto afecta su satisfacción laboral y sus niveles de agotamiento. Como resultado del estudio, se concluyó que el nivel de satisfacción laboral de los docentes disminuye en línea con un aumento en sus experiencias de *mobbing* relacionadas con su profesión y relaciones sociales y, por lo tanto, sus niveles de agotamiento también acrecientan.

Can & Çaglar estudiaron las reglamentaciones escolares aplicadas en Estambul a los maestros que contienen disposiciones conducentes al *mobbing* y su efecto en la satisfacción laboral [14]. Los resultados arrojaron que las prácticas de *mobbing* de las normas escolares causan inquietud, enervación, conflicto, estrés, desconfianza, sentimientos de indignidad y disminución de la motivación como del rendimiento entre los maestros de clase. López-Cabarcos atendieron el papel de algunos factores psicosociales como antecedentes de *mobbing* (exigencias psicológicas cuantitativas, claridad de rol, apoyo social, calidad de liderazgo e influencia) y, a su vez, la relación entre el *mobbing* y la satisfacción laboral de los trabajadores educativos en España [12]. De los factores psicosociales considerados, únicamente las exigencias psicológicas cuantitativas, la claridad de rol y la calidad del liderazgo, predicen la aparición de procesos de *mobbing*. Por su parte, el número de conductas de *mobbing* se relaciona de forma negativa con dos de las dimensiones de la satisfacción laboral consideradas (la supervisión y las prestaciones), mientras que el índice global de acoso psicológico lo hace con la satisfacción con el ambiente físico.

Akar, Nilgün & Sarvan exploraron las relaciones entre las causas percibidas y las dimensiones del *mobbing* y dos importantes consecuencias organizacionales, la satisfacción laboral y la intención de rotación en empleados educativos que trabajan para las pequeñas y medianas empresas que operan en la industria agrícola en Antalya, Turquía, el resultado fue que las víctimas de *mobbing* mostraron niveles muy bajos de satisfacción laboral y la mayoría de ellas tenían la intención de dejar el trabajo [15]. Tengilimoğlu, Mansur & Dziegielewski estudiaron la relación del mobbing con el compromiso organizacional, la eficiencia de los empleados, la motivación, la satisfacción laboral y el posible agotamiento del personal en empleados administrativos en un hospital universitario en Ankara, Turquía concluyendo, que existe una importancia significativa entre el *mobbing* y las respuestas afectivas y la continuidad del empleo. Además, de que este tipo de comportamientos en el entorno laboral incluyen: estrés laboral, problemas administrativos, de supervisión, gestión y desempeño laboral [16].

Así como los estudios antes indicados el problema del *mobbing* y la satisfacción laboral también se ha estudiado desde algunas de sus causas donde el conflicto de rol y la ambigüedad de rol junto con el *engagement* son predictores significativos de la satisfacción laboral [17]. No obstante, es necesario abordar el *mobbing* desde la competitividad laboral académica y conocer su relación. Por tanto, el objetivo de la presente investigación es la construcción de una escala para conocer la relación del *mobbing* en la competitividad laboral docente.

Metodología

Participantes

De una población de 784 profesores de 23 universidades privadas de la ciudad de León, Guanajuato, México fueron seleccionados 340 de manera aleatoria simple considerando los registros de las universidades. El margen de error fue de 4% bajo la fórmula margen de error simplificada [18]. La muestra se integró por 519 hombres y 265 mujeres (Medad = 43.73 años; DE = 9.60). El nivel educativo promedio fue alto a nivel maestría y doctorado en su gran mayoría. En el estado civil, el de casado fue el de porcentaje más alto (62.6%).

Instrumento

Se utilizó la guía metodológica del proceso recursivo de desarrollo, análisis y comprobación de medida [19]. Se desarrollaron 20 reactivos, las preguntas se construyeron tomando en cuenta la revisión bibliográfica y cuidando el cumplimiento del código deontológico; posteriormente fueron revisados por jueces versados en el tema de la presente investigación, de igual manera mediante una prueba de comprensión de la población materia del estudio, y se realizaron los ajustes correspondientes. La escala utilizada fue la de Likert, de 1 a 6, con los siguientes criterios: «un poco de acuerdo» con valores de 1, «de acuerdo» 2, «totalmente de acuerdo» 3, «un poco en desacuerdo» 4, «en desacuerdo» 5, y «totalmente en desacuerdo» 6.

Diseño y procedimiento

El procedimiento fue cuantitativo, de tipo no experimental y transversal, para realizarlo se utilizó la vía telefónica y el correo electrónico de los académicos a quienes se les comunicó sobre la investigación y su importancia. Los docentes aceptaron colaborar de manera facultativa y respondieron de forma anónima. La aplicación del instrumento de medición fue mediante correo electrónico para asegurar el derecho de privacidad y de información. En todo momento se mantuvo correspondencia con los académicos para aclarar cualquier duda.

Análisis de los datos

Se realizó con el programa SPSS® 25.0 para Windows®, se calcularon los estadísticos descriptivos por *ítem*, el alfa de Cronbach si se elimina el *ítem* y se realizó la prueba de discriminación entre cuartiles bajo (percentil 25) y alto (percentil 75) con apoyo en la *t* de *Student* para probar la diferencia y eliminar los reactivos no válidos. Y se aplicó la correlación de Pearson.

Resultados y discusión

La consistencia interna fue importante, el coeficiente alfa de Cronbach alcanzó un 0.895 los promedios de calificación de las opiniones cayeron en un rango de una media de 2.91 con una desviación estándar de 0.471 (tabla 1).

Tabla 1. Análisis descriptivo y de consistencia interna de las opiniones de los docentes (n = 784).

número de variables 20, α_{total} = .895, M_{total} = 2.91 y DE = $_{total}$ .471	**Alfa si se elimina el ítem**	**M**	**DE**
1. ¿Los comentarios negativos afectan su inteligencia?	0.935	3.07	.704
2. ¿Los insultos reducen su expresión o capacidad de escuchar?	0.889	2.94	.795
3. La negación de manera consistente a tomar en cuenta sus soluciones a resolver un problema académico ¿le afecta emocionalmente?	0.896	2.99	.942
4. la mirada de modo hostil por la manera en que toma decisiones en su proceso de enseñanza ¿influye en su productividad académica?	0.901	2.88	.863
5. ¿El regaño injusto por su forma de pensar impacta en su autoestima?	0.905	2.91	1.044
6. ¿Los rumores por su manera de razonar impactan en su sociabilización?	0.894	2.81	.934
7. ¿El ignorar sus aportaciones afecta su manera de procesar y organizar elementos visuales u otro tipo de información?	0.847	3.07	.704
8. ¿La exclusión de reuniones sociales relacionadas con el trabajo afecta su integración en trabajar en equipo?	0.911	2.93	.929
9. ¿El trato de un modo condescendiente le afecta en el proceso de enseñanza?	0.935	3.07	.797
10. ¿La demostración de poca empatía en la necesidad de contar con materiales adecuados para la enseñanza reduce su responsabilidad educativa?	0.935	2.96	1.013
11. ¿El comportamiento de marcharse con rapidez de un lugar cuando usted entra alteran su integridad y honestidad?	0.935	3.05	.962
12. ¿Los gritos de un modo hostil no le permiten pensar creativamente?	0.896	2.87	.794
13. ¿Las bromas de mal gusto influyen de manera negativa en su liderazgo?	0.909	2.89	1.063
14. ¿La carencia de expresión por parte de sus compañeros de defender sus ideas o planes ante otros influye negativamente en su capacidad de negociación?	0.892	2.82	.938

15. ¿El intento de volver a otros contra usted influye negativamente en su rendimiento académico?	0.902	2.89	.975
16. ¿La interferencia sin consentimiento con sus actividades laborales disminuye su capacidad de buscar, organizar y evaluar información?	0.935	2.78	.751
17. ¿La llegada tarde de manera consistente a reuniones que usted convoca alteran su capacidad de comunicación?	0.884	2.80	.786
18. El que las autoridades académicas no resuelvan nada respecto a asuntos que son importantes para usted ¿influye de manera negativa en su iniciativa académica?	0.935	3.08	.698
19. ¿La cantidad de trabajo excesiva reduce la calidad de sus exposiciones escolares?	0.935	3.04	.712
20. ¿El impedimento a la libertad de expresión influye en cambiar su comportamiento de activo a pasivo?	0.904	2.90	.852

Fuente: Elaboración propia.

El análisis de discriminación de las opiniones derivó en lo esperado, los resultados del grupo bajo fueron menores que las del grupo alto. La diferencia resultó estadísticamente significativa. De igual manera se notó que el grupo alto presentó menos variabilidad en comparación con el grupo bajo (Tabla 2).

Tabla 2. Análisis de discriminación y comparación del grupo bajo con el grupo alto por factor de las opiniones de los directivos ($n_{Grupo\ bajo}$ =214 y $n_{Grupo\ alto}$ =405, con 95% de intervalo de confianza y gl =647).

items	**M_b**	**DE**	**M_a**	**DE**	***t de Student***
1. ¿Los comentarios negativos afectan su inteligencia?	2.56	.639	3.39	.769	-13.719
2. ¿Los insultos reducen su expresión o capacidad de escuchar?	2.04	.346	3.39	.796	-24.123*
3. La negación de manera consistente a tomar en cuenta sus soluciones a resolver un problema académico ¿le afecta emocionalmente?	2.00	.635	3.51	.927	-21.870*
4. la mirada de modo hostil por la manera en que toma decisiones en su proceso de enseñanza ¿influye en su productividad académica?	1.80	.402	3.36	.795	-27.614*
5. ¿El regaño injusto por su forma de pensar impacta en su autoestima?	1.60	.490	3.56	.925	-29.472*
6. ¿Los rumores por su manera de razonar impactan en su sociabilización?	1.76	.429	3.45	.779	-30.124*
7. ¿El ignorar sus aportaciones afecta su manera de procesar y organizar elementos visuales u otro tipo de información?	2.56	.639	3.39	.769	-13.719*
8. ¿La exclusión de reuniones sociales relacionadas con el trabajo afecta su integración en trabajar en equipo?	1.88	.335	3.51	.880	-26.705*
9. ¿El trato de un modo condescendiente le afecta en el proceso de enseñanza?	2.36	.627	3.49	.830	-17.862*
10. ¿La demostración de poca empatía en la necesidad de contar con materiales adecuados para la enseñanza reduce su responsabilidad educativa?	1.84	.368	3.61	.962	-26.587*
11. ¿El comportamiento de marcharse con rapidez de un lugar cuando usted entra alteran su integridad y honestidad?	1.96	.346	3.66	.936	-26.184*
12. ¿Los gritos de un modo hostil no le permiten pensar creativamente?	1.92	.272	3.37	.708	-29.447*
13. ¿Las bromas de mal gusto influyen de manera negativa en su liderazgo?	1.60	.490	3.56	.948	-28.855*
14. ¿La carencia de expresión por parte de sus compañeros de defender sus ideas o planes ante otros influye negativamente en su capacidad de negociación?	1.84	.368	3.47	.830	-28.002*
15. ¿El intento de volver a otros contra usted influye negativamente en su rendimiento académico?	1.76	.429	3.53	.855	-29.160*
16. ¿La interferencia sin consentimiento con sus actividades laborales disminuye su capacidad de buscar, organizar y evaluar información?	1.96	.197	3.26	.678	-27.989*
17. ¿La llegada tarde de manera consistente a reuniones que usted convoca alteran su capacidad de comunicación?	1.88	.326	3.28	.687	-28.886*
18. El que las autoridades académicas no resuelvan nada respecto a asuntos que son importantes para usted ¿influye de manera negativa en su iniciativa académica?	2.60	.635	3.39	.770	-13.254*
19. ¿La cantidad de trabajo excesiva reduce la calidad de sus exposiciones escolares?	2.48	.642	3.36	.766	-14.737*
20. ¿El impedimento a la libertad de expresión influye en cambiar su comportamiento de activo a pasivo?	1.88	.326	3.40	.802	-27.305*

* $p < .001$

Fuente: Elaboración propia.

Se encontró una asociación de las variables del *mobbing* con la competencia laboral docente, los resultados fueron relevantes tanto para cada variable que oscilo desde 0.913 hasta 0.973 (tabla 3).

Tabla 3. Correlación de las variables del *mobbing* con la competencia laboral docente (n = 784).

Factor efectos del estrés, número de variables 26, r_{total} = .949**	
Psicológicas	**r**
1. ¿Los comentarios negativos afectan su inteligencia?	.913**
2. ¿Los insultos reducen su expresión o capacidad de escuchar?	.953**
3. La negación de manera consistente a tomar en cuenta sus soluciones a resolver un problema académico ¿le afecta emocionalmente?	.960**
4. la mirada de modo hostil por la manera en que toma decisiones en su proceso de enseñanza ¿influye en su productividad académica?	.964**
5. ¿El regaño injusto por su forma de pensar impacta en su autoestima?	.968**
6. ¿Los rumores por su manera de razonar impactan en su sociabilización?	.958**
7. ¿El ignorar sus aportaciones afecta su manera de procesar y organizar elementos visuales u otro tipo de información?	.913**
8. ¿La exclusión de reuniones sociales relacionadas con el trabajo afecta su integración en trabajar en equipo?	.973**
9. ¿El trato de un modo condescendiente le afecta en el proceso de enseñanza?	.936**
10. ¿La demostración de poca empatía en la necesidad de contar con materiales adecuados para la enseñanza reduce su responsabilidad educativa?	.969**
11. ¿El comportamiento de marcharse con rapidez de un lugar cuando usted entra alteran su integridad y honestidad?	.952**
12. ¿Los gritos de un modo hostil no le permiten pensar creativamente?	.960**
13. ¿Las bromas de mal gusto influyen de manera negativa en su liderazgo?	.972**
14. ¿La carencia de expresión por parte de sus compañeros de defender sus ideas o planes ante otros influye negativamente en su capacidad de negociación?	.956**
15. ¿El intento de volver a otros contra usted influye negativamente en su rendimiento académico?	.965**
16. ¿La interferencia sin consentimiento con sus actividades laborales disminuye su capacidad de buscar, organizar y evaluar información?	.915**
17. ¿La llegada tarde de manera consistente a reuniones que usted convoca alteran su capacidad de comunicación?	.948**
18. El que las autoridades académicas no resuelvan nada respecto a asuntos que son importantes para usted ¿influye de manera negativa en su iniciativa académica?	.909**
19. ¿La cantidad de trabajo excesiva reduce la calidad de sus exposiciones escolares?	.915**
20. ¿El impedimento a la libertad de expresión influye en cambiar su comportamiento de activo a pasivo?	.967**

** $p < .01$

Fuente: Elaboración propia.

Es de notarse la influencia significativa del *mobbing* en sus distintas manifestaciones hacia la competitividad laboral docente. Cada expresión del *mobbing* como los comentarios negativos; los insultos; la negación de manera consistente a tomar en cuenta las soluciones; la mirada de modo hostil por la manera en que se toma decisiones en el proceso de enseñanza; el regaño injusto; los rumores; la ignorancia en las aportaciones; la exclusión en las reuniones sociales; el trato condescendiente; la poca empatía; el ignorar a la persona; los gritos; las bromas de mal gusto; la escases de apoyo; el poner a alguien en contra de otro; la injerencia sin consentimiento; la carencia de puntualidad; la falta de una solución pronta; el trabajo excesivo y el coartar la libertad de expresión tienen un efecto negativo en la competitividad de un académico.

Trabajo a futuro

Se apertura con el presente trabajo nuevas líneas de interés para profundizar sobre los efectos del *mobbing* en la competitividad, tales como conocer el nivel de afectación en el docente dependiendo del género, el nivel educativo, los años de pertenencia del académico en la institución educativa, su nacionalidad, edad y estado civil. Asimismo, de qué medidas preventivas pueden aplicarse para evitar el *mobbing* laboral. O en su caso, las soluciones para atender el fenómeno cuando ya esté presente.

Conclusión

Se consiguió una escala para conocer la relación del *mobbing* en la competitividad laboral docente. Los resultados ayudarán al diseño en la política educativa para evitar los efectos negativos en la productividad de los mentores. La asociación entre las expresiones comunes del *mobbing* con la competitividad laboral docente exhortan a las instituciones educativas de educación superior a que implementen acciones que conduzcan hacia un clima organizacional positivo. La investigación fortalece las exploraciones sobre el fenómeno del *mobbing* aportando un nuevo esquema para conocer los efectos perjudiciales de los mismos en la competitividad.

Referencias

[1] Piñuel Zabala, I., & Oñate Cantero, A. (2006). La evaluación y diagnóstico del mobbing o acoso psicológico en la organización: el barómetro Cisneros. Revista de Psicología Del Trabajo y de Las Organizaciones, 22(3), 309–332. Retrieved from http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=a9h&AN=24959020&site=ehost-live

[2] Aktan, M., & Aktas, A. (2015). Legal protection against a psychological harrasment “mobbing” in work place. Proceedings of the Multidisciplinary Academic Conference, 1–8. Retrieved from http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=a9h&AN=101154734&site=ehost-live

[3] Constantinescu, V. (2014). Mobbing: Psychological Terror in the Workplace. Proceedings of the Scientific Conference AFASES, 2, 511–514. Retrieved from http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=a9h&AN=96568375&site=ehost-live

[4] Brodsky, C. M. (1976). The harassed worker. Toronto: Lexington Books Heath and Company

[5] Lorenz, K. (1991). ¿I am-where are you? The behavior of geese. München: Piper

[6] Heinemann, K. (1992). Psychological violence at work. Two explorative studies. Undersokningsrapport, 42 (17). Retrieved from https://www.redalyc.org/pdf/818/81802905.pdf

[7] Verona Martel, M. C., Déniz Mayor, J. J., & Santana Mateo, R. (2014). Consecuencias Y Responsabilidades De La Empresa Ante El Mobbing. Ciencia y Sociedad, 39(3), 413–440. https://doi.org/10.22206/cys.2014.v39i3.pp413-440

[8] Muñoz-Chávez, J. P., & López-Chau, A. (2018). Mobbing Y Satisfacción Laboral en Docentes De Instituciones De Educación Superior Del Centro De México. Una Evidencia Empírica Sobre Su Relación. Ciencia y Sociedad, 43(4), 13–21. https://doi.org/10.22206/cys.2018.v43i4.pp13-21

[9] Castelli Olvera, A. K., & Valles Ruiz, R. M. (2018). Del aula a Las redes sociales: cyberbullying en dos universidades de Pachuca, Hidalgo (México). Ánfora, 25(44), 233–251. Retrieved from http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=a9h&AN=129040277&site=ehost-live

[10] Fernández Marín, S. K., & Garnique Castro, F. (2014). Acoso Laboral (Mobbing). Análisis, Propuestas Y Recomendaciones Para Instituciones De Educación Superior. Gestión y Estrategia, (45), 81–94. Retrieved from http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=fua&AN=98497111&site=ehost-live

[11] Einarsen, S., & Johan Hauge, L. (2006). Antecedentes y consecuencias del acoso psicológico en el trabajo: una revisión de la literatura. Revista de Psicología Del Trabajo y de Las Organizaciones, 22(3), 251–273. Retrieved from http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=fua&AN=24959017&site=ehost-live

[12] López-Cabarcos, M. Á., Vázquez-Rodríguez, P., & Montes-Piñeiro, C. (2010). Mobbing: Antecedentes psicosociales y consecuencias sobre la satisfacción laboral. Revista Latinoamericana de Psicología, 42(2), 215–224. Retrieved from

http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=a2h&AN=52980726&site=ehost-live

[13] Okçu, V., & Çetin, H. (2017). Investigating the Relationship among the Level of Mobbing Experience, Job Satisfaction and Burnout Levels of Primary and Secondary School Teachers. Universal Journal of Educational Research, 5(1), 148–161. Retrieved from http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=eric&AN=EJ1124614&site=ehost-live

[14] Can, E., & Çaglar, H. (2017). Examination of School Principals' Mobbing Practices against Class Teachers. Online Submission, 3. Retrieved from http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=eric&AN=ED593917&site=ehost-live

[15] Akar, N. Y., Nilgün Anafarta, & Sarvan, F. (2011). Causes, Dimensions and Organizational Consequences of Mobbing: An Empirical Study. Ege Academic Review, 11(1), 179–191. Retrieved from http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=bth&AN=61478681&site=ehost-live

[16] Tengilimoğlu, D., Mansur, F., & Dziegielewski, S. (2010). The Effect of the Mobbing on Organizational Commitment in the Hospital Setting: A Field Study. Journal of Social Service Research, 36(2), 128–141. https://doi.org/10.1080/01488370903578082

[17] Orgambídez-Ramos, A., Pérez-Moreno, P. J., & Borrego-Alés, Y. (2015). Estrés de rol y satisfacción laboral: examinando el papel mediador del engagementen el trabajo. Revista de Psicología Del Trabajo y de Las Organizaciones, 31(2), 69–77. Retrieved from http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=eoah&AN=35953656&site=ehost-live

[18] Hernández, S. R., Fernández, C.C., y Baptista, L. P. (1991). Metodología de la investigación (2ª ed.). México: Mc Graw Hill.

[19] Ortiz Vancini, C. & Guevara Sanginés, M.L. (2001). *Estudio de opinión: empleadores reales y potenciales sobre la Universidad de Guanajuato* / Plan de Desarrollo Institucional 2001. Guanajuato: Universidad de Guanajuato

Estado actual del concepto de democratización energética

M. Islas
Departamento de Planeación Estratégica y Dirección de Tecnología, Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla, 21 sur #1103, Barrio de Santiago
C.P. 72410, Puebla, Pue., México
mauislastodd@gmail.com

***Área de participación**: Ingeniería Administrativa*

Resumen

El presente trabajo muestra una investigación documental y exploratoria con el objetivo de definir el estado actual del concepto de democratización energética, que establece las bases de su aportación al modelo de transición, por medio de revisión bibliográfica en repositorios digitales que integra literatura global desarrollada a lo largo del siglo XXI. La técnica sintética de análisis da como resultado un concepto fundamentado sobre tres grandes dimensiones: la del movimiento social con sus tres niveles de independencia, del participante activo, el prosumidor y la soberanía energética; la de un cambio de paradigma en el sistema político e institucional, dirigido hacia la gobernanza, desmercantilización del sector y justicia energética; y, por último, la del uso eficiente de las fuentes y tecnologías limpias y renovables.

***Palabras clave**: Democracia energética, Transición energética, Movimiento social*

Abstract

This paper presents a documentary and exploratory research with the object of defining the current state of the concept of energy democratization, which establishes the bases of its contribution to the transition model, by means of bibliographic review in digital repositories that integrate global literature developed throughout the 21st century. The synthetic technique of analysis results in a concept based on three main dimensions: the social movement with its three levels of independence, of the active participant, the prosumer, and energy sovereignty; that of a change of paradigm in the political and institutional system, directed towards governance, decommodification of the sector, and energy justice; finally, that of the efficient use of clean and renewable sources and technologies.

***Key words**: Energy democracy, Energy transition, Social movement*

Introducción

La creciente problemática medioambiental, las tendencias que apuntan hacia el desarrollo de ciudades cada vez más sostenibles e inteligentes y el accionar de sociedades organizadas e interesadas en mejorar los sistemas energéticos — desde el proceso de generación por medio de fuentes limpias y renovables, sus medios de distribución, el aprovechamiento eficiente y responsable de la energía, hasta la reducción de costos — han conducido a un cambio de paradigma, a la creación de un modelo de transición energética cada vez más descarbonizado, digital, distribuido y sobre todo democrático; que trascienda en un cambio estructural del sistema a largo plazo, basado en la explotación de fuentes renovables y en la eficiencia energética, que valorice los recursos disponibles en cada zona geográfica y privilegie las necesidades locales [1].

La descarbonización se entiende como la incorporación de fuentes y tecnologías de generación limpias y renovables, predominantemente eólica y solar, que reemplaza la generación convencional basada en petróleo, carbón y gas natural [2]. La digitalización vincula a los nuevos integrantes del sistema, con la conectividad como el factor clave que permite la recolección de datos, monitoreo y control de oferta-demanda, haciendo de este sistema uno más inteligente, eficiente, asequible y sostenible [1], [3]. El concepto de descentralización es concebido como lo opuesto al

sistema eléctrico tradicional, centralizado y unidireccional, reflejando un claro enfoque en el balance energético local [4], donde los usuarios se vuelven participantes activos; capaces de generar, almacenar, consumir y vender su propia energía; convirtiéndose en 'prosumidores' [5]. Por su parte, el concepto de democratización energética presenta una definición más vasta y amplia que dependiendo de la fuente consultada es que se interpreta el significado y alcance del mismo, siendo común confundirlo con los términos de justicia y soberanía energética. Mientras que el concepto de democracia energética gana terreno en los debates de Europa Occidental y los Estados Unidos de América, en el cono sur son más habituales ideas como soberanía energética y justicia energética, quedando discusiones pendientes con el fin de resolver qué es lo que cada una de las partes entiende cuando se proponen dichos conceptos, resaltando el hecho de que todos convergen hacia una perspectiva común de transición energética [6].

La ausencia de claridad en la conceptualización y atributos democratizadores del sector energético generan ambigüedades sobre el fundamento de la inclusión de este término en los pilares que sostienen el modelo de transición energética, ejemplo de ello Thombs [7] reconoció a la definición de democracia energética como una transición justa que ha sido 'ampliamente y a menudo vagamente definida', además de la existencia de sesgo de quienes trabajan en la literatura hacia las tecnologías de energía renovable descentralizadas, dedicados a mostrar las bondades de este tipo de tecnologías sin cuestionar lo perjudicial de los sistemas energéticos centralizados. Así mismo, destacó el postulado abierto de que las injusticias son una función de los sistemas sociales inherentemente desiguales [7]. Surgiendo la necesidad de especificar el concepto actual y definir claramente los términos o herramientas que engloba la democratización del sector, conocer su alcance y así llevarlo a la acción en la gestión social, económica, política y ambiental hacia una transición energética global.

Metodología

Para entender el concepto actual de democratización energética, sus dimensiones y posibles vacíos de integración conceptual, el presente trabajo muestra una investigación documental, exploratoria y sintética que reúne las definiciones aportadas por diferentes autores en literatura desarrollada a lo largo del siglo XXI, mediante revisión bibliográfica en repositorios digitales con el apoyo de los buscadores *EBSCOhost* y *Google Académico* y el uso de palabras clave en idioma inglés y español: democracia/*democracy*, democratización/*democratization* y energía/*energy*. El periodo es delimitado al tiempo en que surge documentación del concepto, vinculado a los primeros debates sobre 'democracia ambiental' y 'justicia climática' [8].

Tabla 1. Asociación de conceptos con las dimensiones de la democracia energética

Autor	S			P-E			MA	Autor	S			P-E			MA	Autor	S			P-E			MA	Autor	S			P-E			MA
	PA	Dc		G	D	J			PA	Dc		G	D	J			PA	Dc		G	D	J			PA	Dc		G	D	J	
		Pr	So							Pr	So							Pr	So							Pr	So				
[5]	✓	✓		✓				[17]	✓	✓		✓				[26]	✓		✓				✓	[35]	✓				✓		✓
[9]					✓	✓		[18]	✓							[27]	✓	✓	✓	✓	✓		✓	[36]		✓	✓		✓	✓	✓
[10]	✓			✓			✓	[19]	✓	✓	✓			✓		[28]	✓	✓		✓	✓			[38]	✓			✓	✓	✓	
[11]	✓		✓	✓		✓	✓	[20]	✓	✓						[29]	✓		✓					[39]	✓					✓	✓
[12]	✓		✓	✓				[21]	✓	✓					✓	[30]	✓	✓	✓	✓	✓	✓		[40]		✓				✓	
[13]	✓			✓	✓	✓	✓	[22]		✓		✓				[31]	✓		✓	✓	✓	✓	✓	[41]			✓			✓	✓
[14]	✓			✓				[23]	✓	✓	✓			✓	✓	[32]	✓		✓		✓		✓	[42]			✓		✓	✓	✓
[15]	✓		✓		✓	✓		[24]	✓		✓		✓	✓	✓	[33]	✓	✓		✓		✓	✓	[43]	✓	✓		✓			✓
[16]	✓							[25]	✓		✓	✓	✓	✓	✓	[34]	✓		✓	✓	✓										

S: Social, PA: Participante activo, Dc: Descentralización, Pr: Prosumidor, So: Soberanía energética, P-E: Político-Económico, G: Gobernanza, D: Desmercantilización, J: Justicia energética, MA: Medioambiental

Fuente: Elaboración propia

Con la información recabada se realiza un análisis comparativo de los conceptos propuestos, términos coincidentes y diferencias que son identificadas y posibilitan la segregación de términos en diferentes esferas conceptuales con el fin de desarrollarlos dentro de las secciones del trabajo y alcanzar un consenso integral sobre el concepto actual de democracia energética. La técnica de análisis y obtención de resultados se basa en lo plasmado en la Tabla 1, que inicia con la asociación del contenido que presenta el concepto aportado por cada uno de los autores sobre las dimensiones

 ISSN 2007-8102

genéricas: social, político-económico y medioambiental; para posteriormente ser ubicadas dentro de las ramificaciones propiamente identificadas a partir del conjunto de conceptos estudiados.

Resultados y discusión

Dimensiones de la democracia energética

Los conceptos hallados en la literatura se extienden e integran sobre una mezcla de diferentes dimensiones que, sujeto a la realización de la investigación exploratoria se determina convergen en la inclusión de tres grandes dimensiones que forman el concepto actual de democracia energética y es resumido dentro de la Figura 1.

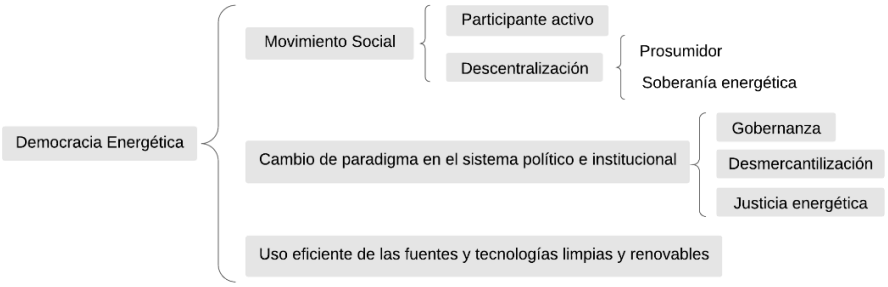


Figura 1. Dimensiones de la democracia energética. Fuente: Elaboración propia.

La democratización del sector inicia su concepción en la dimensión de movimiento social, apareciendo dentro de los debates sobre democracia ambiental y justicia climática [8], en la búsqueda por llevar energía eléctrica de bajo costo a los habitantes de regiones remotas que no forman parte del sistema eléctrico interconectado [9], que haga justicia a las comunidades más desfavorecidas, combata las desigualdades del sector y ponga fin a la pobreza energética. Otra de las grandes dimensiones que aborda la democratización energética es un cambio de paradigma, una reestructuración del sistema político e institucional donde todos y cada uno de los actores del sistema energético sean considerados dentro de la toma de decisiones del propio sector, reconfigurando las relaciones de poder y gobernanza [10], mostrando un verdadero vínculo con el principio de democracia. La última de las tres grandes dimensiones comprende la explotación de fuentes y uso de tecnologías limpias y renovables que, por su capacidad de ser distribuidas como la tecnología eólica y solar, aunado a los beneficios económicos que representan con la caída de sus costos en los últimos años, se ven favorecidas sobre otras tecnologías para ser adaptados dentro de un sistema en transición, descentralizado, que valorice los recursos y privilegie las necesidades locales, siempre con un sentido de consumo eficiente y responsable. Sin embargo, el debate continúa y la amplificación de su injerencia y desarrollo sobre las diferentes dimensiones y etapas del sistema han creado un concepto disputado, flexible y cambiante, con un creciente dinamismo que genera mayor diversidad de conceptualización y por lo tanto de entendimiento, mismo que trata de ser explícitamente detallado a fin de conocer el alcance de su estado actual.

Democracia energética como movimiento social

La dimensión que más hace referencia al concepto de democracia energética, donde el término surge y es ligado a un movimiento social que tiene como propósito llevar energía eléctrica a comunidades de regiones remotas que no forman parte del sistema eléctrico interconectado. Dirigido a la participación de los ciudadanos en el sector energético, a quienes Van Veelen y Van der Horst [11] llaman ‘ciudadanos de la energía’, y la definen como un “Anteproyecto para un mundo ideal donde los sistemas de energía están más descentralizados y controlados socialmente”. También se halla quien lo visualiza como una ‘utopía futura que se ganará’ o “una serie continua de múltiples luchas sobre quién posee y controla la energía y cómo, dónde y para quién se produce y consume energía” [12].

Se ha identificado de entre las diversas conceptualizaciones presentadas que hacen referencia a la democracia energética como movimiento social la existencia de tres niveles de

participación e independencia dentro del sector energético, comenzando por el de menor intromisión en el sistema centralizado, el de un ’participante activo’, donde el usuario pasa de ser un consumidor pasivo de servicios básicos a uno que es partícipe de las decisiones en torno a los servicios que recibe, con capacidad de influir en la operación y buen desarrollo del sistema, con plena libertad de seleccionar el tipo de energía que consume así como su proveedor de servicios. En una segunda subdivisión se encuentra al par de líneas que son descentralizadoras del sistema, por una parte, el rol del ciudadano como ‘prosumidor’, aprovechando fuentes y tecnologías de generación distribuida como eólica y solar para la producción de energía, y su intervención sobre toda la cadena de valor, llegando a poder comercializarla en el mercado local; y el de mayor grado de independencia o participación, las comunidades que alcanzan la ‘soberanía energética’, con control total sobre cómo se usa y genera localmente la energía, siendo las mismas comunidades propietarias de los proyectos energéticos.

Participante Activo

Concepto que abarca varios llamados de los movimientos sociales, grupos de expertos, sindicatos y partidos políticos en la búsqueda de sistemas de energía más justos, democráticos y sostenibles, basado en el entendimiento básico de que las decisiones que dan forma a nuestras vidas deben establecerse en conjunto [13], con participación y extendiendo la toma de decisiones energéticas a un número creciente de actores en la red para incluir más activamente a los consumidores [14], [15], [16]. Cada ciudadano o comunidad tiene el conocimiento y es capaz de elegir el tipo de energía que consume, cómo se produce, con qué propósito y quién posee y opera los sistemas de energía, mismo que funge como proveedor de servicios [17], [18], posibilitando que la influencia de los usuarios en el sistema sea de apoyo a sus propios intereses ecológicos, económicos y sociales, haciendo de este sistema uno que beneficie a las comunidades, en oposición a la búsqueda de lucrar como ha prevalecido a lo largo de varios años con los grandes grupos empresariales y el propio estado, percibiendo a la democratización de la energía como motor de desarrollo.

Prosumidor

La primer vertiente del movimiento social descentralizador es la de migrar de la posición de un consumidor cautivo del sistema a un consumidor-generador, reimaginado como ‘prosumidor’ [19] que ocupe el centro del modelo [17], explotando ese potencial para redistribuir el poder y determinar el tipo de tecnología de generación distribuida que mejor le conviene adoptar para la producción de energía local [20], [21], participando en las decisiones de cada etapa, desde la producción hasta la comercialización al consumidor final [19], idealizado como un nuevo sujeto político [22] que se desempeña como conductor para el empoderamiento y la autodeterminación de la comunidad [23].

Soberanía energética

El mayor grado de descentralización e independencia social se logra con un cambio decisivo en trasladar el control y poder a los colectivos y comunidades [15], [24] — así como también es demandado por los trabajadores del sector [25] — donde los residentes de las comunidades son innovadores, planificadores y tomadores de decisiones sobre cómo utilizar y generar energía local [26], en general, el diseño de energía con roles prominentes en la prestación de servicios de energía [23], participando de manera plena al ser las mismas comunidades propietarias de proyectos energéticos, con acceso al proceso, controlando localmente cómo se distribuye la energía [27], incluso se posibilita la adaptación a un modelo en que los recursos energéticos y la infraestructura ya existente está bajo control público-ciudadano disponible para ser gestionado [28], [29], adquiriendo así la soberanía popular [30]. En este aspecto, el concepto que mejor parece englobar los tres niveles de participación en la dimensión de movimiento social es la que propone Szwed y Maciejewska [31]: La idea como ‘poder para la gente’, aprovechando las posibilidades tecnológicas de ‘crear un sector cívico de energía’ y ‘ganando el control social sobre las fuentes de energía’, ligada al proceso en el que la propiedad y el control de la producción de energía y la gobernanza pasan de un modo centralizado a uno disperso.

Estas formas variadas tanto de empoderamiento y organización individual y colectiva como de redistribución de la propiedad, son utilizadas como instrumento para lograr transformaciones socioambientales e incluso ’desmercantilizar’ la provisión de energía [32], dando paso a otro par de

dimensiones que integra la democracia energética: el cambio en el sistema político e institucional y el uso eficiente de las fuentes y tecnologías limpias y renovables.

Cambio de paradigma en el sistema político e institucional

La segunda gran dimensión de la democracia energética se encuentra íntimamente ligada a las protestas de los emergentes movimientos sociales que exigen mayor participación en las decisiones y control en torno al funcionamiento del sistema energético, contando con espacios para que las comunidades expresen sus ideas y sean representadas con lugares dentro de la estructura política e institucional en la búsqueda por garantizar el acceso democrático a la energía, haciendo justicia a los que han sido tradicionalmente olvidados y defendiendo sus intereses económicos y sociales, en miras de un sistema energético más social y menos lucrativo. Es así como la dimensión de un cambio de paradigma en el sistema político e institucional se integra al concepto de democracia energética, resaltando tres líneas principales desarrolladas de este rubro, el de la 'gobernanza', la 'desmercantilización' del sector y la 'justicia energética'.

Gobernanza

La democracia energética refiere a los llamados políticos y a la institucionalización de formas más participativas de suministro de energía y gobernanza [33], sumar a la ciudadana en la toma de decisiones democráticas con respecto al uso de electricidad, la participación en la gobernanza energética y la formulación de políticas [5]. El surgimiento de nuevos temas políticos como el del revolucionario sector energético plasmado en el modelo de transición energética dentro de la esfera del gobierno, orillan a llevar a cabo transformaciones en la organización del sistema actual y el proceso de toma de decisiones en el sector energético que abogue por la reforma, mostrando un verdadero vínculo con el principio de democracia [11], bajo un marco conceptual para la acción política, capaz de integrar la energía y las luchas climáticas [13] que reconfiguran fundamentalmente las relaciones de poder, gobernanza y toma de decisiones dentro del sector [10].

La propiedad pública, con su control democrático altamente asociado de representatividad sobre corporaciones públicas centralizadas y en condiciones de plena competencia, y la privatización, con su promesa ilusoria de empoderamiento individual a través de la democracia de los accionistas y la soberanía del consumidor [34], representan el llamado urgente a la transición y la búsqueda de una nueva gubernamentalidad con nuevos sujetos políticos [22], implicando un sistema energético que es democrático [14], con su objetivo político ideal — gobernanza participativa — en el que los ciudadanos son los destinatarios, las partes interesadas y los titulares de cuentas de toda la política del sector energético [30], es decir, donde la gobernanza pasa de un modo centralizado a uno disperso [31] con el objeto de cambiar el modelo, pasando de un consumidor cautivo del sistema a uno que ocupe el centro del modelo [17], transformando el sistema energético para el localismo y la demanda individual [27] que afirme el control comunitario y democrático [25].

Desmercantilización

La necesidad de resistir la agenda dominante de las grandes corporaciones energéticas y sus aliados y la necesidad de reclamar a la esfera pública partes de la economía energética que han sido privatizadas o comercializadas [25], son demandas de los trabajadores del sector energético que se unen a las causas sociales expuestas por los usuarios del sistema. Lograr un cambio de poder de la oligarquía corporativa al control democrático de las decisiones económicas que se requieren con tanta urgencia [35], alcanzado cuando los ciudadanos y las comunidades pueden generar su propia energía, incluso cuando perjudica financieramente a las corporaciones energéticas [36], residentes y comunidades adquiriendo el poder de tomar decisiones sobre las inversiones en energía [27] que garantizan la creación de riqueza local [25], siendo así un instrumento para lograr desmercantilizar la provisión de energía [32], anteponiendo el desarrollo social sobre el principio lucrativo [13].

Justicia energética

Poder llevar energía eléctrica de bajo costo a los habitantes de regiones remotas que no forman parte del sistema eléctrico interconectado [9], definición que ha sido repetida constantemente a lo largo de este trabajo, es un claro ejemplo de las desigualdades que aún envuelven al sistema energético global, contando con acceso a electricidad únicamente el 89% de la población mundial, y en zonas rurales solo el 78% de sus habitantes [37]. La democracia energética comienza en el nexo

entre justicia, participación y poder, este nexo proporciona un punto de control para examinar cómo la democracia energética es un proceso de toma de decisiones grupales caracterizado por la equidad [19]; con ciudadanos movilizados en el proyecto de transiciones energéticas en pequeños grupos de hogares y vecinos representando las luchas sociales, políticas y económicas, contra los servicios públicos y los sistemas de energía a gran escala, afrontadas con compromiso cívico y de participación pública [38].

Involucra la creación de un "sector cívico de energía" [31], con distribución justa de los beneficios [39], [15], conceptualización compartida con la de muchos otros autores que definen a la democratización del sector con un sistema energético más equitativo, menos concentrado, donde los beneficios están dispersos [40], [11] adicional al de garantizar el acceso equitativo a energía asequible y suficiente [24], [41], con oportunidades para la participación y el control de los ciudadanos, acceso a la energía y seguridad energética [33], forjando el camino hacia una mejor calidad de vida, con comunidades más fuertes y mejores relaciones personales [36].

De la propuesta conceptual que define a la democratización como la igualdad de acceso a un suministro adecuado de energía verde asequible y propiedad democrática de las instalaciones de producción [42], y las anteriores consideradas en la dimensión del movimiento social con el impulso descentralizador que parte de la adopción y aprovechamiento de tecnologías de generación distribuida como eólica y solar, dan paso a la integración dentro del concepto de democracia energética a la dimensión que explota de manera eficiente a las tecnologías limpias y los recursos renovables para la producción de energía.

Uso eficiente de las fuentes y tecnologías limpias y renovables

Desde el punto de vista del *German Climate Justice Movement* [41], la democracia energética significa que: “Toda persona tiene garantizado el acceso a energía suficiente y que la producción de energía no debe contaminar el medio ambiente ni dañar a las personas. Concretamente, esto significa que los recursos de combustibles fósiles deben permanecer en el suelo, los medios de producción deben socializarse y democratizarse, y que se debe repensar la actitud general hacia el consumo de energía”. Esta visión se centra y pone mayor énfasis en las transformaciones socioambientales, con la necesidad de repensar nuestro consumo energético, apostando por la eficiencia y concientización sobre el uso y explotación de los combustibles fósiles que se han utilizado tradicionalmente perjudicando al medio ambiente y con ello a los seres humanos, a fin de promover el aprovechamiento de las fuentes renovables como el viento y el sol junto con las nuevas tecnologías que incentivan la descentralización de los sistemas energéticos con beneficios sociales.

Abogar por la transición de energía renovable [10] es de las proezas que persigue y forma parte la democracia energética, tal como ya se ha revisado anteriormente la importancia de desarrollar un modelo o cambio de paradigma en que se use y produzca energía que sea local y renovable [26] al que se sume un cambio de poder de los combustibles fósiles a las energías renovables [35] de modo que el consumo y la producción de energía no perjudique a las personas ni al medio ambiente [11].

Donde las formas variadas de organización colectiva y propiedad sean instrumento para lograr transformaciones socioambientales [32] o la definición de movimiento social que prioriza ese potencial para redistribuir el poder a las personas a través de la transformación renovable [21] son ideas que anteceden a la puesta en marcha de las acciones civiles, con residentes de comunidades que logran poseer proyectos de energía renovable en concordancia con los recursos y tecnologías que por elección del mismo prosumidor sea de mayor provecho dadas sus condiciones locales [27], brindando oportunidades para la participación y el control de los ciudadanos, acceso a la energía, seguridad energética y justicia climática [33].

El control social sobre las fuentes de energía [31], junto con la acción política que integre la producción y conservación de energía renovable y las luchas contra el cambio climático [13], apunta hacia una creciente participación en la generación renovable distribuida, de acceso equitativo y precios asequibles que por consecuencia llevan a la comunidad a obtener una mejor calidad de vida [36], [42], [43]. También así, la necesidad de reestructurar el sistema energético global para ampliar masivamente las energías renovables bajas en carbono y la estrategia de implementación agresiva de conservación de energía [23], [25] facilita y da oportunidad a la apertura de un nuevo mercado de productos y servicios energéticos que requiere de personal capacitado en las áreas operativas y de gestión, surgiendo y sumando con ello la creación de ‘buenos empleos verdes’ [24].

Trabajo a futuro

Para la existencia de una verdadera democracia energética se demuestra que es necesaria la plena integración de las sociedades dentro del sector, y junto con ella la formulación de un concepto democrático más robusto que funja como eje conductor de acciones sociales, políticas y ambientales; lo que implica la existencia de ciertos vacíos conceptuales, mismos que requieren ser formulados para que de esta manera sea extendido el alcance democratizador del sector.

Conclusiones

El concepto actual de democracia energética que se ha desarrollado a lo largo del siglo XXI está fundamentado sobre tres grandes dimensiones: la del movimiento social con sus tres niveles de independencia, del participante activo, el prosumidor y la soberanía energética; la de un cambio de paradigma en el sistema político e institucional, dirigido hacia la gobernanza, desmercantilización del sector y justicia energética; y por último, la del uso eficiente de las fuentes y tecnologías limpias y renovables. Todo ello dirigido hacia un modelo de transición energética, donde los ciudadanos toman las decisiones sobre los servicios que reciben, incluso con la libertad para generar y comercializar su propia energía e ir más allá para en comunidad alcanzar la soberanía energética, siendo estos dueños de los proyectos energéticos; mientras los sistemas políticos e institucionales convergen en la búsqueda por garantizar el desarrollo social y acceso democrático a la energía, sobreponiéndose al principio de ganancia o lucro y apostando por el uso eficiente de las fuentes y tecnologías renovables.

Referencias

[1] S. C. Carrizo, “Sobre un nuevo paradigma socio técnico, en pos de una energía 3D: distribuida, descarbonizada y digital,” *ACTAS-Jornadas de Inv.,* pp. 2384-2393, 2018.

[2] P. Cisneros, “Las 3D de Energía: Descarbonización, Digitalización y Descentralización,” 2019. https://www.caf.com/es/conocimiento/visiones/2019/11/las-3-d-de-energia-descarbonizacion-digitalizacion-y-descentralizacion/

[3] L. Cozzi and V. Franza, “Digitalization: A new era in energy? Extract form digitalization & energy report,” *European Energy Journal*, vol. 7, no. 3, pp. 44-53, 2018.

[4] V. Heinisch, “Decentralization in the electricity system: At the household, community and city levels,” Licentiate thesis, Chalmers University of Technology, Sweden, 2019.

[5] S. B. Jacobs, “The energy prosumer”, *Ecology LQ*, vol. 43, p. 519, 2016, doi: 10.15779/Z38XS02

[6] J. Angel, “Hacia la democracia energética,” *Debates y conclusiones de un taller internacional*, Ámsterdam, 2016. https://www.tni.org/files/publication-downloads/hacia_la_democracia_energetica.pdf

[7] R. P. Thombs, “When democracy meets energy transitions: A typology of social power and energy system scale,” *Energy Res. Soc. Sci*., vol. 52, pp. 159-168, 2019, doi: 10.1016/j.erss.2019.02.020

[8] A. Antal, “The impact of U.S.A. and E.U. on environmental and energy democracy in Hungary,” *On-Line Journal Modelling the New Europe*, vol. 17, pp. 13-27, 2015.

[9] J. P. Valencia Quintero, “Generación distribuida: democratización de la energía eléctrica,” *Criterio Libre*, vol. 8, pp. 105-112, 2008. https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4547088

[10] J. P. Angel, “Urban energy democracy: contesting the energy system in London and Barcelona,” Ph.D. dissertation, University of London, 2019.

[11] B. Van Veelen and D. Van der Horst, “What is energy democracy? Connecting social science energy research and political theory,” *Energy Res. Soc. Sci.*, vol. 46, pp. 19-28, 2018, doi: 10.1016/j.erss.2018.06.010

[12] J. Angel. “Strategies of energy democracy”, *Rosa Luxemburg Stiftung*, Brussels, 2016.

[13] C. Kunze and S. Becker, “Energy democracy in Europe: A survey and outlook,” *Rosa Luxemburg Foundation*, Brussels, 2014.

[14] J. Farrell, “A new logo, and a definition of energy democracy,” *Institute for Local Self-Reliance*, Washington, 2016.

[15] A. Cumbers. *Reclaiming public ownership: Making space for economic democracy*. London: Zed Books, 2012.
[16] J. P. Tomain and U. Outka, “Clean power politics: The democratization of energy,” *Energy Law Journal*, vol. 39, no. 2, pp. 541–546, 2018.
[17] Por un cambio de modelo energético, “Hacia la democratización de la energía,” *Seguridad y Medio Ambiente*, no. 1, pp. 30-63, 2013.
[18] S. Sweeney, K. Benton-Connell, and L. Skinner, “Power to the people. Toward democratic control of electricity generation,” 2015.
[19] A. M. Feldpausch-Parker, D. E. Endres, and T. Peterson, “A research agenda for energy democracy,” *Front. Commun.*, vol. 4, p. 53, 2019, doi: 10.3389/fcomm.2019.00053
[20] S. H. Baker, “Mexican energy reform, climate change, and energy justice in indigenous communities,” *Natural Resources Journal*, vol. 56, no. 2, pp. 369-390, 2016.
[21] J. C. Stephens, “Energy democracy: redistributing power to the people through renewable transformation,” *Environment: Science and Policy for Sustainable Development*, vol. 61, no. 2, pp. 4-13, 2019, doi: 10.1080/00139157.2019.1564212
[22] N. Rose, P. O’Malley, and M. Valverde, “Governmentality,” *Annu. Rev. Law Soc. Sci.*, vol. 2, pp. 83-104, 2006, doi: 10.1146/annurev.lawsocsci.2.081805.105900
[23] L. Teron and S. S. Ekoh, “Energy democracy and the city: evaluating the practice and potential of municipal sustainability planning,” *Front. Commun.*, vol. 3, p. 8, 2018.
[24] D. J. Hess, “Social movements and energy democracy: Types and processes of mobilization,” *Front. Energy Res.*, vol. 6, p. 135, 2018, doi: 10.3389/fenrg.2018.00135
[25] S. Sweeney, “Resist, reclaim, restructure: Unions and the struggle for energy democracy,” *Trade Unions for Energy Democracy*, New York, 2012.
[26] Center for Social Inclusion, “Energy democracy,” 2020.
[27] S. Welton, “Grasping for Energy Democracy,” *Michigan Law Review*, vol. 116, no. 4, pp. 581-644, 2018.
[28] M. J. Burke and J. C. Stephens, “Energy democracy: goals and policy instruments for sociotechnical transitions,” *Energy research & social science*, vol. 33, pp. 35-48, 2017.
[29] J. J. del Valle, “Municipios y energía distribuida,” *Revista de Obras Públicas: Órgano profesional de los ingenieros de caminos, canales y puertos*, no. 3584, pp. 50-55, 2017.
[30] K. Szulecki, “Conceptualizing energy democracy,” *Environmental Politics*, vol. 27, no. 1, pp. 21-41, 2018, doi: 10.1080/09644016.2017.1387294
[31] D. Szwed and B. Maciejewska, “Demokracja energetyczna,” Green Inst., Warszawa, 2014.
[32] T. Moss, S. Becker, and M. Naumann, “Whose energy transition is it, anyway? Organisation and ownership of the Energiewende in villages, cities and regions,” *Local Environment*, vol. 20, no. 12, pp. 1547–1563, 2015, doi: 10.1080/13549839.2014.915799
[33] S. Becker and M. Naumman, “Energy democracy: Mapping the debate on energy alternatives,” *Geography Compass*, vol. 11, no. 8, 2017, doi: 10.1111/gec3.12321
[34] A. McHarg, “Community benefit through community ownership of renewable generation in Scotland: power to the people?,” Oxford University Press, 2016.
[35] W. K. Carroll, “Fossil capitalism, climate capitalism, energy democracy: the struggle for hegemony in an era of climate crisis,” *Socialist Studies*, vol. 14, no. 1, 2020.
[36] C. Morris and A. Jungjohann, *Energy democracy*, Germanys Energiewende to renewables, Basingstoke: Palgrave Macmillan, 2016, doi: 10.1007/978-3-319-31891-2
[37] Banco Mundial, “Acceso a la electricidad,” DataBank del Banco Mundial, 2017.
[38] L. L. Delina, “Can energy democracy thrive in a non-democracy?,” *Frontiers in Environmental Science*, vol. 6, p. 5, 2018, doi: 10.3389/fenvs.2018.00005
[39] S. Rovira, “¿Hacia una democracia energética?,” *Jornadas de Urdaibai sobre Desarrollo Sostenible*, vol. 7, no. 1, pp. 137-140, 2002.
[40] P. Bertinat, “Transición energética justa: pensando la democratización energética,” Friedrich-Ebert-Stiftung, 2016.
[41] German Climate Justice Movement, The 2012 Lausitz Climate Camp, Quote from Klimacamp.info on the website of the Büro für eine demokratische Energiewende, 2012.
[42] J. Lowitzsch, *Energy Transition*, Cham: Palgrave Macmillan, 2019.
[43] F. Kern and M. Howlett, “Implementing transition management as policy reforms: a case study of the Dutch energy sector,” *Policy Sciences*, vol. 42, no. 4, p. 391, 2009.

Un análisis a las repercusiones en el sector turístico provocados por el embate del COVID-19

E. M. Pulido Balandra[1] y L.E. Balandra Aguilar[2]
[1]Universidad de las Américas de Puebla,
[2]Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico de Puebla
lorena.balandra@itpuebla.edu.mx

Área de participación: *Ingeniería Administrativa*

Resumen

El embate del COVID-19 ha impactado a todos los sectores de la industria. No obstante, existe uno de los sectores que se ha visto mayormente afectado: la industria del turismo en los hoteles y restaurantes. Para poder dar un panorama general de lo que se vive en México ante la pandemia mundial, en el presente trabajo se describen los factores económicos, como los ingresos y la generación de empleos en el país, y los aspectos sociales, como los protocolos de higiene y apoyos gubernamentales. Mas adelante, se determinan las afectaciones económicas y cambios que se tendrán debido al brote de COVID-19. Finalmente, se argumenta la importancia que tiene el sector turístico en México.

Palabras clave: *Sector turístico, Generación de empleos, Ingresos, Protocolos de higiene.*

Abstract
The onslaught of COVID-19 has impacted all sectors of the industry. However, there is one of the sectors that has been most affected: the tourism industry in hotels and restaurants. In order to give a general overview of what Mexico is experiencing in the face of the global pandemic, this paper describes economic factors, such as income and job creation in the country, and social aspects, such as hygiene protocols and government support. Later, the economic effects and changes that will occur due to the COVID-19 outbreak are determined. Finally, the importance of the tourism sector in Mexico is argued.

Key words: *Tourism sector, Job creation, Income, Hygiene protocols.*

Introducción

La industria del turismo en los hoteles y restaurantes en México representa una gran relevancia para los intereses del país. No obstante, con la embestida del COVID-19 esta misma rama empresarial se ha visto afectada considerablemente. El virus que se descubrió en Asia en el 2019 y se declaró pandemia en marzo de 2020, arribó al mundo y al sector turístico generando una gran incertidumbre. El Consejo Mundial de Viajes y Turismo explicó que esta pandemia reduciría millones de empleos en la industria y que la recuperación dentro del sector turístico por el COVID-19 será tardada. A la par de esto, también la economía se verá permeada, debido a que el turismo representa el 10% del PIB mundial (Mesa, 2020). La industria del turismo aporta el 8.7% del PIB nacional, genera 14.7 miles de millones de dólares en el saldo de la balanza turística, activa una cadena de valor de 65 mil millones de dólares en proveeduría y ocupa 4.1 millones de personas (Entorno Turístico, 2020).

Al tratarse de un tema actual, las principales fuentes de información son las noticias y portales digitales los encargados de monitorear los cambios que repercuten en el sector turístico. Es así que con esta misma información se genera la siguiente hipótesis: sin duda, la industria del turismo en hoteles y restaurantes en México ha sido la principal rama económica afectada por el embate del COVID-19. Ante esta terrible afectación, la

generación de empleos a nivel nacional, y los ingresos dentro de las empresas, caerán considerablemente. Esto provoca que existan cambios a futuro en los protocolos de higiene y en apoyos gubernamentales.
La importancia del sector turístico radica en que es uno de los principales sectores en México afectados por el embate del COVID-19, puesto que, como se mencionó anteriormente aporta el 8.7% del PIB nacional. Además, el turismo es fundamental para la generación de empleos, sobre todo entre los jóvenes. Por lo que se pretende identificar las afectaciones y cambios económicos y sociales que se tendrán en este sector, esencialmente en los hoteles y restaurantes de México ante la pandemia de COVID-19 en 2020.

El sector turístico y sus afectaciones ante el COVID-19

El turismo es la base de una economía fuerte para cualquier nación. La entrada *per capita* que arroja esta actividad es imprescindible para el mantenimiento de las finanzas públicas. Algunos especialistas definen al turismo como: "la totalidad de las relaciones y fenómenos generados por el viaje y la estancia de forasteros, siempre y cuando la estancia no implique el establecimiento de una residencia permanente" (Hunzike & Krapf citado en Guerrero & Ramos, 2016, p. 32). Por su parte, la Secretaría de Turismo del Gobierno de México advierte que: "el turismo, es la actividad que involucra el desplazamiento temporal de personas" (SECTUR, citado en Guerrero & Ramos, 2016, p. 32).

Con el paso del tiempo, la actividad turística ha tenido diversos cambios y se ha enfrentado a diferentes problemas, como el que se vive actualmente con la pandemia del COVID-19. El Gobierno de México (2020) indica que el embate de COVID-19 apareció en China en diciembre de 2019, este provoca enfermedades respiratorias desde leves hasta graves y se transmite de una persona enferma a otra. La facilidad de contagio que tiene el virus está causando pánico ante la sociedad, por lo que la actividad turística ha disminuido afectando a los hoteles y restaurantes de México.

El distanciamiento social que se ha tomado como una medida preventiva por la Organización Mundial de la Salud ante la crisis sanitaria del COVID-19, ha ocasionado que las personas permanezcan en sus casas, disminuyendo la demanda en la industria del turismo, impactando la economía de las empresas turísticas. La Comisión Económica para América Latina y el Caribe expone que las empresas turísticas se ven afectadas por la poca demanda que tienen, por esta razón sus ingresos han disminuido, provocando un notable aumento de desempleo (CEPAL, 2020).

El sector turístico es uno de los principales generadores de empleo en México. De acuerdo a los Censos Económicos 2019, la actividad económica de servicios de preparación de alimentos y bebidas alcohólicas y no alcohólicas, el personal ocupado para 2019 era de 1,956,712, correspondiendo al 20.5% del total del sector servicios, siendo el servicio con mayor participación en la generación de empleos. En lo que corresponde a hoteles, moteles y similares ocupa 427,180 correspondiendo al 4.5% del total, siendo el quinto lugar de importancia. Ambos servicios generan una cuarta parte de los empleos que se generan en México (INEGI, 2020).

Con esto, nos acataremos al libro *Introducción al Turismo* para entender la importancia que representa este sector en México por la gran variedad de destinos turísticos que ofrece. Enseguida, tomaremos en consideración el artículo de “América Latina y el Caribe ante la pandemia del COVID-19” con tal de entender más sobre el impacto económico y social que ha provocado está crisis sanitaria a la nación. Finalmente, el simposio virtual internacional sobre “La nueva era del turismo” nos ayudará a sostener que la generación de empleos e ingresos económicos dentro de las empresas caerán considerablemente, puesto que provocarán cambios sanitarios y requerirán de apoyos gubernamentales en el sector turístico. Se toman a conciencia estos documentos porque es un problema actual y se obtiene información que va cambiando constantemente.

COVID-19: Ingresos económicos, generación de empleos y los apoyos gubernamentales

Los ingresos económicos en el sector turístico se ven afectados por el miedo que se ha apoderado de las personas al viajar, además de las medidas de prevención que se han establecido para evitar la propagación del virus. El pánico que tienen las personas a la pandemia del COVID-19 ha provocado el distanciamiento social, afectando a las empresas turísticas. Los hoteles y restaurantes han cerrado sus puertas temporalmente y se han implementado ciertas medidas para mantenerse económicamente estables, como servicio a domicilio, cambio de

horario, entre otras, con tal de no cerrar definitivamente sus operaciones. Aun así, el sector turístico tardará tiempo para rescatar las pérdidas que ha tenido por esta contingencia.

Teniendo en cuenta que distintos especialistas han asegurado la difícil situación que atravesarán las empresas turísticas del país, Carlos Serrano, economista en jefe de BBVA México, afirma que el 85% de los hoteles han cerrado por el miedo que tiene la gente a viajar, pronosticando que tardarán cuatro años en recuperarse. Además, comenta que las personas perderán el miedo a viajar, hasta que exista una vacuna contra el COVID-19 y medidas de higiene dentro de los hoteles y restaurantes. De igual manera, prevé la importancia de las personas al recuperar su poder adquisitivo para consumir en viajes (2020).

Del mismo modo, el embate del COVID-19 remonta a las anteriores contingencias sanitarias que ha vivido México. Es el caso del brote del H1N1 en 2009, aquella gripe que al igual que el COVID-19 causó miedo en la sociedad a contagiarse. Scarlett Lindero advierte que “la epidemia por la Influenza A (H1N1) costó al sector turismo casi 13 mil millones de pesos” (Lindero, 2020, párr. 1). Además, algunos especialistas explican que “en ocasiones previas, las epidemias han tenido un severo impacto en los flujos turísticos en el mundo y en México” (Madrid & Díaz, 2020, p. 6). En vista de lo que sucedió hace once años, se estima que el COVID-19 ocasionará grandes pérdidas a los distintos hoteles y restaurantes que existen en el país.

Entendiendo que una crisis sanitaria causa terror entre las personas y afecta la economía de un país, habría que reflexionar si tendrá el mismo impacto en los ingresos a los hoteles y restaurantes. A diferencia de la pandemia causada por el N1H1 en 2009, hoy en día existe más información por lo que se sabe que se avecina una crisis económica muy fuerte, por tanto, es responsabilidad de todos los ciudadanos saber afrontarla teniendo en consideración todos los datos de especialistas. Es decir, se está mejor informado que en aquella ocasión.

Por otro lado, la generación de empleos ha sido afectada por la poca demanda que tienen las empresas del sector turístico debido al embate del COVID-19, por lo mismo se han visto obligados a despedir gente y no generar nuevos empleos. El distanciamiento social produce que la línea de demanda en la economía de los hoteles y restaurantes disminuya y no haya ganancias dentro de las empresas. El sector turístico es esencial para generar empleos dentro de México, siendo las empresas de alimentos y bebidas las más importantes. La pandemia del COVID-19 está originando una nueva era, en donde las industrias se están percatando de que algunos puestos ya no son indispensables para las empresas.

A propósito de que la contingencia del COVID-19 es un tema actual y global, algunas fuentes de información han mantenido al día a la sociedad sobre lo que está sucediendo a nivel mundial. *El Economista* afirma que se encuentran en peligro millones de empleos dentro de la industria del turismo en el mundo, debido a que la pandemia ha frenado las actividades que los hoteles y restaurantes realizan. De igual manera, expone que El Consejo Mundial de Viajes y Turismo (WTTC) calculó que a partir de marzo aumentarían las cifras de desempleos de manera exorbitante (2020).

Además, el desempleo en México es una situación alarmante desde hace varios años, ya que para el año 2010 la tasa de desempleo era del 5.3 y ha ido bajando paulatinamente, hasta lo que es ahora. De acuerdo a la Encuesta Nacional de Ocupación y Empleo, para el primer trimestre de 2020, la población económicamente activa en México era del 59.9%, la población ocupada era del 96.6%, del cual el 56.1% está en el empleo informal y la población desocupada del 3.4% (INEGI, 2020). Con esto, se comprende que la contingencia del COVID-19 provocará que las cifras del desempleo aumenten de forma excesiva en México.

Asimilando que la generación de empleos es una forma de darle trabajo a una persona, donde se da un intercambio de mano de obra por una remuneración económica, habría que considerar que es de suma importancia para la población y la economía mexicana. Específicamente, en artículos sobre la generación de empleos turísticos, se adivierte que es “la capacidad que tiene la actividad turística para la creación de nuevos empleos en un destino o centro turístico” (Bosch et al., , 2004, p. 34).

Sin duda alguna, la contingencia del COVID-19 es un grave problema que impactará a los empleos dentro de la industria de los hoteles y restaurantes, afectando a millones de familias en México. A excepción de que el gobierno de México comience a cooperar con las empresas turísticas para que la población pueda proteger su economía. Se trata de una crisis mundial que desestabilizará económicamente a varios países, y por supuesto México no es la excepción, donde el sector privado y el gobierno deben de trabajar de manera conjunta.

De igual forma, las empresas para poder mantener su poder adquisitivo, requerirán de apoyos gubernamentales para no cerrar sus negocios, como el dar tregua para el pago de impuestos fiscales y otorgar préstamos, solo así serán capaces de pagarle a sus empleados. El gobierno de México tiene la obligación de concentrarse en toda la población mexicana, desde las personas con bajos recursos hasta personas con alta solvencia económica, sin tomar preferencias para que el impacto del COVID-19 no afecte la economía de todos los ciudadanos. Cabe recalcar que en el país existe una numerosa cantidad de microempresas que necesitan de fluidez diaria para sostenerse y el distanciamiento social ha frenado sus actividades.

Pongamos por caso la enseñanza que dejó la crisis sanitaria del H1N1 del 2009, que al igual que el COVID-19, provocó el cierre de varios hoteles y restaurantes en México. Darío Celis (2020) indica que “el 7 de mayo de 2009 el gobierno de Felipe Calderón público un decreto para otorgar beneficios fiscales a los contribuyentes con motivo de la situación de emergencia” (párr. 3). También, comenta que “se eximía parcialmente a las empresas del pago de la parte de las cuotas obrero-patronales a su cargo y a favor del IMMS” (párr. 6). Finalmente, menciona que “se otorgó un subsidio fiscal a los estados para que liberaran el pago del impuesto sobre nómina y sobre hospedaje en los sectores de hotelería, restaurantes y servicios de esparcimiento” (párr. 12).

A diferencia en la pandemia por el COVID-19, el gobierno no ha declarado nada acerca de los apoyos fiscales a las empresas, únicamente la Secretaría de Turismo en México ha comunicado un nuevo programa de “Apoyo a Empresarios Solidarios”, que se trata de un crédito por veinticinco mil pesos a empresas que no hayan despedido a sus empleados durante la contingencia sanitaria. El programa apoya a distintas empresas del sector turístico como las agencias de viajes, restaurantes y hoteles (SECTUR, 2020).

Comprendiendo que un apoyo gubernamental es un beneficio que el gobierno otorga a las personas físicas o morales, es importante considerar que esta ayuda es significativa para las empresas ante cualquier crisis. Para ser más precisos acerca de los apoyos gubernamentales, si se pone atención a distintas fuentes de información, se encuentra que Eric de la Torre y Adriana Reyes explican que son disyuntivas que otorga el gobierno para las empresas, algunas opciones que dan son créditos, fondos especializados y bienes para comunidades de bajos recursos (2006).

Indudablemente el panorama no se ve muy alentador, sobre todo, para las empresas del sector turístico, debido que ese monto no le ayudaría a pagar nóminas, impuestos, rentas. sobre todo, el seguro social. A menos que el gobierno de Andrés Manuel López Obrador implemente algunos beneficios fiscales a las empresas de la industria de los hoteles y restaurantes, como las que se tuvieron en el gobierno de Felipe Calderón Hinojosa ante la contingencia del H1N1 del año 2009, entonces las empresas tendrían mayor solvencia económica para evitar el cierre y el desempleo en México.

La “nueva normalidad” y el sector turístico

En cuanto a la “nueva normalidad” que se vislumbra aún muy lejana, se deberán tener protocolos de higiene muy estrictos como el uso de cubrebocas, gel antibacterial y limpieza exhaustiva para evitar un nuevo brote de COVID-19. Es fundamental que la sociedad tenga la certeza de que los hoteles y restaurantes utilizan las medidas necesarias cuando las actividades diarias se reactiven. Las empresas tienen la responsabilidad de instruir a sus empleados a saber cuáles serán las nuevas reglas que tendrán dentro del horario de trabajo, además, exhibir a los clientes sus medidas para que no exista ninguna falta de confianza de su parte.

Considerando que distintos especialistas han dado ciertos consejos para la sociedad sobre cómo eludir el contagio del COVID-19, es de suma importancia, tomar varias sugerencias para las empresas. El doctor Miguel Betancourt, presidente de la Sociedad Mexicana de Salud Publica, expone que las tres principales medidas que se deben tomar en cuenta para regresar a la “nueva normalidad” y reactivar a la industria del turismo son: distancia social entre las personas de 1.5 a 2 metros, uso de cubrebocas para reducir los contagios y el lavado exagerado de manos. Además, asegura que son los protocolos esenciales para poder reactivar a la industria del turismo y que se debe de reorganizar y desinfectar los espacios comunes en los hoteles y restaurantes (2020).

Asimismo, es fundamental que antes de reactivar las actividades del sector turístico en México, la curva de contagio del COVID-19 se encuentre en descenso. La Organización Mundial de la Salud afirma que “el objetivo primordial es que todos los países controlen la pandemia mediante la ralentización de la transmisión y la reducción de la mortalidad asociada a la COVID-19” (2020, p. 5). También, explica que uno de los objetivos estratégicos

mundiales es movilizar a todos los sectores y comunidades para que se hagan responsables y participen en la prevención de la enfermedad mediante el lavado de manos y el distanciamiento físico (2020).

Entendiendo que los protocolos de higiene son las medidas preventivas que manejan las personas físicas y morales para su sanidad, es esencial reflexionar las medidas que habrá dentro de esta nueva modalidad de vida. Específicamente, si se busca en distintas fuentes sobre cuidado de la salud, se encuentra que son "conjunto de actividades dirigidas a proporcionar el aseo corporal y comodidad del paciente; incluye los procedimientos de higiene y limpieza de la superficie" (2014, p. 1).

Sin lugar a dudas, el embate del COVID-19 causará grandes transformaciones en el mundo, será difícil que se vuelva a la vida que se tenía antes. Se vivirá una "nueva normalidad", resultado de esta contingencia, causando un cambio en la vida de las personas. A excepción de que el gobierno y las empresas no tomen medidas preventivas ante la pandemia, entonces las industrias tardarán en reactivarse mundialmente. La contingencia del COVID-19 ha producido grandes problemas en todos los países y México no es la excepción. No obstante, ahora es labor de los ciudadanos acatarse a esta nueva forma de vida y seguir los consejos de los especialistas que están investigando sobre el nuevo virus.

La industria del turismo es de gran importancia para la economía mexicana, debido a que produce un excepcional porcentaje del Producto Interno Bruto nacional y, además, genera empleos a más de 4 millones de personas. México es uno de los principales destinos turísticos en el continente americano, dado que cuenta con distintos atractivos en cada uno de sus estados, mismo que provoca que las personas disfruten de cada lugar. En vista de las maravillas que tiene la cultura mexicana, es fundamental, mantener activa la fluidez que ocasiona cada actividad turística, especialmente en el sector de los hoteles y restaurantes.

Teniendo en cuenta la variedad de destinos turísticos que tiene el país, existen estados que necesitan forzosamente del turismo para mantenerse estable económicamente y la contingencia del COVID-19 está siendo un grave problema. El Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social menciona que "esto es de especial relevancia para aquellas entidades federativas donde un porcentaje importante de actividades económicas están relacionadas con el turismo" (p. 46). De igual manera, explica que los principales estados que dependen de la actividad turística son: Quintana Roo, Ciudad de México, Nayarit, Baja California Sur y Colima (CONEVAL, 2020).

Asimismo, distintos expertos aclaran que una de las formas de reactivar las actividades turísticas, será a través del turismo nacional y con el apoyo de los gobiernos estatales. Gloria Guevara, Presidenta del Consejo Mundial de Viajes y Turismo (WTTC), menciona que el sector turístico debe buscar ayuda con los gobernadores e insistir al Presidente ante los efectos que provocará la contingencia del COVID-19. Por otro lado, Freddy Domínguez, vicepresidente de Expedia para México y Centroamérica explica que varios países requieren forzosamente de la actividad del turismo internacional para solventar su economía, a diferencia de México que para reactivarse, necesitará que el sector privado y público trabajen de manera conjunta (2020).

Comprendiendo que el turismo en México es una forma de generar empleos a millones de personas e ingresos económicos a empresas mexicanas, habría que reflexionar que el turismo no solo es de consideración económica, sino que también tiene un impacto social. Se viene a la memoria aquellas palabras que dijo hace años Gustavo Díaz Ordaz, Presidente de la República entre 1964 y 1970, sobre la importancia de esta industria para el país:

> El turismo representa un ingresos muy importante de divisas, que contribuye al financiamiento del desarrollo económico y social de nuestro país. Pero además significa una cosa mas trascendental, el medio de que el pueblo dispone para transmitir el conocimiento del modo de ser mexicano, de sus virtudes, de su historia y de su arte. (CESOP, citado en Guerrero & Ramos, 2016, p. 27)

Incuestionablemente, el sector de los hoteles y restaurantes seguirá siendo uno de los principales generadores de empleos y divisas en el país, pero si los gobiernos estatales no ofrecen beneficios y apoyos a este sector la caída de la economía y el cierre de hoteles y restaurantes será inminente. Además, mediante el turismo se da a conocer al mundo la cultura mexicana, a través de sus playas cristalinas, pueblos mágicos, maravillosas cascadas, ruinas emblemáticas, así como su variada gastronomía.

Conclusiones

Sin duda alguna, uno de los sectores más afectados con el embate del COVID-19 es el turismo, principalmente en lo que respecta a hoteles y restaurantes. La caída en los ingresos económicos se ve afectado por el miedo que se ha generado a viajar. Así como las medidas que ha impuesto la Organización Mundial de la Salud para evitar la propagación del virus y esto implicará el cierre de hoteles y restaurantes en el país. Por lo tanto, el desempleo aumentará y las familias que dependen de este sector en México se verán sumamente afectadas.

La contingencia del COVID-19 conducirá a una crisis económica, que le costará a la industria del turismo demasiado tiempo para recuperarse, a menos que se tomen medidas en los gobiernos estatales y el gobierno federal para apoyar a las empresas, implementando algunos beneficios como los considerados en el sexenio de Felipe Calderón ante la pandemia del H1N1. El presidente Andrés Manuel López Obrador debería ser más empático con este sector, que a pesar de ser muy resiliente ante las diferentes contingencias y desastres a los que se ha enfrentado, necesita del apoyo de la sociedad y gobierno para mantenerse activo.

Al principio de la presente investigación, fueron señalados los objetivos que pretendía nuestro trabajo. Conforme se fue desarrollando la argumentación en el mismo, se logró cumplir la meta principal del articulo, puesto que determinamos completamente las causas y efectos de las afectaciones, cambios y adecuaciones económicas provocados por el brote de COVID-19. Esencialmente, enfocamos nuestra atención a la reactivación del sector turístico, dado que se espera un desarrollo primordial para su regreso a la escena de la movilidad internacional.

Es cierto que la crisis ocasionará grandes cambios en el mundo y se vivirá una “nueva normalidad”, en la que se deben aplicar estrictos protocolos de higiene para prevenir la propagación del virus y ofrecer mayor seguridad a los turistas, recuperando su confianza. Indudablemente, el sector se reactivará a causa del turismo nacional, teniendo en cuenta que la movilidad internacional demorará en recuperarse. Es fundamental, que los hoteles y restaurantes sean responsables, conozcan las medidas preventivas y sigan instruyendo a sus empleados para que puedan seguir generando actividades turísticas.

Por lo tanto, se llega a la conclusión que el sector turístico representa una gran importancia en México, puesto que es la forma que tiene el país de dar a conocer la gran diversidad de atractivos, gastronomía y cultura que ofrece al turismo nacional e internacional. Además, produce grandes beneficios para la economía y sociedad mexicana por la derrama económica que genera, contribuyendo así a reducir la pobreza. Partiendo de la base de esta investigación, se recomienda que se promulgue al sector turístico por un apoyo efectivo de parte del Gobierno Federal, gobiernos estatales y la sociedad mexicana.

Referencias

Bosch, J., Suárez, S., Olivares, G. (2004). La importancia de la generación de empleo como dinamizadora del desarrollo loca en un centro turistico. *Aportes y Transferencias. 8*(002), 25-44.

Celis, D. (2020, 25 de marzo). *Recordando la crisis del H1N1*. *El Financiero.* https://www.elfinanciero.com.mx/opinion/dario-celis/recordando-la-crisis-del-h1n1

Comisión Económica para América Latina y el Caribe. (2020). America Latina y el Caribe ante la pandemia del COVID-19. En CEPAL. Consultado el 28 de mayo de 2020. www.cepal.org

Consejo Nacional de Evaluación de la Politica de Desarrollo Social. (2020). La politica social en el contexto de la pandemia por el virus SARS-CoV-2 (COVID-19) en México. En Coneval. Consultado el 17 de junio de 2020. www.coneval.org.mx

Consejo Nacional Empresarial de Turismo. (2020, 11 de junio). ¿La comercialización de siempre para los nuevos turistas? [Simposio]. Simposio Virtual Internacional "La nueva era del turismo". México. https://www.cnet.org.mx/simposiovirtual?fbclid=IwAR2XhTmOCnVWlrflBul3xx_TkALDPCFYE-t3CIsMjpCV4lJzWUaKYcI7GrE

Consejo Nacional Empresarial de Turismo. (2020, 11 de junio). Analisis del Entorno Economico [Simposio]. Simposio Virtual Internacional "La nueva era del turismo". México. https://www.cnet.org.mx/simposiovirtual?fbclid=IwAR2XhTmOCnVWlrflBul3xx_TkALDPCFYE-t3CIsMjpCV4lJzWUaKYcI7GrE

Consejo Nacional Empresarial de Turismo. (2020, 11 de junio). Compromiso gubernamental, el turismo ¿prioridad o no prioridad? [Simposio]. Simposio Virtual Internacional "La nueva era del turismo". México. https://www.cnet.org.mx/simposiovirtual?fbclid=IwAR2XhTmOCnVWlrflBul3xx_TkALDPCFYE-t3CIsMjpCV4lJzWUaKYcI7GrE

Consejo Nacional Empresarial de Turismo. (2020, 11 de junio). Perspectivas de Evolución COVID-19 en México [Simposio]. Simposio Virtual Internacional "La nueva era del turismo". México. https://www.cnet.org.mx/simposiovirtual?fbclid=IwAR2XhTmOCnVWlrflBul3xx_TkALDPCFYE-t3CIsMjpCV4lJzWUaKYcI7GrE

De la Torre, E., Reyes, A. (2006, 6 de octubre). *El apoyo gubernamental.* Entreprenur. https://www.entrepreneur.com/article/256785

El Economista. (2020, 26 de abril). *En peligro, 100 millones de empleos en el sector turistico por contingencia de COVID-19: WTTC*. *El Economista.* https://www.eleconomista.com.mx/empresas/En-peligro-100-millones-de-empleos-en-el-sector-turistico-por-contingencia-de-Covid-19-WTTC-20200426-0011.html

Entorno Turístico. (2020). *El impacto a la actividad turística en México por el COVID-19 en abril.* Entorno Turístico. https://www.entornoturistico.com/el-impacto-a-la-actividad-turistica-en-mexico-por-el-covid-19-en-abril/

Fundacion Hospital de Jove. (2014). Protocolo de higiene personal del paciente. En FHJ. https://www.hospitaldejove.com/archivos/enlaces_1437728273.pdf

Gobierno de México. (2020). ¿Qué es el coronavirus?. En Gobierno de México. www.coronavirus.gob.mx/covid-19/

Guerrero, P., Ramos, J. (2016). *Introducción al Turismo.* Grupo Editorial Patria.

Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (2020). Censos Económicos 2019. En INEGI. Consultado el 10 de junio de 2020. https://www.inegi.org.mx/contenidos/programas/ce/2019/doc/pro_ce2019.pdf

Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (2020). Encuesta Nacional de Ocupación y Empleo: Primer trimestre de 2020. En INEGI. Consultado el 15 de junio de 2020. https://www.inegi.org.mx/contenidos/programas/enoe/15ymas/doc/resultados_ciudades_enoe_2020_trim1.pdf

Lindero, S. (2020, 25 de marzo). *La Influenza A (H1N1) tumbó al turismo en 2009, ¿qué pasará con el COVID-19?*. CUESTIONE. https://cuestione.com/detalle/mexico/la-influenza-a-h1n1-tumbo-al-turismo-en-2009-que-pasara-con-el-covid-19

Madrid, F., DÍaz, J. (2020). Coronavirus y Turismo. En Centro de Investigacíon y Competitividad Turística Anáhuac. Consultado el 15 de junio de 2020. www.anahuac.mx/mexico/cicotur/

Mesa, R. (2020, 20 de marzo). *Las consecuencias del coronavirus en el sector del Turismo*. IMF Business School. https://blogs.imf-formacion.com/blog/mba/consecuencias-coronavirus-en-sector-turismo/

Organización Mundial de la Salud. (2020). Actualización de la estrategia frente a la COVID-19. En OMS. Consultado el 17 de junio del 2020. https://www.who.int/docs/default-source/coronaviruse/covid-strategy-update-14april2020_es.pdf?sfvrsn=86c0929d_10

Secretaría de Turismo. (2020). Más de 645 mil empresas pueden obtener un crédito solidario durante la emergencia sanitaria por COVID-19. En Gobierno de México. Consultado el 16 de junio de 2020. https://www.gob.mx/sectur/prensa/mas-de-645-mil-empresas-pueden-obtener-un-credito-solidario-durante-la-emergencia-sanitaria-por-covid-19?idiom=es

Establecimiento de indicadores dentro de un sistema de gestión ambiental en una empresa de agroquímicos

G. B. Carmona Casazza[1], M. T. de la Garza Carranza[1]*
E. Guzmán Soria[1], J. P. González Farías[1]
[1]Departamento de Ciencias Administrativas, Tecnológico Nacional de México, Antonio García Cubas 1200, Alfredo Vázquez Bonfil, 38010 Celaya, Gto. México
**ambientalgreta@outlook.com*

***Área de participación**: Ingeniería Administrativa*

Resumen

Se realizó un análisis de la situación actual en materia de medio ambiente de una empresa de agroquímicos en el estado de Guanajuato con la finalidad de proponer un sistema de gestión ambiental que le permita a la empresa controlar y medir su impacto al medio ambiente por medio del establecimiento de indicadores ambientales. Los resultados demuestran que por medio de los indicadores ambientales se puede medir si la empresa ha mejorado en algún aspecto ambiental. En el caso particular de la empresa de agroquímicos se establecieron los indicadores para el año 2019 y 2020 en los que se observa una mejora en el indicador de energía eléctrica en el año 2020 debido a la implementación de paneles solares para la generación de energía.

***Palabras clave**: indicador, gestión, ambiental, agroquímicos*

Abstract

An analysis about environmental issues was made to an agrochemical company placed in Guanajuato state with the purpose to recommend an environmental management system which could allow to measure and control the environmental impact in the company by means of the establishment of indicators. The results showed that through the environmental indicators the aspects could be measured and controlled and would show if the organization has improved in the environmental performance. In this case, in the agrochemical company was established the indicators for the years 2019 and 2020 in which can see an improvement in the electrical energy indicator due to the implementation of solar panels for generate energy.

***Key words**: indicator, management, environmental, agrochemical*

Introducción

Según la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico, un indicador ambiental es un valor derivado de parámetros que proporciona información para describir el estado de un ambiente con un significado que va más allá del directamente asociado con el valor del parámetro en sí mismo. Es decir, este indicador como bien lo dice la palabra en sí, nos indica la situación actual de un aspecto en comparación de otro [1] .
Un Sistema de Gestión Ambiental es la combinación de procesos que permiten que una organización reduzca sus impactos ambientales y aumente su eficiencia para conseguir mejoras tanto económicas como ambientales y operativas. Por lo anterior, un sistema de gestión ambiental implica desde la planeación hasta el control de estrategias en una organización que permitan eficientizar sus procesos reduciendo el impacto ambiental negativo y generando un beneficio económico [2].

La gestión ambiental en las organizaciones debe verse como una exigencia de gran valor que le permita a las empresas su supervivencia. Esta debe ser una planificación que involucre el

establecimiento de normas, medidas preventivas, indicadores que permitan medir y controlar, siendo estas herramientas de carácter decisivas para que la gerencia pueda reducir el impacto ambiental negativo producido por sus actividades y obtener beneficios a su vez [3].

Los principales objetivos de un sistema de gestión ambiental según la Procuraduría Ambiental y de Ordenamiento Territorial de Guanajuato (2019) son:

-Garantizar el cumplimiento de la legislación ambiental
-Reducción de costos de producción
- Creación de una mejor imagen ante el consumidor
- Atracción de nuevas inversiones y posibilidad de participar en el mercado global.
[4]

La gestión del ambiente comprende acciones del hombre desde la sociedad y para la sociedad, con incidencia positiva en su protección y conservación, de forma tal que prevea, reduzca, controle y solucione los problemas ambientales. Por ello se requiere una adecuada gestión del ambiente que posibilite utilizar con eficiencia sus recursos en beneficio del desarrollo económico y social, de la calidad de vida [5].

La gestión ambiental en las organizaciones debe verse como una exigencia de gran valor que le permita a las empresas su supervivencia. Esta debe ser una planificación que involucre el establecimiento de normas, medidas preventivas, indicadores que permitan medir y controlar, siendo estas herramientas de carácter decisivas para que la gerencia pueda reducir el impacto ambiental negativo producido por sus actividades y obtener beneficios a su vez [3].

En cuanto a los costos ambientales se deben considerar los de las medidas emprendidas por una empresa para prevenir, reducir y/o mitigar el deterioro ambiental como resultado de las actividades que realiza la empresa o para contribuir a la conservación de los recursos renovables y no renovables [6].

En el presente trabajo se propuso un sistema de gestión ambiental dentro de una empresa de agroquímicos estableciendo indicadores ambientales para la medición de su impacto al medio ambiente. No obstante, el método empleado para establecer los indicadores ambientales puede utilizarse para cualquier otro tipo de organización.
La “empresa de agroquímicos” caso de estudio en el presente trabajo es una empresa dedicada a la formulación de plaguicidas y herbicidas líquidos, granulados y polvos. Inicia operaciones en 1994 con una capacidad productora de 4,000 Ton/año. Se encuentra ubicada en el municipio de Comonfort en el estado de Guanajuato, dentro de esta empresa no se tienen implementados controles que le permitan a esta organización medir y controlar el impacto negativo que ocasiona al medio ambiente como consecuencia de sus actividades productivas.

Metodología

Variables

Se analizaron los procesos de la empresa, tanto productivos como administrativos y de servicios, después en base a los procesos se identificaron las variables del proyecto las cuales se muestran en la tabla 1.

Tabla 1 Variables del proyecto

Variables independientes	Dimensiones	Indicadores	Variables dependientes

 ISSN 2007-8102

Cantidad de producción	Tipos de productos Kilogramos producidos Consumo de agua Consumo de energéticos (electricidad, combustibles) Generación de residuos	Producción/m3 de agua Producción/KWh, etc. Producción/kgs de residuo	Ahorro monetario Impacto ambiental
Número de empleados	Consumo de agua Consumo de energéticos (electricidad, combustibles) Generación de residuos	Producción/m3 de agua Producción/KWh, etc. Producción/kgs de residuo	
Costos productivos y administrativos	Precio de insumos Precio de energéticos Gastos por disposición de residuos	Precio de insumos y energéticos-ahorro monetario Gastos por disposición de residuos-ahorro monetario	

Fuente: Elaboración propia, basada en (Rivas, 2017).

Aspectos ambientales

Una vez identificadas las variables se establecieron preguntas para obtener la información sobre los aspectos ambientales de la organización, por lo cual se elaboraron dos cuestionarios para la obtención de datos. Estos cuestionarios fueron validados por la empresa de agroquímicos en los que se obtuvo información de las cantidades de producción, consumo de agua, consumo de energéticos, generación de residuos, así como los costos de cada uno de ellos. No se incluyen en el presente artículo por cuestiones de confidencialidad.

Procedimiento matemático para el establecimiento de indicadores

Se calculó la cantidad de residuos no peligrosos generados cada mes y con base a la cantidad de producción de ese mismo mes se calculó la proporción lo cual dio como resultado el indicador de residuos no peligrosos:

$$\text{residuos no peligrosos} = \frac{\text{kg generados de residuos no peligrosos en el mes}}{\text{kg producidos de producto en el mes}}$$

Se calculó la cantidad de residuos peligrosos generados cada mes y con base a la cantidad de producción de ese mismo mes se calculó la proporción lo cual dio como resultado el indicador de residuos peligrosos:

$$\text{residuos peligrosos} = \frac{\text{kg generados de residuos peligrosos en el mes}}{\text{kg producidos de producto en el mes}}$$

 ISSN 2007-8102

Se calculó la cantidad de agua consumida cada mes y con base a la cantidad de producción de ese mismo mes se calculó la proporción lo cual dio como resultado el indicador de consumo de agua:

$$\text{agua de consumo} = \frac{\text{m3 consumidos en el mes}}{\text{kg producidos de producto en el mes}}$$

Se calculó la cantidad de energía eléctrica consumida cada mes y con base a la cantidad de producción de ese mismo mes se calculó la proporción lo cual dio como resultado el indicador de consumo de energía eléctrica:

$$\text{energía eléctrica} = \frac{\text{kWh consumidos en el mes}}{\text{kg producidos de producto en el mes}}$$

Resultados y discusión

Una vez que se realizaron los cálculos de los indicadores ambientales con base en los datos del 2019 y 2020 proporcionados por la empresa de agroquímicos, se realizaron gráficas para poder tener una visión más clara de lo que estos representan. Las gráficas se muestran en la figura 1 para la energía eléctrica, figura 2 para los residuos peligrosos y figura 3 para el consumo de agua. No se pudo realizar gráfica de los residuos no peligrosos ya que la empresa de agroquímicos caso de estudio del proyecto no contaba con datos reales de los kilogramos generados de dicho residuo ya que estos no eran pesados si no directamente depositados al tiradero municipal.

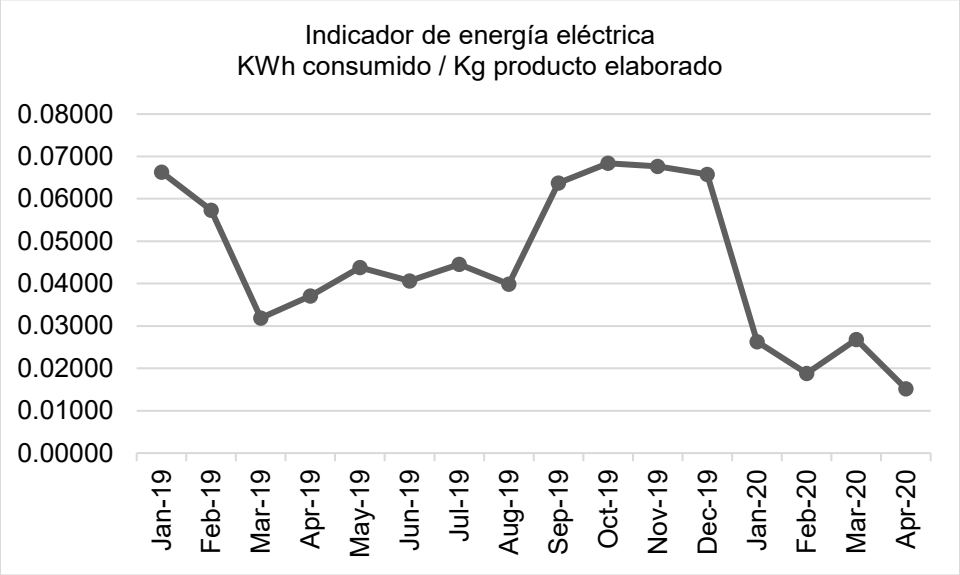


Figura 1. Indicador de energía eléctrica

 ISSN 2007-8102

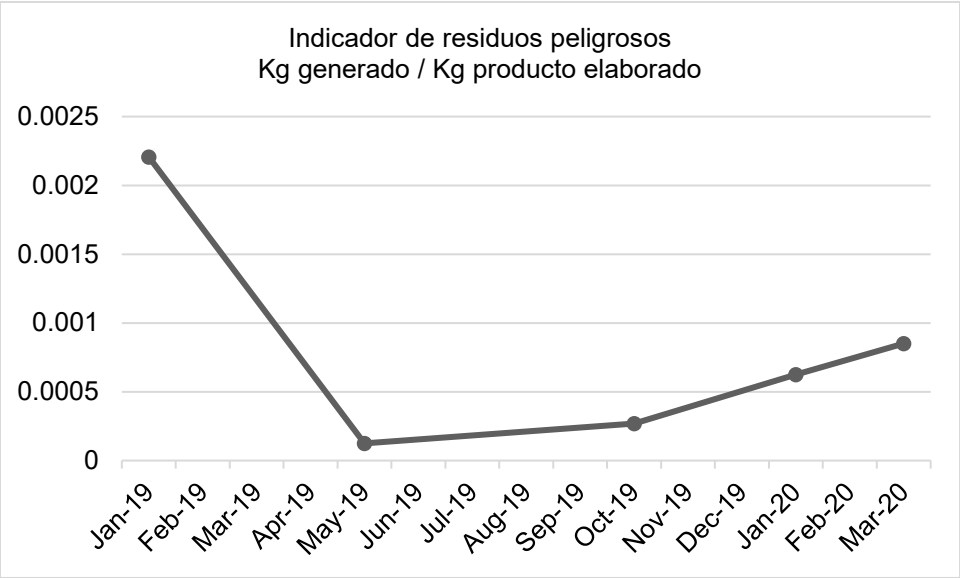


Figura 2. Indicador de residuos peligrosos

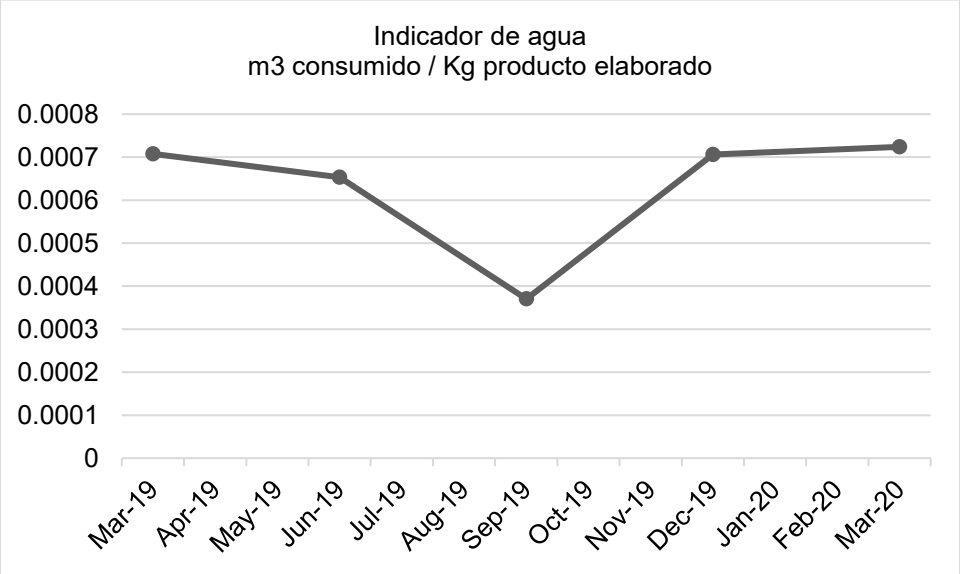


Figura 3. Indicador de consumo de agua

Se puede observar claramente que el indicador de energía eléctrica tiende a ser cada vez menor a partir de enero del 2020 con excepción del mes de marzo en el que se tuvo un aumento, la baja considerable del valor del indicador de diciembre del 2019 a enero del 2020 fue debido a que la empresa puso en marcha los paneles solares para la generación de energía eléctrica.

Para los indicadores de residuos peligrosos y consumo de agua no se tiene una mejora debido a que la empresa aún no ejecuta acciones de mejora que le permita ahorrar en esos dos aspectos ambientales.

Cálculos de ahorro en los costos ambientales

Para este cálculo se considera solamente los datos reales de la energía eléctrica debido a que en este rubro fue en el que se puso en práctica una mejora. Para el indicador de residuos se considera

hipotéticamente que la empresa de agroquímicos envíe a reciclaje sus residuos reciclables para tener un ahorro en la disposición y manejo de estos.
Se tomará como punto de partida el hecho de que en el mes de diciembre del 2019 aún no se implementaba el 100% del funcionamiento de los paneles solares y que en enero del 2020 ya funcionaban al 100% estos paneles.

Para esto se realiza el cálculo de la ganancia destacando que sólo es en términos de la energía eléctrica:

Costo de KWh consumidos en diciembre 2019= $89,916
Producción en diciembre 2019 en kilogramos= 474,086
Precio de venta de producto por cada kilogramo= P (por razones de confidencialidad este dato no se proporciona, sin embargo, es una constante)

$$\text{Ganancia diciembre 2019} = 474{,}086P - 89{,}916 = 384{,}170P$$

Costo de KWh consumidos en enero 2020= $85,125
Producción en enero 2020 en kilogramos= 1,122,440

Precio de venta de producto por cada kilogramo= P (por razones de confidencialidad este dato no se proporciona, sin embargo, es una constante)

$$\text{Ganancia enero 2020} = 1{,}122{,}440P - 85{,}125 = 1{,}037{,}315P$$

Es importante señalar que se debe considerar la cantidad de producción de cada mes como se hace en los indicadores ambientales debido a que si se toma como referencia solamente el costo del recibo de la luz de cada mes no se considera el aprovechamiento del energético, es decir:

KWh consumidos en diciembre 2019= 31,183
KWh consumidos en enero 2010= 29,508

Los valores son muy similares, pero hay que analizar que en enero del 2020 se elaboró más del doble de producto que en diciembre del 2019, y aun así se consumió un poco menos de energía eléctrica.

En términos de porcentaje,

La empresa tuvo una ganancia del 37% más al haber implementado la medida de la puesta en marcha de los paneles solares sin considerar que se debe tomar en cuenta los costos de inversión y mantenimiento de estos paneles.

Trabajo a futuro

El proyecto se concluyó satisfactoriamente, sin embargo, es decisión de la empresa de agroquímicos el seguir midiendo su desempeño ambiental por medio de los indicadores establecidos durante el proyecto, así como implementar acciones que le permitan ir disminuyendo los valores de los indicadores como parte de su mejora continua.

Conclusiones

Con base en la información recolectada y la consulta de la fundamentación teórica se estableció el método para el cálculo de los indicadores ambientales de la empresa dentro de su sistema de gestión, los cuales se calcularon para el año 2019 y 2020 con los datos de kilogramos de producción, generación de residuos, consumo de agua y consumo de energía eléctrica. Cabe mencionar que la

empresa actualmente implementa el sistema de ISO 9001 lo que le permite tener un mejor control de documentos y lo cual facilita a su vez tener un mejor control de los indicadores ambientales que se plantearon en el presente trabajo.

Como se mencionó, una acción importante que la empresa de agroquímicos realizó durante el tiempo del proyecto de investigación fue la implementación de paneles solares para la generación de energía eléctrica lo cual disminuyó el indicador con valores de 0.06577 en diciembre del 2019 a 0.02629 en enero del 2020 lo cual representa una mejora del 39% en disminución del indicador y por ende un ahorro en los costos de energía eléctrica que se paga a la comisión federal de electricidad, de igual manera en los meses consecutivos los valores de los indicadores fueron menores a los del 2019.

El establecimiento de indicadores ambientales permite a la empresa de agroquímicos medir su desempeño en los rubros de energía eléctrica, residuos y agua. Dentro de estos indicadores ya se toma en cuenta las variables establecidas como la cantidad de producción dentro de la cual refleja las horas trabajadas y las dimensiones establecidas dentro de la tabla 1, por ejemplo para el indicador de agua si se producen más kilogramos de producto se consumirá mayor cantidad de agua, si hay más empleados pasa lo mismo se consume mayor cantidad de agua en procesos administrativos (comedor y baños) es por eso que el indicador relaciona la cantidad total de m3 consumidos en toda la planta (proceso productivo y administrativo) entre los kilogramos producidos de producto y la misma tendencia ocurre con la energía eléctrica, si hay mayor producción hay mayor consumo de energía y si hay más empleados el consumo de energía es mayor, al igual con la generación de residuos si hay mayor producción habrá mayor cantidad de residuos y si hay más empleados se generan más residuos en los procesos administrativos y de servicio (comedor y baños). Después tenemos que en base a estos valores de indicadores podemos ver el impacto ambiental de la empresa si los valores van disminuyendo el impacto ambiental negativo disminuye y como consecuencia hay un ahorro monetario debido a que la empresa estaría eficientizando sus procesos como en el caso de generar energía con paneles solares.

El método empleado para establecer indicadores puede ser implementado en cualquier tipo de empresa.

Referencias

[1] SEMARNAT, « Sistema Nacional de Información Ambiental y de Recursos Naturales,» 2011. [En línea]. Available: https://apps1.semarnat.gob.mx:8443/dgeia/indicadores_2011/conjuntob/00_conjunto/marco_conceptual.html.

[2] ISO 14001, «Nueva ISO 14001:2015,» 21 Mayo 2018. [En línea]. Available: https://www.nueva-iso-14001.com/2018/05/gestion-ambiental-empresas/.

[3] Y. C. Pupo, «Eumed.net,» OIDLES, 2009.

[4] PAOT, «Procuraduría Ambiental y de Ordenamiento Territorial,» 2019. [En línea]. Available: https://paot.guanajuato.gob.mx/certificacion-ambiental/.

[5] Y. P. Ramírez, «Criterios generales de la gestión ambiental en Cuba,» Revista caribeña de ciencias sociales, SF.

[6] E. y. L. A. J. Catello Taliani, El sistema de gestión y de costes basado en las actividades, España: Madrid, 1994.

[7] L. A. T. Rivas, Elaboración de tesis estructura y metodología, Ciudad de México: Trillas, S.A de C.V, 2017.

ESTUDIO PRELIMINAR DEL CONSUMO ENERGÉTICO EN LA UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE NOGALES SONORA EMPLEANDO ANALIZADOR FLUKE435

M. B. Rodríguez Arenas[1], N. A. Torres Alvarez[2], O. Velarde Anaya[2], J. L. Coronado Palomares[3]*
[1]Carrera de Mantenimiento Industrial, Universidad Tecnológica de Nogales Sonora, Av. Universidad #271, Col. Universitaria, C.P. 84094, Nogales Sonora, México.
[2] Carrera de Mecatrónica, Universidad Tecnológica de Nogales Sonora, Av. Universidad #271, Col. Universitaria, C.P. 84094, Nogales Sonora, México.
[3] Carrera de Manufactura en Aeronáutica, Universidad Tecnológica de Nogales Sonora, Av. Universidad #271, Col. Universitaria, C.P. 84094, Nogales Sonora, México

**mbalvanedo@utnogales.edu.mx*

***Área de participación**: Ingeniería Administrativa*

Resumen

El mal uso de energía eléctrica, es un tema preocupante, considerando la contaminación generada por la mayoría de las formas usadas para producirla en el país, así como del costo económico que representa al usuario final su empleo. Derivado de esta problemática, el presente trabajo muestra un estudio preliminar realizado en el edificio de Docencia I, de la Universidad Tecnológica de Nogales (UTN), mediante el analizador de calidad de la energía FLUKE 435 SERIES II, monitoreando diversos parámetros eléctricos, para determinar las posibles fallas o mal uso de la energía. Como principales resultados, se observó que existe desequilibrio de corriente entre las diferentes fases del sistema eléctrico, por lo que se hacen recomendaciones a la institución para mejorar el bajo factor de potencia, la importancia de la existencia de los conductores de tierra física, así como el reemplazo de unidades de refrigeración ambiental, lámparas de iluminación en interiores y exteriores.

***Palabras Clave:** Consumo energético, potencia, factor de potencia.*

Abstract

The inaccurate of electrical energy is a matter of concern, considering the contamination generated by the most of the forms that are currently used in the country to produce it, as well as the economic cost that the employment represents for the end user. Therefore, the present work shows a preliminary study that was carried out in the building of Docencia I, of the Universidad Tecnológica de Nogales (UTN), using the quality analyzer of energy FLUKE 435 SERIES II, to monitoring different electrical parameters and determine the failures or misuse of energy. As main results, it was observed that there is a current imbalance between the different phases of the electrical system, for this reason, recommendations are made to the institution, to improve the low power factor, the importance of the existence of earth ground conductors, as well as replacement of ambient cooling units, indoor and outdoor lighting lamps.

***Keywords:** Energy consumption, power, power factor.*

Introducción

“La reducción energética es pertinente en las instalaciones en las que se quiere reducir los gastos generales, a fin de aumentar la productividad; instalaciones que quieren hacer más con menos, no solo gastar menos” (Fluke, Eficiencia energética, 2020). En las instituciones educativas dependientes del gobierno, no se tiene una ganancia monetaria, se recaudan ingresos propios para solventar gastos corrientes, y entre ellos, está el pago de la factura de energía eléctrica. El hecho de considerar una disminución en dicho pago, representa una oportunidad de reducir gastos y apoyar en otras necesidades de la propia institución, tanto para apoyos a personal docente, alumnado e inversiones en equipos modernos de alta eficiencia energética para las necesidades básicas de la institución.

El desperdicio energético, se puede presentar por diversos factores, como puede ser un mal diseño en la estructura eléctrica de un edificio; incorrecto uso de los equipos o antigüedad de los mismos y es posible ahorrar hasta el 25% de la energía que solo se convierte en calor de los conductores o del mismo receptor final. Como

ejemplo, se pueden considerar los motores, ya que si se sobrecalientan, se baja la eficiencia de trabajo y se consume más energía para obtener el mismo trabajo deseado.

Otro factor a considerar cuando existen desperdicios en el consumo energético, son los armónicos, estas corrientes fluyen en los conductores como múltiplos de la frecuencia fundamental de 60 Hertzios (Hz). Por ejemplo, una corriente que fluye a 180 Hz es el tercer armónico (60Hz multiplicado por 3). Estas corrientes no pueden ser medidas con un multímetro común, éste sólo mostrará las corrientes de 60 Hz. Dichas frecuencias se producen por los circuitos que son alimentados de la red de AC y la convierten en DC, deformando la forma de onda original, lo que pudiera ocasionar sobrecalentamiento de los conductores, activaciones de los controles de equipos no deseadas, alarmas erróneas. Otros armónicos producen una torsión inversa en motores, de modo que reducen su eficacia y los sobrecalientan. (Fluke, Armónicos, 2012)

Con respecto a la UTN, ésta empezó sus labores el 30 de agosto de 1999, con dos edificios: uno de docencia y un laboratorio pesado utilizado para el desarrollo de prácticas. El edificio de Docencia I es el más antiguo, ya que en esta instalación se dieron inicio las labores docentes y administrativas, contando con 14 aulas, una biblioteca, un laboratorio de idiomas, dos laboratorios de cómputo, oficinas administrativas y docentes y, aún cuenta con los mismos sistemas de climatización y cableado de distribución desde aquella fecha. Además, las lámparas actuales no son de alta eficiencia.

Por lo tanto, el objetivo del presente trabajo es realizar un estudio del consumo energético en la Universidad y en base a los resultados, hacer una propuesta que englobe varias alternativas para su reducción, de manera que los recursos económicos para pagar su empleo sean menores y de esta forma, la diferencia pueda ser canalizada hacia otras áreas de la institución.

Metodología

La calidad eléctrica en una instalación, puede afectarse por la presencia de perturbaciones eléctricas que afectan a las características del suministro eléctrico. El presente estudio se enfoca a la detección de dichas perturbaciones, con el fin de realizar las adecuaciones que permitan el ahorro de energía. Esta propuesta se llevó a cabo en tres etapas.

Equipo utilizado para la medición de parámetros

En la carrera de energías renovables se cuenta con un analizador de la calidad de la energía modelo FLUKE 435 SERIES II (Figura 1), el cual se colocó en el tablero principal del edificio, este modelo es uno de los más completos de su marca, puede registrar hasta 50 armónicos de voltaje y 50 armónicos de corriente, gracias a sus algoritmos inteligentes, registra voltajes, corrientes, frecuencias, parpadeos, distorsión armónica total, factor de potencia, energía y muchos parámetros más en sistemas trifásicos y monofásicos, está equipado con una memoria SD para guardar toda la información para ser interpretada después.



Figura 1. FLUKE 435 SERIES II

Este equipo cuenta con pinzas caimán para lectura de voltaje, en cada una de las tres fases A, B, C, neutro y tierra. (Figura 2), así como cuatro sondas para medir corriente de hasta 300 amperes (Figura 3) con estas conexiones y la configuración de parámetros y tiempos de 5 minutos para guardar todos los parámetros por 3 días se comienza la colecta de la información.

 ISSN 2007-8102



Figura 2. Pinzas caimán en fases A, B y C

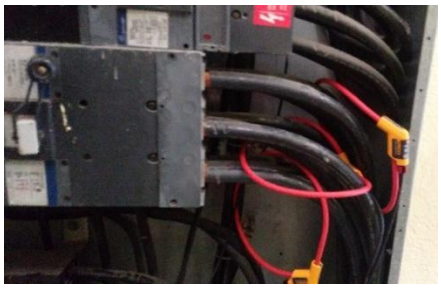


Figura 3. Sondas de corriente en centro de carga principal

Al hacer esto, se puede apreciar la pantalla del medidor de fasores de voltaje y corriente, en color negro A, color rojo B, y color azul C (Figura 4), o en modo de osciloscopio para ver la forma de onda del voltaje y de la corriente para determinar si son aceptables con un desfase aproximado de 120˚ entre ellas.

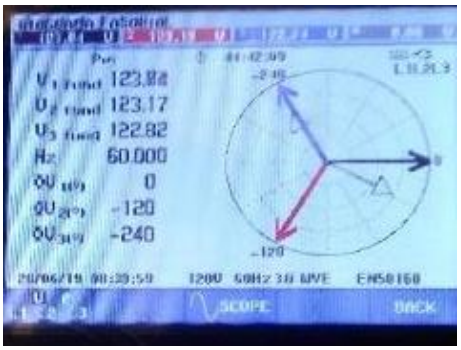


Figura 4. Diagrama de fasores de voltaje y corriente en las fases A, B, y C

En la Figura 5, se muestra la conexión del analizador con todos sus cables de voltaje y corriente en cada una de las tres fases (A negro, B rojo, C azul), neutro (blanco) y tierra (verde), de esta manera se quedó por tres días dentro del tablero, se tuvo que energizar de corriente alterna para no se descargue la batería y pueda registrar por tiempo completo todos los parámetros que se espera monitorear.

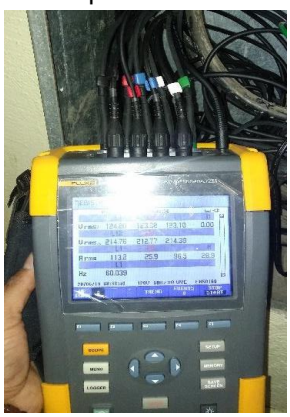


Figura 5. Analizador Conectado

 ISSN 2007-8102

El analizador se configuró para tomar muestras de las lecturas cada 5 minutos como es recomendable por los especialistas y guardarlas en su memoria *Secure Digital (SD*) de los siguientes parámetros: armónicos de corriente y de voltaje; factor de potencia; potencia activa; potencia reactiva; potencia aparente; energía activa, energía aparente, voltaje entre cada fase y neutro; voltaje entre fase y fase; corriente en cada fase; desequilibrio, *(flickers)* o parpadeos, distorsión armónica total.

Para tomar los datos, es necesario mantener el analizador dentro del tablero, de tal forma que sea posible conservar cerrada la tapa, para seguridad de las personas y del propio dispositivo. Para culminar la recolección de los datos, se requirió mantener conectado el analizador durante 72 horas, considerando que la batería del analizador cuenta con una duración de 22 horas, se colocó en un receptáculo dentro del mismo tablero, dejándolo conectado a la corriente de AC y que de esta manera sea posible almacenar la información todo el tiempo.

Lectura de la información

Para leer la información almacenada en el analizador, es necesario realizar la instalación del software Power Log 430 II, desde el sitio web de FLUKE: https://www.fluke.com/en/support/software-downloads/fluke-powerlog-application-software, Esta aplicación envía toda la información de manera detallada, mostrando los datos en periodos de cinco minutos, con fecha y hora de registro, durante las 3 días para la colección de los datos. La Figura 6 muestra la interfaz gráfica de la sección de resumen de la colecta de los datos del analizador.

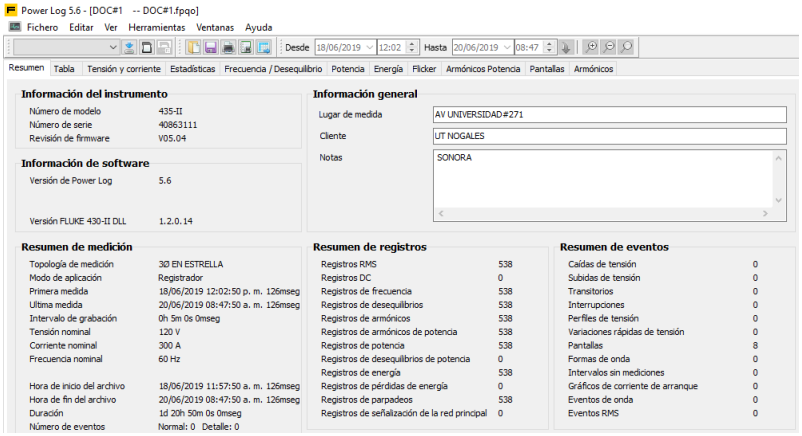


Figura 6. Interfaz gráfica del resumen de los datos

En una lista se muestran los parámetros guardador por el analizador y se pueden filtrar por valore mínimos, medios, máximos y total, se muestran por fecha y cada 5 minutos como fue configurado el analizador,

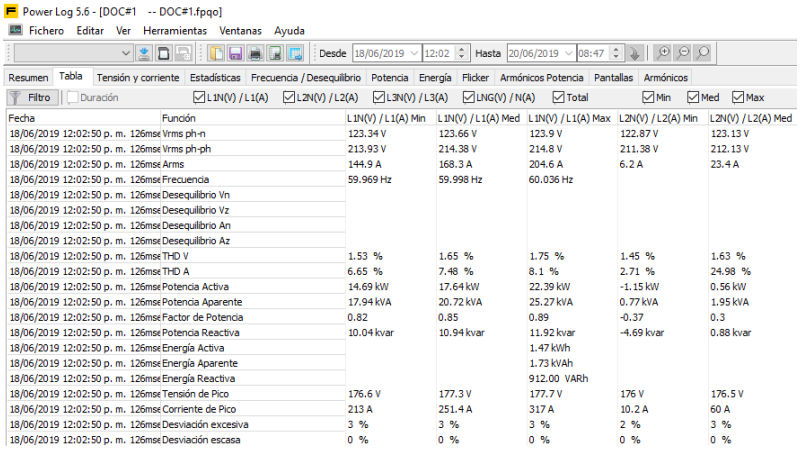


Figura 7. Interfaz de datos en forma de tabla

 ISSN 2007-8102

Interpretación de la información

Siendo el Fluke 435 II un poderoso analizador de calidad de la energía eléctrica, además de lograr la configuración de los parámetros de interés para ser monitoreados y lograr el almacenamiento interno de los mismos, es capaz de aplicar algoritmos inteligentes basados en la norma IEC 61000 4-30 Class-A, IEC 61000 4-15, IEC 61000 4-7 capaces de obtener en tiempo real los datos necesarios para el análisis de la calidad de la energía. Sin embargo, es necesario realizar una interpretación humana de la información, esto de acuerdo a la información de interés, al país donde se realice el estudio, así como a las características de las instalaciones que presentan afectación de la calidad eléctrica, lo cual se describe a continuación.

Resultados y discusión

En UTN, de acuerdo al resultado del análisis implementado, lo primero que se debe considerar, es la inexistencia del conductor de tierra física, por lo tanto, es necesaria la instalación de todos los conductores de tierra faltantes.

Una vez obtenidos los datos, se observó primeramente el Factor de Potencia (FP), ya que, éste es muy importante en relación al correcto uso de la energía, la relación entre la potencia activa y la potencia aparente, mostrando el porcentaje de la cantidad de energía que se convierte en trabajo. Idealmente, se espera que FP sea igual a la unidad y un número menor, indica que se está utilizando energía para generar campos magnéticos para conseguir el trabajo y este es regresado a la red de suministro, esta característica la adquieren los motores y los transformadores, también conocidas como cargas inductivas, que causan un retraso de la corriente con respecto del voltaje. De acuerdo al código de red, el valor mínimo aceptado es el 90% en media tensión; solo para alta tensión aplica el 95% (Risoul, 2019) (energía, 2016). Por debajo de este valor, los clientes se hacen acreedores de un recargo en la factura, y si el valor es superior al 90%, será acreedor a una bonificación.

Como se puede apreciar en las Figura 8, los valores del factor de potencia, son menores al 90%. Se observa la interfaz con los valores máximos, medio y mínimo, clasificados por colores, siendo el verde el indicador de mínimos, es notoria la presencia de mínimo, lo que indica un recargo en la factura.

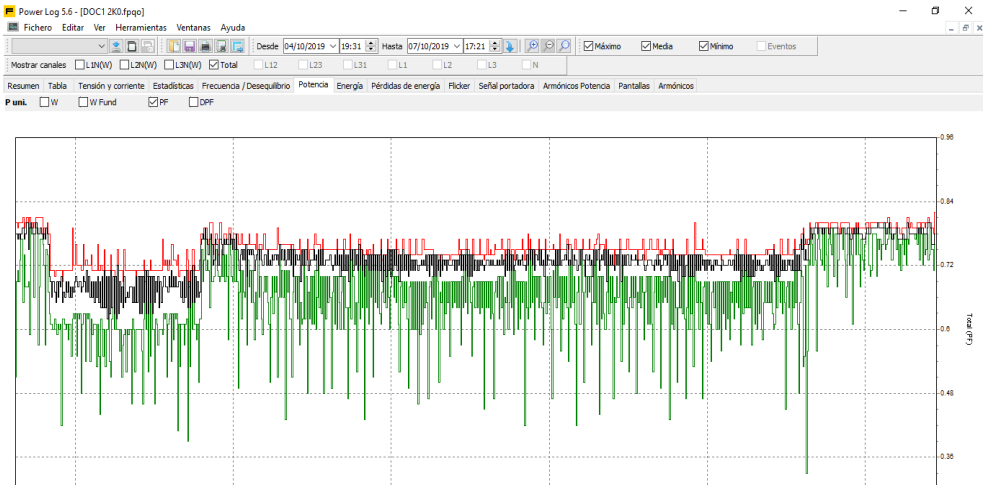


Figura 8. FP Máximo (rojo), Medio (negro) y Mínimo (verde)

De acuerdo a los valores mostrados en las imágenes anteriores, se conoce que es necesario subir el factor de potencia, siempre por encima del 90%, esto se puede lograr cambiando los dispositivos que consumen potencia reactiva por equipos más eficientes o instalando bancos de capacitores para compensar.

Otro parámetro que se debe analizar es el desequilibrio en tensión que se presenta, cuando existen diferencias de más del 2%, entre los valores eficaces para cada fase. La fórmula utilizada para este cálculo, se muestra en la Ec.1: (Teyra, 2007)

$$D(\%) = \frac{Um - Ued}{Ued} * 100 \qquad \text{Ec. 1}$$

Donde: *D%* es el desequilibrio
Um es el voltaje eficaz (rms) mayor de las tres fases
Ued es el promedio de los tres voltajes rms

$$Ued = \frac{U1 + U2 + U3}{3}$$

 ISSN 2007-8102

En base a los valores obtenidos en el análisis del presente estudio, se observa en la Figura 9 con color de resalto de texto, el desbalance máximo de voltaje, mismo que se utiliza para llevar a cabo el cálculo de este factor, en la parte inferior. A partir del resultado, es posible determinar que no existe desequilibrio de tensión.

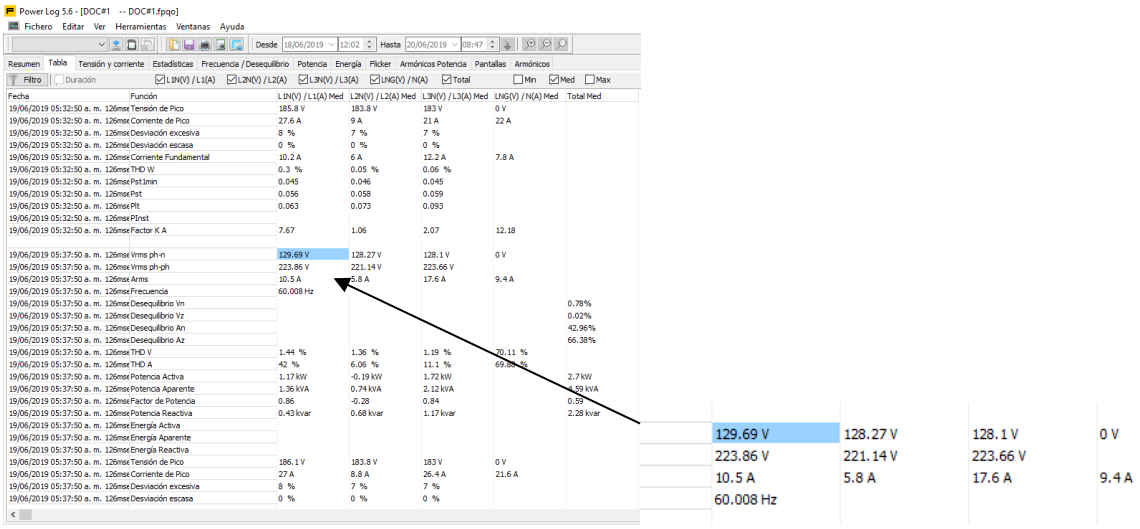


Figura 9. Desbalance máximo de voltaje

$$Ued = \frac{129.69 + 128.27 + 128.15}{3}$$

Ued = 128.57 Volts

$$D(\%) = \frac{129.69 - 128.57}{128.57} * 100$$

***D(%)* = 0.87% (no existe desbalance de tensión)**

Un factor muy importante a considerar es el cálculo del desbalance de corriente, el cual no debe superar el 10%, y su cálculo se lleva a cabo con la siguiente ecuación (Ec.2): (Teyra, 2007)

$$D(\%) = \frac{Im - Ied}{Ied} * 100 \qquad \text{Ec. 2}$$

Donde:

D% es el desequilibrio

Im es la corriente rms mayor de las tres fases

Ied es el promedio de las tres corrientes

$$Ied = \frac{I1 + I2 + I3}{3}$$

Nuevamente se toma de referencia los valores arrojados por el analizador, y se realiza el cálculo de dicho parámetro. Obteniendo como resultado un valor muy por encima del porcentaje esperado, lo que indica la existencia de desbalance de corriente.

 ISSN 2007-8102

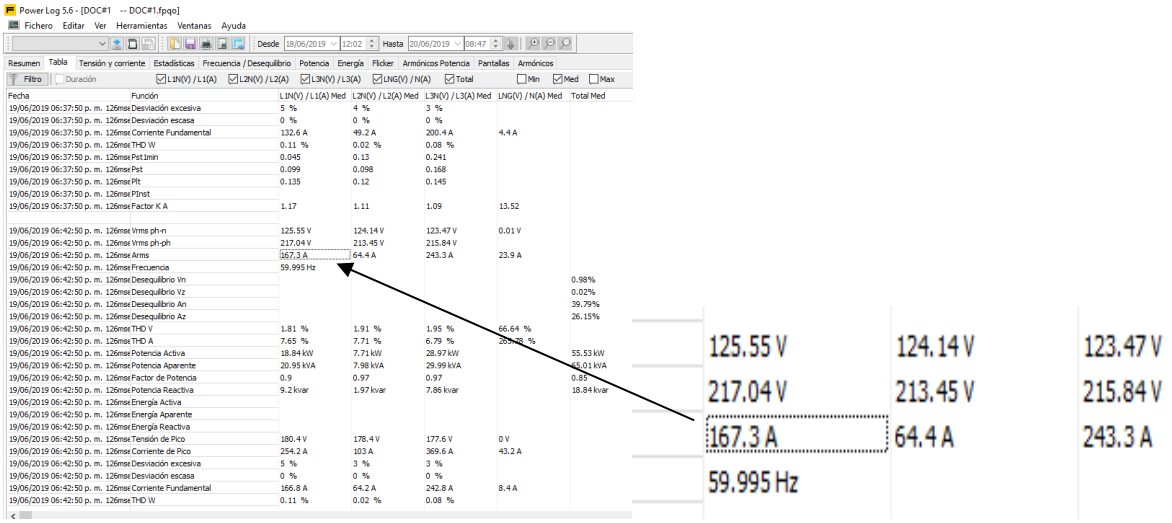


Figura 10. Desbalance máximo de corriente

$$Ied = \frac{167.3 + 64.4 + 243.3}{3}$$

Ied = 158.33 Ampere

$$D(\%) = \frac{243.3 - 158.33}{158.33} * 100$$

$D(\%) = 53.66\%$ **(Si existe desbalance de corriente, ya que supera por mucho el 10%)**

Es importante mencionar que el horario en el que se registraron estos valores, corresponde a la hora de inicio de clases para el turno vespertino, y derivado de la estación del año, se encienden los aparatos para climatización en cada aula, este fenómeno también afecta directamente a la facturación del servicio eléctrico ya que CFE realiza un cobro por demanda facturable, este importe es por la cantidad máxima de energía consumida en 15 minutos, el valor mayor que conocemos como valor pico es el que se toma en cuenta por la dependencia.

La Distorsión Armónica Total (THD) en tensión, es un parámetro de interés, este no debe exceder el 5% (Fluke, Armónicos, 2012). Se muestra en la Figura 11 los resultados obtenidos para este parámetro, los cuales, ninguna supera el límite establecido.

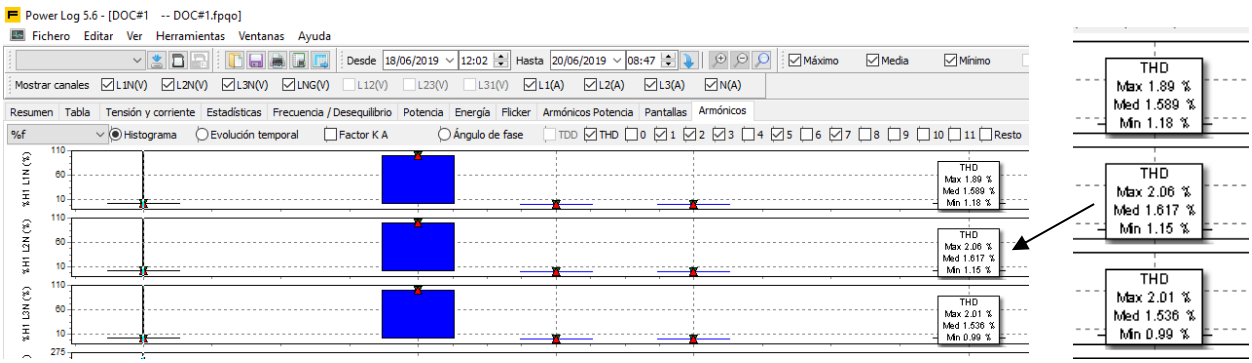


Figura 11. THD en tensión

Trabajo a futuro

Para completar el estudio se debe realizar el este mismo procedimiento en cada uno de los 8 edificios faltantes de la institución educativa, en diferente mes, para conjuntar la información sobre el consumo real de la Universidad.

Atender las recomendaciones y acciones para corregir los parámetros que están fuera de rango, y realizar nuevamente el estudio en el mismo edificio, verificando su impacto favorable de la calidad eléctrica y el pago del consumo de energía.

Conclusiones

En base al estudio realizado en el Edificio de Docencia I de la UTN, se puede determinar la necesidad de instalación de los conductores de tierra faltantes y asegurar su acceso; el reemplazo de los equipos de aire acondicionado y calefactores con más años de servicio; reemplazo de lámparas incandescentes y fluorescentes por tecnología Led de alta eficiencia; instalación de banco de capacitores inteligentes para mejorar el bajo factor de potencia; instalación de equipos de control automático de encendido y apagado de los dispositivos.

Con esto, se muestra la oportunidad de realizar una serie de actividades que permitirán ahorrar energía eléctrica y, por ende, reducir los costos de facturación por este servicio. Sin lugar a dudas este primer paso, es uno de los más importantes de este estudio, ya que muestra algunos problemas que deben existir en los otros edificios, y seguramente se espera que, en los laboratorios, donde se concentra gran cantidad de computadoras, equipo pesado y más aparatos electrónicos, existan problemas con los armónicos de corriente.

Además, brinda la pauta para aplicar dicho estudio en otras instituciones educativas públicas de la región, así como compañías particulares, que requieran un estudio energético, por lo que finalmente, se puede decir que la correcta utilización del analizador de la calidad de la energía puede ser de mucha ayuda para cualquier usuario del servicio de media y alta tensión, para poder monitorear en tiempo real y obtener la información necesaria para determinar si se está haciendo mal o correcto uso de la energía eléctrica en las instalaciones y de esta manera tomar la acciones necesarias.

Referencias

Eléctricidad, C. F. (14 de Julio de 2020). *Tarifas eléctricas*. (CFE) Recuperado el 14 de Julio de 2020, de https://app.cfe.mx/Aplicaciones/CCFE/Tarifas/TarifasCRENegocio/Negocio.aspx

energía, C. r. (8 de Abril de 2016). *Requerimientos del código de red para centros de carga*. (CRE) Recuperado el 12 de Mayo de 2020, de http://amuvie.mx/nube2/repository/biblioteca/RequerimientosdelC%C3%B3digodeRedparaCentrosdeCarga.pdf

Fluke. (02 de Febrero de 2012). *Armónicos*. (Fluke Corporation) Recuperado el 2 de Julio de 2020, de https://www.fluke.com/es-co/informacion/blog/sistemas-de-calefaccion-ventilacion-y-aire-acondicionado/armonicos

Fluke. (12 de Mayo de 2020). *Eficiencia energética*. (Fluke Corporation) Recuperado el 01 de Julio de 2020, de https://www.fluke.com/es-co/informacion/blog/eficiencia-energetica/identificar-ahorros-energeticos

Risoul. (23 de Agosto de 2019). *Proceso de auditoria para el código de red*. (risul) Recuperado el 10 de Junio de 2020, de https://www.risoul.com.mx/blog/proceso-de-auditoria-para-codigo-de-red

Teyra, M. A. (2007). ANÁLISIS DE UN SISTEMA DE POTENCIA DESBALANCEADO MEDIANTE HERRAMIENTAS ESTADÍSTICAS. EMPLEO DE COEFICIENTES COMPLEJOSY MODELACIÓN POR REDES NEURONALESARTIFICIALES. . *Energética, x*(37), 31 - 37.

Generación de un Plan de Acción para reducir la rotación de personal

L. Fuentes Rosas[1], L. Rojas Mora[1], L. Vázquez Tzitzihua[1],*
[1]División de Estudios de Ingeniería Industrial, Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico Superior de Tierra Blanca, Av. Veracruz s/n, Esq. Calle Héroes de Puebla, Col. Pemex, C.P. 95180, Tierra Blanca, Veracruz, México
*liliana.fuentes@itstb.edu.mx

***Área de participación**: Ingeniería Administrativa*

Resumen

El siguiente trabajo contribuyó con la reducción de la rotación de personal de una empresa verticalizada, fabricante de envase de vidrio, ubicada en la Cuenca del Papaloapan, perteneciente a uno de los grupos más prestigiados a nivel mundial. Se analizaron los datos sobre rotación de personal de tres años (2016 a 2018) cuyo índice anual alcanzó hasta un 13.35% (86 colaboradores) contra el 5% (32 colaboradores) permitido por el grupo, por tal razón se consideró una necesidad encontrar las estrategias que ayudaran a mitigar el problema. Para tal objetivo se validó un instrumento de salida y con base en el análisis de datos se diseñó un Plan de Acción que fue implementado durante el año 2019, los resultados a fin de ese año mostraron un turnover del 4.19% (27 colaboradores) lo que evidencia que las acciones fueron pertinentes y se logró el objetivo planteado.

***Palabras clave**: rotación, validación, plan*

Abstract

The following work contributed to the reduction of staff turnover of a verticalized company, a glass container manufacturer, located in La Cuenca del Papaloapan, belonging to the one of the most prestigious groups in the word. The data on staff turnover for three years (2016 to 2018) were analyzed, the annual rate of which reached up to 13.35% (86 employees) against the 5% (32 employees) allowed by the group, for this reason was considered a need to find strategies that help mitigate the problem. For this purpose, an output instrument was validated and based on the data analysis an Action Plan was designed that was implemented during 2019, the results at the end of that year showed a turnover of 4.19% (27 employees) which shows the actions were pertinent and the objective set was achieved.

***Key words**: rotation, validation, plan*

Introducción

Dentro de los muchos cambios que provocó el advenimiento de la Revolución Industrial sobresale el de convertir a la producción en uno de los principales focos de atención en la búsqueda del incremento de la riqueza y satisfacción de necesidades [1]. La satisfacción de necesidades no solo se limita a los clientes externos, también es menester de una buena organización ver por sus clientes internos: sus colaboradores. Otro de los legados fue el concepto de relaciones industriales, cuyo propósito fue, y sigue siendo, el mediador entre la parte patronal y el trabajador [2].

Tener colaboradores comprometidos, es sin duda, uno de los mayores desafíos de las organizaciones, pues significa tener bien alineados los intereses de los trabajadores con los de la empresa, sin embargo uno de los problemas cuya frecuencia es recurrente en las organizaciones es la inestabilidad laboral, que trae consigo consecuencias negativas y máxime cuando cubrir el puesto de trabajo se convierte en una actividad difícil [3].

 ISSN 2007-8102

La rotación laboral es ocasionada muy a menudo por la desmotivación y la insastifacción laborales [3] [4]. Cuando un colaborador deja a la organización enciende un foco que evidencia una ineficiente gestión del capital humano [4]. Algunas causas más, asociadas con la rotación, tienen que ver con bajo sueldo, definición incorrecta del puesto, asignación de metas muy elevadas, ausencia de liderazgo, lejanía del hogar, entre otras.

La rotación de personal (Turnover-TO), es un factor que tiene un gran impacto en la economía de las organizaciones, pero también atenta contra la productividad si es que no se ocupa el puesto vacante. Cuando el trabajador, se desvincula de la organización además de que se resiente la pérdida del capital humano, hay otras pérdidas económicas y se generan gastos por la búsqueda de quien ocupe el lugar de ese ex colaborador, los gastos son aún mayores cuando el trabajador es un elemento sumamente valioso para la empresa, sea esto consecuencia de un desempeño sobresaliente y de tener planes para su crecimiento y ascenso.

Evitar el TO es una tarea constante en las organizaciones, varios estudiosos al respecto coinciden en que disminuirlo implica acciones de integración, comunicación efectiva, contratación de personal adecuado, definición de planes de crecimiento, establecimiento de políticas a favor de la permanencia, mantenimiento de un balance entre salario y beneficios de compensación.

La organización, objeto del presente estudio, trabaja bajo el modelo Voyager Plant Optimization (VPO) [5] que significa un modo de operar como resultado de haber conjuntado las mejores maneras de hacer las cosas y asegurar que todos las hagan igual, esto permite medir constantemente el proceso, las variables y los resultados para enfocarse en la prevención. El VPO establece un modelo de gestión análogo a una casa en donde los pilares representa a la seguridad, calidad, medio ambiente, mantenimiento, logística, gestión y gente, tal como se muestra en la figura 1.

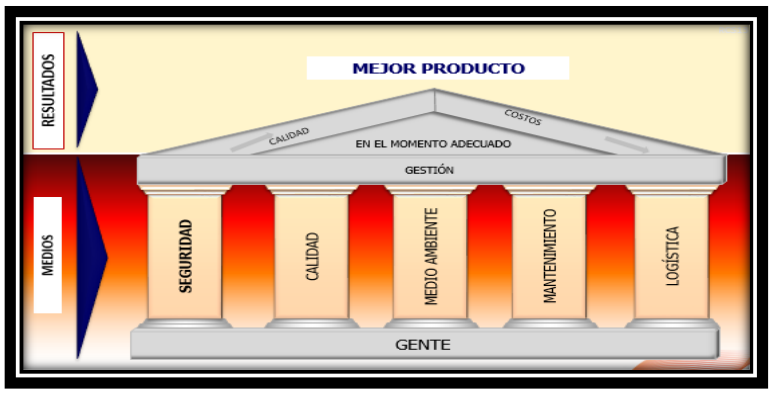


Figura 1. Casa VPO. Fuente: Manual Hand Book ABInBev

Cada pilar está estructurado en una pirámide con tres capas: 1) fundamentales, 2) gestionar para mantener y 3) gestionar para mejorar. Las capas contiene bloques. Los bloques de fundamentales son los procesos básicos que deben existir para permitir la ejecución de todos los métodos del pilar. Gestionar para mantener ayuda a los equipos a manejar la rutina y conservar los procesos y resultados. Los bloques de gestionar para mejorar ayudan a los equipos a alcanzar los objetivos y a optimizar continuamente los resultados usando herramientas y metodologías pertinentes.

En el caso del pilar de Gente está dividido en ocho bloques (ver figura 2), cada bloque representa procesos y procedimientos específicos. Todos estos procesos están estrechamente relacionados y conectados entre sí. Uno de los bloques más crítico es Gestión de la rotación (Turnover-TO).

En TO se analizan las renuncias voluntarias, principalmente, por ser una fuente valiosa que indica lo que no tiene a gusto al personal. Este análisis contempla la evaluación del ex colaborador, con los jefes directos, las compensaciones, programas de inclusión, instalaciones, entre otros puntos. Toda

 ISSN 2007-8102

esta información es de suma importancia para otro bloque: clima y compromiso (Engagement). En el bloque de clima y compromiso el principal objetivo es la retención de los colaboradores. Si el índice de rotación tiene un aumento impacta directamente a todas las actividades de clima y compromiso.

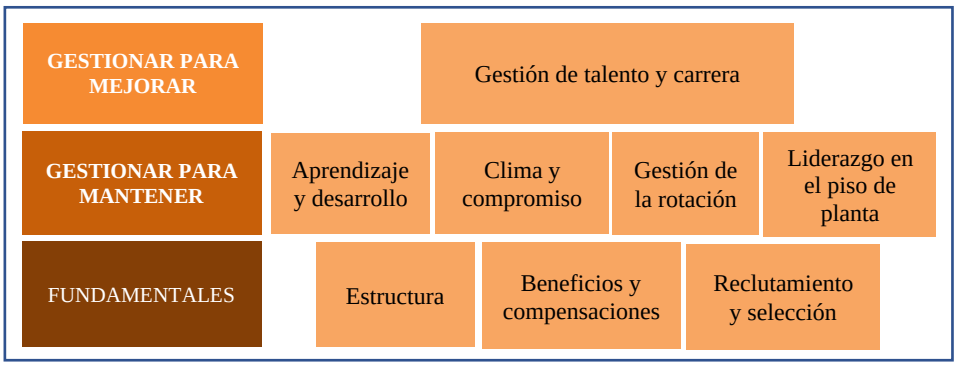


Figura 2. Bloques del pilar Gente en las tres capas. Fuente: Elaboración propia a partir del Manual Hand Book ABInBev

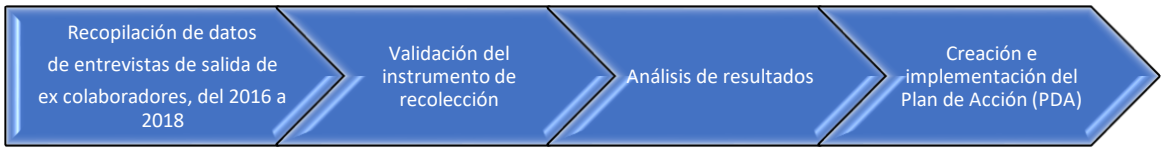
Para una gestión de retención efectiva, se debe tener una compresión detallada de la rotación en la organización. La compañía tiene la siguiente clasificación de rotación:

- Rotación voluntaria, que es originada por el colaborador
- Rotación involuntaria, que es originada por la organización, a menudo, debido a un bajo desempeño o reestructuración organizativa.
- Rotación lamentable (regrettable tunorver), es cuando los colaboradores que, si deciden salir voluntariamente, se tendría un mayor impacto/daño para la compañía debido a que tienen un gran rendimiento y/o un gran potencial y resultará difícil contratar o promover a alguien con el mismo nivel.

El alcance del Indicador clave de desempeño (KPI) de rotación incluye a todos los colaboradores de planta. Excluye a los colaboradores con una fecha de salida definida previamente (contratistas y/o trabajadores temporales), a colaboradores que se van por jubilación y los que fallecen.

Metodología

Para la realización del presente trabajo se siguieron estos pasos:



Recopilación de datos de entrevistas de salida de ex colaboradores del 2016 a 2018 y cálculo del índice de rotación de personal (IRP)

Se obtuvieron los datos de las rotaciones de personal desde el año 2016 a 2018, teniendo los resultados mostrados en la Tabla1, junto con el cálculo del índice de Rotación de Personal (indica la salud y el bienestar total del equipo) [6]. Es importante mencionar que la empresa mantiene 644 trabajadores en promedio de manera anual.

$$IRP = \frac{Nº\ de\ empleados\ que\ renunciaron}{Nº\ Promedio\ de\ empleados\ durante\ el\ mismo\ periodo\ específico} \times 100$$

 ISSN 2007-8102

Tabla 1. Datos de rotación del 2016 al 2018

Año	Rotación total	Rotación en personal Sindicalizado	Rotación en personal de Confianza	Rotación voluntaria	Rotación involuntaria	Índice de Rotación de Personal
2016	69	44	25	28	41	10.7%
2017	86	37	49	32	54	13.3%
2018	47	22	25	20	27	7.3%

Se obtuvieron datos de las rotaciones por departamento, mismos que se muestran en la tabla 2.

Tabla 2. Datos de rotación por departamento

Departamento	2016	2017	2018
Decorado	27	32	11
Mantenimiento	15	16	16
Logística	8	11	5
Calidad	6	7	4
Formado	4	7	5
Gente y Gestión	5	5	4
Fundición	1	2	0
Gerencia General	1	2	0
Seguridad	2	2	2
Finanzas	0	1	0
Medio ambiente	0	1	0
TOTAL	**69**	**86**	**47**

Como puede observarse en el historial de estos tres años, los tres departamentos con mayor rotación son Decorado, Mantenimiento y Logística.

Validación de contenido del instrumento de recolección

En la organización, cada vez que un colaborador abandona la compañía, se le solicita responda una entrevista de salida, el propósito es recopilar comentarios sobre su experiencia, que servirá para definir acciones de mejora en las operaciones y relaciones con los colaboradores y evitar en el futuro la rotación. La entrevista de salida solamente se aplica a las renuncias voluntarias.

La entrevista de salida contiene 39 preguntas divididas en tres partes. La primera hace referencia a las principales razones de la separación; la segunda parte es respecto a la trayectoria del colaborador, como crecimientos laterales, responsabilidades, paquete de compensaciones entre otras y la tercera parte son preguntas generales en las que el ex colaborador destaca cuáles fueron las razones por las que se sintió atraído hacia la compañía, califica el liderazgo en la empresa y le da la opción de compartir sus ideas sobre lo que podría mejorarse.

Dado que la entrevista de salida se considera un instrumento de contenido psicológico, para la validación de la misma se siguió la modificación propuesta por Tristán [7] al Modelo de Lawshe [8], que consiste en los siguientes pasos:

- Convocar a un panel de validez de contenido integrado por especialistas o expertos.
- Someter al escrutinio de los especialistas los ítems de un cuestionario.
- Contabilizar el total de casos clasificados por los panelistas como “esencial”.
- Determinar la Razón de Validez de Contenido (Content Validity Ratio, CVR).

 ISSN 2007-8102

$$CVR = \frac{n_e}{N}$$

Donde:
ne= número de panelistas que tienen acuerdo en la categoría “esencial”
N= Número total de panelistas

- Considerar como aceptables los ítems cuyo CVR sea superior o igual a 0.5823.
- Determinar el Índice de Validez de Contenido (Content Validity Index, CVI) como promedio de los CVR de todos los ítems del cuestionario. El CVI se debe interpretar como la concordancia entre la capacidad (habilidad, competencia, conocimiento, etc.) solicitada en un dominio específico y el desempeño solicitado en la prueba que trata de medir dicho dominio.

$$CVI = \frac{\sum_{i=1}^{M} CVRi}{M}$$

CVR_i = Razón de Validez de Contenido de los ítems aceptables de acuerdo con el criterio de Lawshe.
M= Total de ítems aceptables de la prueba.

Se compartió el instrumento (entrevista de salida) a ocho expertos, todos ellos pertenecientes a empresas del grupo, cuatro de ellos de empresas nacionales y cuatro de empresas extranjeras. La característica de estos expertos es contar con al menos siete años en puesto de jefatura del área de recursos humanos (ahora llamada gente y gestión en el grupo). Cada uno de los expertos calificó las preguntas, colocando la nomenclatura siguiente: Esenciales (ES), Importantes, pero no esenciales (INS) y las Innecesarias (IS).

La tabla 3 muestra los resultados de la calificación de cada uno de los expertos, el resultado del cálculo del CVR y el veredicto de aceptación o no aceptación de la pregunta. Los datos CVR de la tabla muestran que, de 39 preguntas iniciales se quedaron 22.

Tabla 3. Calificación de los expertos

Ítem	Exp 1	Exp 2	Exp 3	Exp 4	Exp 5	Exp 6	Exp 7	Exp 8	ES	CVR	Veredicto
Datos Personales	ES	ES	ES	ES	ES	ES	ES	ES	8	1	**Aceptado**
Información Adicional	ES	ES	ES	ES	ES	ES	ES	ES	8	1	**Aceptado**
Concepto de baja	ES	ES	ES	ES	ES	ES	ES	ES	8	1	**Aceptado**
Razón	ES	ES	ES	ES	ES	ES	ES	ES	8	1	**Aceptado**
Crecimiento profesional	ES	ES	ES	ES	ES	ES	ES	ES	8	1	**Aceptado**
Movimientos laterales	INS	INS	INS	IS	INS	ES	INS	INS	1	0.125	No aceptado
Plan de carrera	INS	ES	INS	INS	INS	INS	INS	ES	2	0.25	No aceptado
Paquete de beneficios	INS	IS	INS	INS	INS	ES	INS	INS	1	0.125	No aceptado
Carga laboral y responsabilidades	IS	INS	INS	INS	ES	ES	ES	INS	3	0.375	No aceptado
Comunicación sobre beneficios	INS	IS	INS	ES	INS	INS	INS	ES	2	0.25	No aceptado
Satisfacción con los beneficios	ES	ES	ES	ES	ES	ES	INS	INS	6	0.75	**Aceptado**
Compensación mensual	INS	ES	ES	INS	ES	ES	INS	INS	4	0.5	No aceptado
Capacitación	ES	INS	ES	ES	INS	INS	ES	INS	4	0.5	No aceptado
Modalidades de capacitación	ES	INS	INS	INS	INS	ES	ES	ES	4	0.5	No aceptado

Plan de capacitación anual	ES	INS	ES	INS	ES	ES	INS	INS	4	0.5	No aceptado
Liderazgo del jefe	INS	INS	INS	INS	INS	INS	INS	INS	0	0	No aceptado
Información de la compañía	INS	INS	INS	ES	INS	ES	INS	INS	2	0.25	No aceptado
Interacción con líderes	ES	IS	INS	IS	ES	ES	ES	ES	5	0.625	**Aceptado**
Información por jefe	ES	ES	ES	ES	ES	ES	ES	ES	8	1	**Aceptado**
Escucha del jefe	INS	INS	INS	ES	ES	ES	INS	INS	3	0.375	No aceptado
Retroalimentación del jefe	INS	INS	ES	ES	ES	ES	INS	INS	4	0.5	No aceptado
Reconocimiento por parte del jefe	ES	ES	ES	ES	ES	ES	ES	ES	8	1	**Aceptado**
Apoyo del jefe	ES	ES	ES	INS	INS	ES	ES	ES	6	0.75	**Aceptado**
Equilibrio entre trabajo y persona	ES	ES	ES	ES	ES	ES	ES	ES	8	1	**Aceptado**
Jornadas de trabajo	INS	INS	ES	INS	ES	INS	INS	INS	2	0.25	No aceptado
Vacaciones	ES	ES	ES	INS	INS	INS	INS	ES	4	0.5	No aceptado
Horas extra	ES	ES	ES	ES	INS	INS	INS	IS	4	0.5	No aceptado
Inducción global	INS	IS	ES	IS	INS	INS	INS	IS	1	0.125	No aceptado
Inducción del puesto	ES	ES	ES	ES	ES	ES	ES	ES	8	1	**Aceptado**
Atención del jefe en el primer mes	INS	ES	INS	INS	ES	ES	ES	INS	4	0.5	No aceptado
Material de trabajo	INS	ES	ES	ES	ES	ES	INS	INS	5	0.625	**Aceptado**
Oferta de trabajo	ES	ES	ES	ES	ES	ES	ES	ES	8	1	**Aceptado**
Puntos favorables de la compañía	INS	ES	INS	INS	INS	ES	INS	INS	2	0.25	No aceptado
Atractivo de la compañía	INS	ES	INS	INS	INS	INS	INS	INS	1	0.125	No aceptado
Liderazgo general	ES	ES	ES	ES	INS	INS	ES	ES	6	0.75	**Aceptado**
Expectativa del trabajo	ES	ES	ES	ES	ES	ES	ES	ES	8	1	**Aceptado**
Empatía de la compañía	ES	ES	ES	ES	ES	ES	ES	ES	8	1	**Aceptado**
Nuevo empleo	ES	ES	ES	ES	ES	ES	INS	ES	7	0.875	**Aceptado**
Lo mejor de la compañía	ES	ES	ES	ES	INS	ES	ES	ES	7	0.875	**Aceptado**
Mejoras de la compañía	ES	ES	ES	ES	ES	ES	ES	ES	8	1	**Aceptado**
Sugerencias	INS	IS	INS	IS	IS	INS	INS	IS	0	0	No aceptado
Comentario entrevistador	ES	ES	ES	ES	ES	ES	ES	ES	8	1	**Aceptado**
Cometario de jefe	ES	ES	ES	ES	ES	ES	ES	ES	8	1	**Aceptado**

$$CVI = \frac{\sum_{i=1}^{M} CVRi}{M} = \frac{20.25}{22} = 0.9204$$

Creación e implementación del Plan de Acción (PDA)

En conjunto con los gerentes de área y el equipo de gente y gestión, y con base en la información de las entrevistas de salida y de los resultados de encuestas de clima y compromiso además apoyados en la literatura, se procedió a la elaboración de un Plan de Acción.

La información obtenida señala como puntos de atención:

a. Servicio en el área de comedor
b. Inducción a la compañía
c. Adaptación al puesto
d. Paquete de beneficios
e. Infraestructura de algunas áreas
f. Eventos de integración
g. Liderazgo presencial de jefes

Dentro del PDA se enlistaron las actividades a realizar por los miembros del departamento referentes al bloque de Engagement (clima y compromiso) con la finalidad de tener un acercamiento con los colaboradores y que van de la mano con los puntos de atención identificados.

- Actividades de inclusión, principalmente al personal sindicalizado.
- Eventos sociales, dentro de la organización, con las familias de los colaboradores.
- Reconocimiento al personal por todos los logros y hazañas que alcancen dentro de sus áreas de trabajo.

Las acciones que integraron el PDA fueron 18, se muestran en la tabla 4 junto con el punto de atención a solventar; en el PDA se detallaron con fecha, responsables, estatus de seguimiento y comentarios:

Tabla 4. Acciones que integraron el PDA 2019

Acción	Punto de atención a solventar
Realizar cambio de proveedor de alimentos en el comedor	a
Dar seguimiento a menú de comedor	a
Identificar posibles candidatos con probabilidad de rotación	c
Retroalimentar al personal en temas de alcoholismo	b
Dar seguimiento semanal a los nuevos ingresos	c
Realizar censo de escolaridad entre colaboradores	b
Realizar recorrido semanal de servicios generales	e
Solicitar tallas de uniformes de todo el personal para primera entrega de uniformes	d
Ofrecer cursos sobre compensaciones y beneficios	b, d
Planear evento guadalupano	f
Realizar evento de otorgamiento de planta	b, f
Incluir a las familias de los colaboradores en los eventos internos	f
Reconocer al personal en el tablero de Supply mensualmente por pilar y por área respectivamente con sus jefes inmediatos	b, g
Realizar pedido de camisa y mochila para los reconocimientos de fin de año en servicio	b, d
Confirmar entrega de reconocimientos	b, d
Platicar con los colaboradores en cambio de turno	g, c
Dar seguimiento a la rutina de hablar con un colaborador de planta	g, c
Organizar cena para los trabajadores en turno el día 24 de diciembre	f

Resultados y discusión

Una vez gestado, diseñado e implementado el PDA se procedió a darle el seguimiento correspondiente durante el año 2019. Los resultados al final de año con referencia a TO indican que se desvincularon 27 colaboradores, 20 sindicalizados y 7 de confianza, que al cálculo del índice correspondiente arroja un valor del 4.2%, por abajo del valor permitido por el grupo, logrando un decremento del 3.1 puntos porcentuales con respecto al 2018.

En cuanto a la rotación por departamento en Decorado se registraron 12 desvinculaciones, 7 en Mantenimiento, 5 en Formado y 3 en Calidad. El departamento de mantenimiento bajó su TO en poco menos del 50%, sin embargo, en Decorado y Formado el indicador no sufrió modificación favorable.

Trabajo a futuro

Es importante abrir una investigación referente a las causas que intervienen para que los departamentos de Decorado y Mantenimiento tengan los índices de rotación más altos, y también probar la eficiencia del PDA a través de cuestionamientos con el personal involucrado, además de darle el seguimiento correspondiente en conjunto con las encuestas de clima y compromiso. Interesante, será de igual manera, realizar el análisis de las 27 entrevistas de salida de los ex colaboradores para retroalimentación del PDA.

Conclusiones

Al finalizar la investigación se logró cumplir con el objetivo planeado, el índice de TO se colocó por debajo del valor permitido. Se identificó que el departamento de Decorado es el que tiene mayores incidencias en el TO.

Es importante recalcar, que con los datos recopilados se determinó que si las acciones de mejora logran incrementar el engagement la cantidad de TO en la empresa disminuirá considerablemente (comentario a reserva de probarse con un análisis de regresión dado que actualmente en la empresa se tienen solamente tres puntos, que, aunque parecen sustentar lo expuesto pudieran no ser suficientes).

Se recomienda, finalmente, no descuidar la parte relacionada con la inclusión del personal y demás acciones contempladas en el plan de acción.

Referencias

[1] A. Piantini, M. Ledezma, y N. Rivera, “El impacto de la rotacin de personal en las empresas constructoras del estado de Nuevo Len,” *Contexto Revista de la Facultad de Arquitectura de la Universidad Autónoma de Nuevo León*, vol. 5, no. 5, pp. 83-91, 2011.

[2] F. Jiménez e I. Mariño, “Investigación y análisis de la rotación de talento humano en las cadenas de comidas ráppidas y su impacto en la productividad laboral,” *Dominio de las Ciencias,* vol. 4, no. 3, pp. 449-465, 2018.

[3] Y. Hernández, G. Hernández, y A. Mendieta, “Modelo de rotacin de personal y prácticas organizacionales,” *Historia y Comunicación Social,* vol. 18, no. Especial, pp. 837-863, 2013.

[4] R. Flores, J. Abreu y M. Badii, “Factores que originan la rotación de personla en las empresas mexicanas,” *Intenational Journal of Good Conscience,* vol. 3, no. 1, pp. 65-99,

[5] 2008.

[6] *Hand Book ABInBev*, ABInBev2008.

[7] F. Arias, *Administración de Recursos Humanos.* México: Trillas, 1990.

A. Tristán, “Modificación al modelo de Lawshe para el dictamen cuantitativo de la validez de

[8] contenido de un instrumento objetivo,” *Avances en Medición,* no. 6, pp. 37-48, 2008.

C. Lawshe, “A quantitive approach to content validity,” *Personnel Psychology,* vol. 28, no. 4, pp. 563-575, 1975.

Tecnologías de calidad para la gestión y control de pedidos mediante el análisis de riesgos

L.F. Dávila Pérez[1] y L. Dávila-Nicanor[*1]*

[1]Universidad Autónoma del Estado de México, Centro Universitario Valle de México, Boulevard Universitario s/n Predio San Javier, Atizapán de Zaragoza, Edo. Mex. México
ldavilap695@alumno.uaemex.mx , *ldavilan@uaemex.mx

***Área de participación**: Ingeniería Administrativa*

Resumen

En el presente artículo de investigación, se ha propuesto el desarrollo de una nueva tecnología informática para mejorar la calidad en el proceso de control de gestión de pedidos, esto es a partir del análisis de riesgos. El propósito del sistema es aportar a la organización que lo utiliza: competitividad, eficiencia, rendimiento y confiabilidad en sus procesos de venta, tomando en cuenta las herramientas fundamentales del esquema del negocio cliente – proveedor. Para ello, se ha tomado como base los resultados del análisis de riesgos. Así en la selección del marco de trabajo y del diseño del sistema, se ha optado por el marco de trabajo de SCRUM y los patrones de diseño para el desarrollo del sistema. Los resultados muestran como una adecuada planeación, proyecta de forma eficiente las variables de la calidad en el proceso y producto, para la atención del proceso de control y gestión de pedidos.

***Palabras clave**: Proceso de control de gestión, Análisis de riesgos, Calidad en el servicio.*

Abstract

In this proposal, the development of a new information technology has been proposed to improve quality in the order management control process, this is from risk analysis. The purpose of the system is to contribute to the organization that uses it: competitiveness, efficiency, performance and reliability in its sales, taking into account the fundamental tools of the client-supplier business scheme. For this, the results of the risk analysis have been taken as a basis. Thus, in the selection of the framework and system design, the SCRUM framework and design patterns were chosen for the development of the system. The results show how an adequate planning, efficiently projects the quality variables in the process and product, for the attention of the control process and order management.

***Key words**: Management control process, Risk analysis, Service quality.*

Introducción

Los procesos de control de gestión se refieren al conjunto de tareas y comportamientos relacionados en forma lógica que las organizaciones desarrollan con el tiempo para producir resultados específicos en los negocios y la forma única en que se organizan o se coordinan estas actividades [1]. Desarrollar un nuevo producto, generar y completar un pedido, establece una estrecha coordinación de las funciones de ventas, contabilidad y manufactura mediante las tecnologías de la información son una fuente de solidez competitiva. Para ello también es preciso definir sus etapas: la planeación y generación de estrategias, organización de recursos, la medición y control de los resultados de ventas y la retroalimentación de resultados para establecer evaluaciones y ajustes [2].

La administración de un proyecto de software, tiene una complejidad significativa, porque mientras que cualquier otro producto es tangible, un producto de software al inicio, sólo es un conjunto de ideas intangibles. Es tarea de líder del proyecto, estimar y proyectar esas ideas en una solución de software lo suficientemente robusta para solucionar la necesidad del proceso que se atiende. En este trabajo se ha desarrollado un sistema de software para el proceso de control y gestión de pedidos, tomando como base el análisis de riesgos para la selección del marco de trabajo y el diseño

y desarrollo de la propuesta. En este caso el sistema que ha resultado, opera de forma eficiente y confiable, garantizando la calidad en el servicio que proporciona a sus usuarios.

Trabajo Relacionado

El control de gestión es un sistema organizado para provocar que los gestores descentralizados tomen a su debido tiempo las decisiones adecuadas para alcanzar los objetos estratégicos perseguidos por cada unidad por la empresa [3]. Actualmente el control de gestión se apoya en una serie de programas realizados por expertos y bajo la guía del personal del departamento de control de gestión. Sin embargo estos programas son limitados y cualquier modificación suele requerir la intervención de los expertos en programación que los elaboraron. Algunas de las mejoras que han proporcionado los sistemas y tecnologías de información al control de gestión son la posibilidad de realizar análisis más profundos (con distinto nivel de detalle), más amplios (con distintas fuentes y gran volumen de información) y con menores tiempos de respuesta.

De acuerdo a [4], un sistema de información es un par (U, A), donde $U = \{x_1, x_2,..., x_n\}$ es un conjunto finito y no vacío de objetos llamado el universo del discurso y $A = \{a_1, a_2,..., a_m\}$ es un conjunto finito no vacío de atributos, de modo que $a: U \rightarrow Va$ para cualquier $a \in A$. Es decir un sistema de información cumple su propósito en base de sus atributos. En este caso la mayor problemática es que el conjunto de transacciones que se puede esperar en el alcance del sistema, para el control de gestión de pedidos, tiene que ver con el número de productos que maneja y el número de clientes a quien va dirigido, lo que hace un conjunto infinito de opciones, el que además sólo puede especificarse hasta el momento en donde los clientes realizan los pedidos. Se necesita un sistema de información a escala múltiple para representar conjuntos de datos que tienen estructuras de escala jerárquica medidas en diferentes niveles de granulación en los que cada atributo es un criterio.

Administración de Proyectos de Software y Marcos de Trabajo

La administración de los proyectos de software es compleja, puesto que cuando se establece el propósito de un sistema, todas las bases dependen del análisis del proceso que se pretende atender y del enfoque de la empresa en relación de este proceso [5]. Así el análisis de los manuales de operación, los lineamientos y la experiencia de los especialistas (Stakeholders), derivan en un conjunto de ideas que son la base para establecer: esquemas de trabajo, la organización de las actividades y fases del proyecto, los métodos y técnicas para asegurar la calidad del proceso y del producto. De esta forma, el primer objetivo dentro del enfoque de la administración para proyectos, es realizar un análisis de factibilidad técnica, operativa y económica, porque dependiendo de los resultados es que se puede estimar, si el valor del producto es conveniente y realizable, se tienen los elementos de decisión para seguir adelante con el proyecto o dejarlo. El análisis de riesgos, como parte de la factibilidad aborda todos los aspectos del proyecto, estimando la proyección de las situaciones adversas que puedan ocurrir en la organización del equipo, el proceso de desarrollo y las características de producto final. Así un riesgo se puede definir como: la probabilidad de que pueda ocurrir una situación o circunstancia adversa al proyecto [6]. Además de identificar un riesgo es necesario asentar la probabilidad de su ocurrencia y los efectos que puede tener, este aspecto se puede abordar teniendo bitácoras de proyectos parecidos. También es necesario establecer planes de contingencia para evadir o minimizar sus efectos en el proyecto que se estudia. Finalmente, establecer mecanismos de monitoreo a lo largo del proyecto, son aspectos para establecer un buen análisis de riesgos.

Una de las principales preocupaciones en el desarrollo de un sistema de software es la selección de la metodología adecuada para garantizar que el producto cumpla con las restricciones de tiempo, presupuesto y esfuerzo. Como metodologías bases se tiene la de cascada, desarrollo de prototipos, desarrollo incremental [7] y recientemente ha mostrado resultados satisfactorios el esquema de trabajo de SCRUM. Todas las metodologías se basan en la resolución de necesidades o requerimientos, en el esquema de SCRUM se denominan hitos.

SCRUM es un Framework que se basa en un proceso iterativo incremental del Proceso de Desarrollo de Software, comúnmente usado con desarrollo de software ágil. Entre sus características más importantes se tiene [8]:

- Colaboración estrecha con el cliente al que se le denomina Product-owner
- Predisposición y respuesta al cambio mediante el equipo (ScrumTeam y ScrumMaster)

- Desarrollo incremental con entregas frecuentes (Sprint)
- Comunicación verbal directa mediante bitácoras (Sprint Planning y Daily Scrums)
- Motivación, compromiso y responsabilidad del equipo por la autogestión (Sprint Review y Sprint Retrospective)

En la actualidad es uno de los marcos de trabajo que es la base en múltiples empresas de desarrollo, aunque su aceptación no ha sido fácil, en algunos casos fue tomada como la última alternativa en la decadencia e inminente quiebre de algunas empresas [9].

Desarrollar un producto de software, tiene una complejidad notable, porque mientras que la mayoría de los productos son tangibles, hacer un sistema de software al inicio es intangible ya que se basa en ideas, cuya fuente es la necesidad que las detona. La planeación del proyecto es fundamental para que todo el proceso de manufactura del producto pueda realizarse de forma exitosa. La identificación, organización y calendarización de las diferentes actividades implícitas en este proyecto es la base de la estrategia del negocio. El análisis de riesgos es clave para una adecuada proyección, establecer situaciones adversas que puedan ocurrir, el impacto de sus efectos en el proyecto y las estrategias para monitorear, evadir estos riesgos así como el desarrollo de los planes de contingencia ante su presencia es la esencia de este análisis. En esta propuesta se presenta el desarrollo de un sistema para automatizar el proceso de control de gestión de pedidos, que tiene como base el análisis de riesgos para establecer las tecnologías utilizadas y la metodología del proceso de desarrollo del producto de software.

Metodología propuesta

El desarrollo del Sistema de Información de Control de Gestión de Pedidos (SICGP), se realizará de acuerdo a la metodología propuesta.

1. *Análisis de riesgos*. El análisis y la planeación para la gestión de control de pedidos se fundamentará en el análisis de riesgos, de acuerdo al proceso de transacciones de ventas.
2. *Planeación de Sprints mediante el análisis de funcionalidad*. En esta etapa será determinada la funcionalidad del sistema y la proyección de las etapas de entrega.
3. *Diseño del sistema*. En función de las estrategias planteadas será seleccionada la técnica de diseño más adecuada para plantear una arquitectura de software de acuerdo a las necesidades establecidas.
4. *Implementación del sistema*. Será implementado el sistema propuesto para la gestión de pedidos de acuerdo a la funcionalidad y diseño establecidos previamente.

1. Análisis de riesgos

En el caso del propósito del sistema de control y gestión de pedidos (SICGP), se debe garantizar que el conjunto de transacciones que se pueden realizar sea de forma eficiente y confiable, aunque no se puedan proyectar de forma exacta el número de transacciones, esta tendencia puede ser del orden de millones. Esto es teniendo en cuenta las tecnologías con las que operan los clientes para las compras en la actualidad.

Se han identificado alrededor de 40 riesgos y se han seleccionado para presentar la Tabla 1, los de probabilidades altas con impactos muy altos. En este caso, las probabilidades se han establecido, de acuerdo a las bitácoras que se tienen de proyectos cuyos propósitos son similares al del sistema que se propone.

Tabla 1. Matriz de Riesgos para el Sistema de Control y Gestión de Pedidos

ID	Descripción	Proba-bilidad	Impacto	Plan de Contingencia
R1	Falta de comunicación entre el grupo de desarrollo y el cliente	Alta 80%	Muy Alto 95%	Es necesario establecer una técnica de desarrollo de software, que permita establecer avances en acuerdo con el cliente y que ello no implique el retraso del plan de actividades. Para este caso el marco de trabajo de Scrum es adecuado.
R2	Que las tecnologías seleccionadas no	Alta 65%	Alto 90%	En el desarrollo del proyecto es necesario utilizar lenguajes y técnicas que puedan ser ejecutadas en la

	permitan el adecuado uso y funcionamiento del sistema, en todas las regiones y equipos móviles a los que pretenda llegar			mayoría de los sistemas operativos que tiene los diversos dispositivos móviles como Smartphone y equipos de cómputo. Con Lenguaje Java, se tiene como propiedad natural la interoperabilidad, es decir que se puede ejecutar en cualquier dispositivo, por lo cual es pertinente su uso en el proyecto.
R3	Cálculo inadecuado del número de usuarios hacia quien va dirigido el sistema y que se presente un incremento dramático en el uso del sistema	Alta 65%	Muy Alto 100%	En la proyección de la arquitectura del sistema en hardware y software se deben tener en cuenta los costos de las siguientes variables: número de usuarios, dimensiones del hardware, alcances en las licencias del software que se utilice. Los patrones de diseño son una opción factible porque son parte del paradigma orientado a objetos como lo es el "Lenguaje Java", además tienen la propiedad de ser escalables, es decir pueden crecer teniendo sólo como limitante la memoria del equipo en donde se ejecutan.
R4	Inadecuado establecimiento de tiempos y fechas en la planeación	Alta 65%	Muy Alto 100%	La metodología de desarrollo empleada debe tener un marco que permita la evolución de los tiempos de acuerdo al avance del proyecto. Nuevamente el marco de Scrum presenta en cada etapa o Sprint una planeación de acuerdo a los backlogs que se tienen de etapas previas.
R5	Cambios en los costos establecidos a un inicio de la planeación en relación de las tecnologías seleccionadas	Alta 70%	Muy Alto 90%	En este caso las tecnologías utilizadas deben tener un margen aceptable de variabilidad, de tal forma que los impactos en el costo del proyecto sean menores. El lenguaje de desarrollo Java no tiene costos en su uso, lo que da un esquema seguro en el costo de su uso.
R6	Cambios en las políticas de aceptación por parte de los clientes	Alta 65%	Muy Alto 90%	Se debe contemplar un esquema en donde sea posible establecer acuerdos de aceptación del producto de software en relación de su avance. En Scrum, cada avance es acordado y firmado con el cliente, lo que no permite cambios al final de proyecto

De acuerdo a los resultados del análisis de riesgo, es evidente que la metodología de desarrollo y el diseño del sistema son variables determinantes el desarrollo del sistema para atender el proceso de control de gestión de pedidos de forma eficiente. En el desarrollo del proyecto establecer avances en acuerdo con el cliente, en relación de los tiempos de evolución del proyecto y de la aceptación del producto de software, son necesidades de alto riesgo. Para el desarrollo de este sistema se ha seleccionado el Marco de trabajo Scrum. Este esquema de trabajo, establece que el proyecto sea dividido en Sprints, una de las grandes ventajas es que el avance en cada uno de ellos es en acuerdo con el cliente y su duración no excede las 4 semanas, por lo que también se considera una metodología ágil.

El análisis de riesgos, también asienta la necesidad de visualizar técnicas eficientes en ámbito de diseño que permitan crear sistemas capaces de manejar de forma adecuada un número de transacciones de orden exponencial y que además sean alcanzables por cualquier tecnologías actual en lapsos tiempos aceptables, es decir que el sistema sea portable y eficiente, que son dos atributos de calidad importantes. En este caso se ha seleccionado el Lenguaje Java para el desarrollo del sistema, lo que beneficia los costos, porque su uso no incluye el pago por licencias. Otra ventaja es que debido a su naturaleza, este lenguaje es portable [10]. En este caso también se ha seleccionado la técnica de patrones de diseño [11] que ofrece soluciones que mejoran el rendimiento de los sistemas en su procesamiento y la optimización de la memoria, que son dos aspectos claves para mejorar la eficiencia de los sistemas.

2. Planeación de Springs mediante el análisis de funcionalidad.

Tomando este análisis y de acuerdo al framework de Scrum, se han determinado 3 Sprints para la elaboración del proyecto, con una duración de 4 semanas cada uno. En las tablas 2, 3 y 4 se muestran los hitos o necesidades que se han planteado en cada uno. De acuerdo al marco de trabajo

de Scrum en el avance del proyecto, hay una colaboración estrecha con el cliente (Product-owner), se avanza en común acuerdo. Así la respuesta al cambio del equipo de desarrollo (ScrumTeam, ScrumMaster) se realiza mediante un desarrollo incremental con entregas frecuentes (Sprints).
De acuerdo al método orientado a vistas de usuario (View Oriented Requirements Design -VORD) [6], se ha visualizado un conjunto de necesidades o hitos que el sistema debe cumplir. Los usuarios o actores del sistema son: *Administrador, Encargado de inventarios, Encargado de ventas y el encargado de compras*. Dentro del recuadro se tienen las funciones de acuerdo a la planeación de Sprints planteada.

Tabla 2. Integración de Hitos que se abordan en el Sprint1

Integración de Hitos en el Sprint 1 (duración 4 semanas)
H01 Autenticación Usuario y Contraseña: El sistema permitirá acceder a los usuarios mediante un proceso de autenticación con usuario y contraseña.
H02. Asignación y Actualización de Usuarios y Privilegios en el Sistema: El sistema permitirá al administrador Actualizar y Privilegiar a los usuarios que independientemente tengan alguna funcionalidad en el sistema, así como también la eliminación de usuarios.
H03. Constituir Perfiles: El sistema contará con las diferentes vistas de usuarios: administrador y encargados de área. Los encargados de área a su vez se clasifican en encargado de inventarios, encargado de ventas y encargado de compras.
H04 Cierre de Sesión: El sistema tendrá en cuenta el cierre de sesión para el administrador y encargados del área tomándose en cuenta la seguridad de la información capturada.
H05 Actualización de catálogos de venta: El sistema permitirá al encargado área de inventarios y encargado de compras registrar los artículos nuevos de acuerdo a los pedidos.

Tabla 3. Integración de Hitos en el Sprint2

Integración de Hitos en el Sprint 2 (duración 4 semanas)
H06 Interfaz de registro de artículos: El sistema permitirá una interfaz amigable y fácil de utilizar al registrar los nuevos artículos para la vista del encargado de inventarios y administrador
H07 Interfaz de factura: El sistema permitirá al encargado de ventas realizar la factura de las ventas realizadas para los clientes.
H08 Proceso de Pedidos: El sistema permitirá al encargado de ventas gestionar la parte de los pedidos
H09 Registro de información de Clientes: El sistema permitirá al administrador y al encargado de ventas realizar el registro de datos de los clientes, tales son; Código, Nombres, Apellidos, Sexo, Teléfono, Email, Dirección y Empresa.
H10 Actualización de Registró: El sistema permitirá al administrador y a los encargados de áreas, actualizar datos de acuerdo a sus privilegios.
H11 Cancelar Registró: El sistema permitirá al administrador y a los encargados de área cancelar los registros que se hayan generado en el sistema.

Tabla 4. Integración de Hitos en el Sprint3

Integración de Hitos en el Sprint 3 (duración 4 semanas)
H12 Consulta de catálogos: El sistema permitirá al administrador y a los encargados de área hacer consultas sobre los artículos registrados en la base de datos del sistema
H13 Consulta de información de Clientes: El sistema permitirá al administrador, y a los encargados de áreas consultar los clientes que han sido registrados en la base de datos del sistema.
H14 Consultar Facturas: El sistema permitirá al administrador al encargado de ventas y de compras consultar las facturas específicamente elegidas, el cual se encuentren registrados en la base de datos
H15 Generar reporte de artículos en stock: El sistema permitirá al administrador y a los encargados de áreas consultar los reportes de información sobre artículos que se encuentren registrados en el sistema.
H16 Generar reporte de Ventas: El sistema permitirá al administrador y al encargado de ventas consultar los reportes de información sobre las ventas generadas (Boletas) y registradas en el sistema.

 ISSN 2007-8102

3. Diseño del Sistema de Control y Gestión de Pedidos - SICGP.

El proceso de desarrollo de los sistemas de información es central, para ello es necesario cuidar la calidad en sus diferentes etapas. En la Figura 1, es posible apreciar la arquitectura propuesta para el sistema SICGP, esta se conforma de 3 subsistemas enlazados a la base de datos. El Subsistema de control de acceso tiene la función de verificar los datos del usuario y el perfil que le corresponde. En el caso del subsistema de actualización, tiene a cargo la actualización de la información que los distintos usuarios del sistema pueden realizar en los catálogos, clientes o proveedores. Finalmente el subsistema de transacciones y ventas es el encargado de generar las ventas, pedidos y facturas. En este último es donde se controla la carga de trabajo más dura del sistema, pues es en este punto en donde el número de transacciones puede crecer de forma exponencial y acabarse los recursos, haciendo que el sistema colapse. Por ello este subsistema opera mediante el patrón de diseño wrapper o decorador.

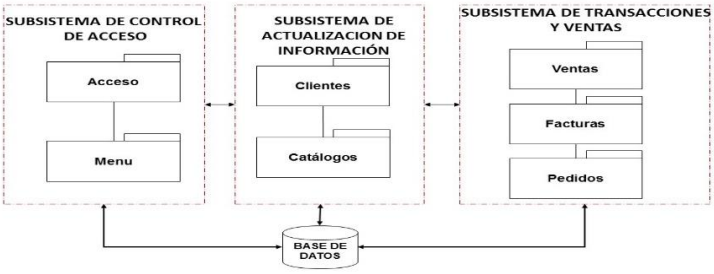


Figura 1. Arquitectura del Sistema de Control y Gestión de Pedidos SICGP.

Los patrones de diseño son una de las técnicas más recientes para obtener eficiencia, fiabilidad y garantizar el rendimiento de su operación. En este caso el patrón de diseño Wrapper, tiene la capacidad de generar las combinaciones de objetos que sean necesarias a tiempo de ejecución, sin la necesidad de haber programado previamente el código, este código de acuerdo al patrón, se genera a tiempo de ejecución, lo que beneficia al sistema en una disminución del uso en memoria y uso del procesador del equipo de cómputo en donde se ejecuta. La memoria y el procesamiento son muy importantes ya que su uso inadecuado genera desbordamientos, colapsando la operación del sistema durante su ejecución.

4. Implementación del Sistema de Control y Gestión de Pedidos - SICGP.

Se puede observar en la Figura 2 la interfaz de inicio de sesión. En ésta se solicitan datos de acceso: usuario y contraseña, si alguno es erróneo, se mostrara un mensaje de advertencia.



Figura 2. Interfaces de acceso y verificación de datos.

Cuando los usuarios pueden acceder al menú principal y de acuerdo a sus privilegios, es posible registrar artículos, registrar clientes, generar pedidos y calcular cotizaciones mediante el botón del menú. En la Interfaz de registro de artículos (Figura 3), se hacen los pedidos. En este caso se puede observar en forma de lista en el recuadro inferior los artículos del pedido y sus datos: proveedor, descripción, precio, cantidad en existencia e identificador. Cuando el registro o pedido se ha completado es necesario seleccionar el botón registrar. La opción de actualizar es en caso de

 ISSN 2007-8102

necesitar algún cambio en el pedido y para eliminar algún artículo del pedido se debe seleccionar el artículo de la lista y activar el botón eliminar.

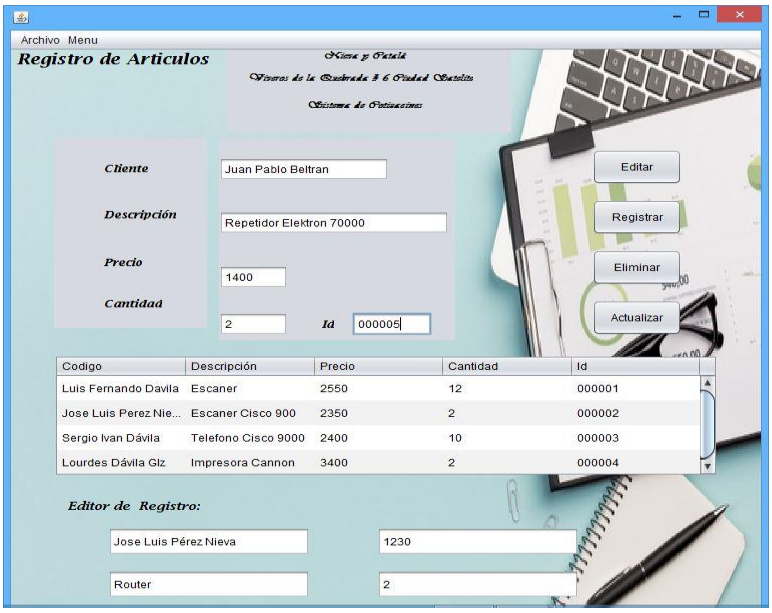


Figura 3. Interfaz para el registro de artículos o pedidos.

En la Figura 4 podemos observar el registro de las cotizaciones. En este caso los datos que se contemplan son: código de cliente, dirección, artículos, descripciones, el total de productos seleccionados, el costo del articulo y el total a pagar con el respectivo IVA. En la Figura 5 se muestra la interfaz para el registro de clientes. Los datos que se solicitan son: ID o código de cliente, nombre del cliente, sexo, DNI o cedula de Identidad, correo electrónico, dirección telefono o celular donde sea posible localizarlo. Es posible hacer actualizaciones de información, generar nuevos registros y eliminar los que ya no estén activos.

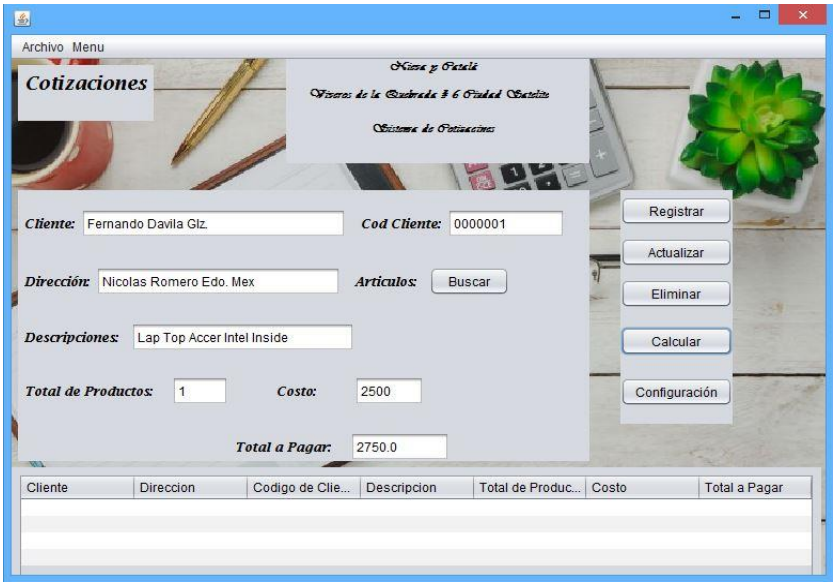


Figura 4. Interfaz para la gestión de cotizaciones.

Trabajo a futuro

En este caso se visualiza, la obtención de métricas de producto y la generación de los modelos predictivos de calidad que puedan resultar en relación de la operación del sistema. Esto es, con la finalidad de establecer elementos de decisión en el esquema del negocio.

Conclusiones

El proceso de control de gestión de pedidos atiende una combinación de servicios o productos que puede volverse un riesgo, en relación al dimensionamiento de grandes conjuntos de combinaciones de datos entre catálogos de productos y clientes.
En el desarrollo de esta propuesta, el análisis de riesgos es la base de la planeación, para visualizar las variables necesarias implicadas en el cumplimiento con el propósito del proyecto de software. En este caso la metodología de desarrollo y el diseño del sistema son las variables identificadas. Establecer avances en acuerdo con el cliente en relación de los tiempos de evolución del proyecto y de la aceptación del producto de software, son necesidades de alto riesgo, de esta forma es que se hace la selección del Marco de trabajo SCRUM. En relación del ámbito de diseño, el análisis de riesgos asienta la necesidad de visualizar técnicas eficientes, que permitan manejar sistemas con un número de orden exponencial en el número de transacciones y que además sean portables y eficientes. Es así que se selecciona el patrón de diseño Wrapper en Lenguaje Java, para generar combinaciones de objetos a tiempo de ejecución, teniendo como única limitante la memoria y las características del procesador en donde se ejecuta. El uso de esta técnica, mejora el mantenimiento debido que el código se reduce, lo cual impactan en la reducción de los niveles de costos.
La adecuada planeación del proyecto, ha sido la base para establecer un marco de trabajo que brinda confianza en el cliente y eficiencia el grupo de desarrollo. Es así como el producto final, es un sistema de calidad para el proceso de control de gestión de pedidos, que opera de forma eficiente, confiable y mantenible.

Agradecimientos

Este trabajo ha sido soportado por el Laboratorio de Evaluación y Calidad de Software del Centro Universitario UAEM Valle de México

Referencias

[1] K. C. Laudon y J. P. Laudon, *Sistemas de Información Gerencial,* Decimosegunda edición. México: Pearson Education, 2012.
[2] R. N. Anthony y V. Govindarajan, *Sistemas de Control de Gestión*, Decimosegunda edición. Madrid, España: McGraw-Hill, 2008.
[3] J. A. George, *Sistemas de Información Gerencial*. Estados Unidos de América: Mc Graw Hill, 2006.
[4] S.M. Gu, Y. Wu, W.Z. Wu and T.J. Li, ”Knowledge Approximations in Multi-scale Ordered Information Systems” in Rough Sets and Knowledge Technology, Shanghai, China, 2014, pp. 525-534
[5] S. Hernández Rodríguez, *Administración, pensamiento , proceso, estrategia y vanguardia.* México: Mc Graw Hill, 2012.
[6] I. Sommerville, *Ingeniería de Software*, Novena edición. México: Pearson Education, 2011.
[7] R. S. Pressman, *Ingeniería del Software: Un enfoque práctico*, Séptima edición. México: Mcgraw-Hill Interamericana Editores, 2010.
[8] K. Schwaber and J. Sutherland (2017, November). The Scrum Guide [Online]. Available: https://www.scrumguides.org/docs/scrumguide/v2017/2017-Scrum-Guide-US.pdf
[9] D. Maximini, *The Scrum Culture, Introducing Agile Methods in Organizations (Management for Professionals),* Second ed. Switzerland: Springer International Publishing, 2015.
[10] B. Eckel, *Pensando en Java*, Segunda edición. Madrid, España: Pearson Education, 2002.
[11] E. Gamma, R. Henry, R. Johnson, and J. Vlissides, *Design Patterns. Elements of Reusable Object-Oriented Software*. New York: Addison-Wesley, 1995.

Cultura organizacional como un factor en la productividad laboral de los trabajadores de la Universidad Politécnica de Atlautla.

A. Alonso Reyes[1], J.L. Marín Villanueva[1]*
[1]Departamento de Licenciatura en Administración y Gestión Empresarial, Universidad Politécnica de Atlautla, Carretera Atlautla-Ozumba No. 12, Barrio San Jacinto, Municipio Atlautla, Estado de México, C.P.56970.
**lic.luismarin1@gmail.com*
***Área de participación**: Ingeniería Administrativa*

Resumen
El presente trabajo se efectuó bajo la perspectiva de una cultura organizacional deficiente que afecta la productividad laboral de los trabajadores de la Universidad Politécnica de Atlautla; con este supuesto se formuló el siguiente objetivo: evaluar la relación que existe entre cultura organizacional y productividad para identificar los factores que influyen en el desempeño de los trabajadores de la Universidad Politécnica de Atlautla durante el año 2018-2-2019. La muestra poblacional estuvo constituida por 60 trabajadores, entre; altos mandos y medios mandos. Se utilizó una metodología mixta (cualitativa, descriptiva y cuantitativa) de nivel correlacional, se aplicó un diseño no experimental de corte transversal. El resultado de Pearson evidenció que existe: una relación positiva directa entre las variantes de estudio de 0.894, con un coeficiente Alfa Cronbach fiable de 0.939 el cual revela que la cultura organizacional influye directamente en la productividad laboral de los trabajadores de la institución antes mencionada.

***Palabras clave**: Cultura organizacional, productividad, desempeño y correlación.*

Abstract
The present work was carried out under the perspective of a deficient organizational culture that affects the labor productivity of the workers of the Universidad Politecnica de Atlautla; with this assumption, the following objective was formulated: to evaluate the relationship between organizational culture and productivity to identify the factors that influence the performance of the workers of the Universidad Politecnica de Atlautla during the year 2018-2-2019. The population sample consisted of 60 workers, among; high command and middle command. A mixed methodology (qualitative descriptive and quantitative) of correlational level was used, a non-experimental cross-sectional design was applied. Pearson's result evidenced that there is a direct positive relationship between the study variants of 0.894, with a reliable Alpha Cronbach coefficient of 0.939 which reveals that the organizational culture directly influences the labor productivity of the workers of the aforementioned institution.

***Key words**: organizational culture, productivity, performance and correlation.*

Introducción
La cultura organizacional es un tema que ha tenido relevancia tanto en los ámbitos académicos como en el área administrativa, debido a que se han realizado estudios que señalan con respecto a lo que se obtienen beneficios para las empresas y/o instituciones educativas. Además, las organizaciones se encuentran formadas por individuos que deben trabajar conjuntamente para obtener un bien común en el que comparten valores, supuestos y creencias que pueden ser de naturaleza explícita o implícita para fortalecer su cultura, es por ello que los individuos se convierten en un recurso inherente de la organización.

En relación con la cultura organizacional se cumplen dos funciones; la integración entre sus miembros y la organización que permite adaptarse al entorno que lo rodea a través de diversos mecanismos que llevan a cabo sus miembros. Por tal motivo la cultura organizacional influye en los individuos a partir de cómo se comportan y actúan, además de ello se refleja en; las metas, objetivos, estilo de liderazgo sistema de incentivos y sanciones, procesos de trabajo y tecnología que la institución adopta y usa. En consecuencia, la relación entre cultura organizacional y productividad laboral se ha vuelto un tema de gran

interés en las empresas e instituciones educativas, debido a una alta cultura y una adecuada productividad permiten un buen desempeño de los trabajadores; representando un elemento diferenciador para alcanzar el éxito y cumplimiento de los objetivos institucionales. Es importante resaltar que la cultura y el trabajo productivo son dos directrices de gran importancia para que una organización se desarrolle y en este caso una institución sea efectiva y productiva, por lo que es preciso que la misma, esté presente a partir de la cultura organizacional en los individuos que laboran en ellas a través de su desempeño, por lo cual, es sustancial que los empleados conozcan y practiquen: las actitudes, aptitudes y valores en su área de trabajo para contribuir al fomento de un desempeño laboral eficaz que llevará a la productividad.

Así mismo, la productividad es el resultado que obtiene la institución y su personal al desarrollar sus funciones y/o actividades correctamente, viéndose reflejado en el beneficio integral que logra la institución educativa y su personal al satisfacer las necesidades de sus clientes y contribuir al resultado social y económico de la comunidad. Para ello, la presente investigación se trabajó con varios indicadores; para medir entre los involucrados la cultura organizacional que prevalece en la Universidad Politécnica de Atlautla (UPAtlautla), con el propósito de conocer los factores que influyen en la productividad laboral de los trabajadores, por tanto es importante mencionar que si una institución educativa carece de trabajadores que no se sienten parte de ella, toman actitudes negativas, además de ello existe una falta de compromiso y cooperación lo que en ocasiones origina una no adecuada coordinación de trabajo o falta de trabajo en equipo y resistencia al cambio, limita una mejora continua en sus funciones y/o actividades de los empleados de la institución independientemente del nivel jerárquico en el que se encuentran desempeñándose.

Por consiguiente, se evaluaron dos dimensiones y sus respectivos indicadores de la variable independiente cultura organizacional; cooperación (toma de decisiones y trabajo en equipo), condiciones de trabajo (coordinación e integración y aprendizaje organizativo), por otra parte, se exploraron dos dimensiones y sus indicadores de la variable dependiente productividad laboral; motivación laboral (desarrollo de capacidades y orientación al cambio), evaluación (dirección y propósitos y metas y objetivos) respectivamente. En consecuencia, la cultura organizacional obtendrá resultados que coadyuven a mejorar la productividad laboral de los empleados en la institución y de esta manera los involucrados generen cambios esenciales en su entorno viéndose reflejado en un desempeño satisfactorio por parte del personal en las diferentes áreas de trabajo.

En este trabajo se propone una alternativa de mejora para incrementar la productividad laboral de los trabajadores de la institución mediante la implementación de un plan de capacitación que permita fortalecer y mejorar el entorno que perciben los empleados, así como robustecer la práctica de: valores, compañerismo, actitudes, aptitudes, trabajo en equipo y relaciones interpersonales (canales de comunicación), asimismo, se sugiere a la institución educativa incrementar cursos de especialidad acorde a su perfil que provean conocimientos específicos a los colaboradores con la finalidad de que cuenten con las capacidades y habilidades para desarrollar sus actividades y/o funciones de manera eficiente y eficaz.

Metodología

Materiales

Las teorías que sustentaron esta investigación tal como refieren Robbins & Judge [2009] hacen mención de que: una cultura fuerte los valores nucleares de la organización se comparten con intensidad y en forma extensa. Entre más miembros acepten los valores nucleares y más grande sea su compromiso con ellos, más fuerte es la cultura. Por lo tanto, una cultura fuerte tendrá mucha influencia en el comportamiento de sus miembros debido a que la intensidad y alto grado en que se comparten sus valores, crean un clima interno de mucho control del comportamiento, es decir, toda institución tiene una cultura, la cual se puede desarrollar y de ser débil puede pasar a ser fuerte pudiendo generar un cambio. Así también, Daft [2011] alude a que la cultura es el conjunto de valores, normas, creencias orientadas y entendimientos que sirven de guía y que comparten los miembros de una organización y se enseñan a los nuevos miembros como la manera correcta de pensar, sentir y comportarse. La cultura organizacional es parte fundamental en el mundo, debido a la globalización, ya que el avance científico y el desarrollo de la tecnología exigen innovaciones constantes en cualquier organización; estos constantes cambios para adaptarse a las nuevas condiciones implican una cultura de cambio en las organizaciones y a su vez determina que el trabajo se evalúe a partir de la capacidad de adaptarse a ellos. Asimismo, Chiavenato I. [2009] menciona que la cultura se fundamenta en la comunicación compartida, las normas, los códigos de conducta y las expectativas. Estas influencias son resultado de variables como los factores económicos, políticos, sociales, culturales, tecnológicos y legales, que se reflejan en la cultura.

Al mismo tiempo, la cultura organizacional puede ser inferida de lo que las personas dicen, hacen y piensan dentro de un ambiente organizacional. Incluye el aprendizaje y transmisión de conocimientos, creencias y patrones de comportamiento a lo largo de un periodo, lo que significa qua una cultura de organización es bastante estable y no cambia tan rápido. A menudo establece el tono para la compañía y fija reglas implícitas para la forma como las personas deben comportarse dentro la institución educativa. Por otro lado, Montaña y Torres, [2015] afirman que cultura organizacional es un conjunto de supuestos mentales compartidos que guían lo que ocurre y lo que se hace en las organizaciones por medio de la definición de los comportamientos adecuados frente a diferentes situaciones. Es un modelo de comportamientos colectivos que son enseñados a los nuevos miembros de la organización y afectan la forma en que los grupos interactúan entre sí, con clientes y en sí con el entorno. La cultura define la forma en la cual los empleados se identifican con la institución. El trabajo está íntimamente ligado a la satisfacción de la vida laboral, en suma, la cultura organizacional y la satisfacción laboral están ligados y se convierten en causales de logro de objetivos, en el entendido que: empleado satisfecho podrá producir más. Por consiguiente, la cultura organizacional es un elemento de relevante importancia estratégica, es una fortaleza que encamina a las organizaciones en este caso a la Universidad Politécnica de Atlautla (UPAtlautla), para el logro de sus objetivos.

En relación con lo anterior, la cultura organizacional influye en la productividad laboral, por lo cual ha adquirido gran relevancia dentro de las organizaciones hoy en día por lo que se ha vuelto objeto de estudio de diversos autores. No obstante, González A., Hernández G. [2018] manifiestan que una cultura de confianza es capaz de generar dentro de las empresas: la eliminación de controles, delegación de responsabilidades, generación de un ambiente apto para impulsar el trabajo en equipo, mejoramiento la comunicación dentro de la organización, concientización en la asunción de responsabilidades, participación, desarrollo de creatividad, reducción del temor a las críticas, aceptación de retos y finalmente, permite una adecuada integración. Por esta razón, se inició con una serie de experimentos (observación) en los cuales se trataba de identificar cómo influyen los factores ambientales (entorno) y las condiciones físicas (infraestructura) en el desarrollo de las funciones y/o actividades de cada trabajador. Al mismo tiempo, medir la cultura organizacional permite conocer el impacto que esta tiene sobre los resultados de la empresa, pero no es fácil medir y evaluar la cultura de la organización en un tiempo determinado, ya que cualquier intento por hacerlo conducirá a una evaluación limitada e imperfecta, porque depende del comportamiento del individuo, el cual se fundamenta en la participación en los diferentes aspectos que conforman a la organización de donde se deduce que a mayor participación se obtiene un incremento de los niveles de optimización de esta. Al respecto, Hernández Méndez y Contreras [2014] refieren que: no existe un modelo perfecto de cultura organizacional, sin embargo, este debe contener variables cuantitativas y cualitativas que le proporcionen validez.

De la misma manera, Higuita [2012], señala que existen varias maneras de estudiar la cultura organizacional, ya que es algo que la organización tiene o es. Algunos de los métodos que pueden usarse para la medición, son los siguientes; a) examen de valores, creencias, símbolos, rituales, historias y ceremonias, b) cuestionarios, encuesta dirigidas y entrevistas personales y c) examen de la misión y la filosofía de la organización. Por ello, es importante contar con información actualizada sobre las formas de medir la cultura organizacional, que brinde a la dirección una herramienta para la toma de decisiones. Con el uso de instrumentos que se adapten al contexto ayudaran a realizar un diagnóstico de la cultura organizacional lo que determina cuál es la cultura que prevalece en la institución educativa. Por otra parte, es importante mencionar que el instrumento (cuestionario) que se utilizó para la recolección de datos fue confiable y fidedigno debido a que la información que se recabo sirvió para el diagnóstico (objeto de estudio) y con ello implementar acciones de mejora que contribuyan a acrecentar la productividad de los trabajadores.

Para finalizar este apartado una empresa es competitiva en relación con otras, cuando puede producir productos u ofrecer servicios de mejor calidad con costos reducidos. La productividad es la capacidad de lograr objetivos, de generar respuestas de máxima calidad con el menor esfuerzo humano, físico y financiero en beneficio de todos, al permitir a las personas desarrollar su potencial y obtener a cambio un mejor nivel en su calidad de vida. García [2010].

Instrumentos de investigación utilizados

Para la realización del presente estudio se manejó el siguiente tipo de investigación, con el propósito de plantear una estructura de trabajo basada en la aplicación de un análisis tanto cualitativo como cuantitativo

(metodología mixta), del cual se derivan una serie de técnicas e instrumentos de recolección de datos. En ese tenor, la investigación mixta tiene por objetivo: desarrollar procesos sistemáticos, empíricos y críticos de exploración que implican la recolección y el análisis de datos cualitativos y cuantitativos, así como su integración y discusión conjunta, para realizar inferencias de toda la información obtenida y lograr un mayor entendimiento del fenómeno bajo estudio. Como hace mención Vara [2012] la investigación mixta es siempre tener un sano equilibrio entre ambos tipos de diseños (cualitativos y cuantitativos). De preferencia, usa ambos de forma complementaria, con instrumentos de apoyo. Esta metodología mixta requiere de un análisis exhaustivo en la información que se obtuvo (cualitativa y cuantitativa), que utiliza un enfoque integrador y que permite el estudio de las variables desde una perspectiva más amplia, respecto al ámbito cuantitativo se detalla el uso de un análisis descriptivo (frecuencias y porcentajes) e inferencial (tablas de contingencia y $\chi 2$, pruebas T para muestras independientes), mientras que para el cualitativo se muestra el uso del estudio de investigación. Se establecieron técnicas e instrumentos válidos y fiables para recuperar la información mediante datos, y procedimientos adecuados para la interpretación de los resultados.

Se utilizó un diseño cuantitativo-no experimental y transversal con un alcance correlacional porque se obtuvo información del objeto de estudio (población o muestra) una única vez en un momento dado, el cual es propio para trabajos cuantitativos. La población de esta investigación está conformada por el total de trabajadores de altos mandos y medios mandos, que prestan servicios en la Universidad Politécnica de Atlautla, quienes laboran en las diferentes áreas, los cuales tienen diferentes niveles de instrucción (académicos y administrativos), siendo un total de 60 trabajadores. La muestra utilizada en la presente investigación, está conformada por el total del personal de la Universidad Politécnica de Atlautla. Debido a que la población de estudio es pequeña, por tales razones la muestra es la misma cantidad de la población que son 60, entre: jefes, asistentes y personal docente. Por otro lado, refiere que, ante el escaso número de sujetos, no será necesario extraer una muestra, se trabajará con el 100% de la población, representando una muestra tipo censal, Montero [2012].

A continuación, se describen cada uno de los instrumentos que se utilizaron en la investigación haciendo una indagación enfocada al objeto de estudio (Universidad Politécnica de Atlautla) de diferente manera. Para ello se realizó una encuesta para probar la hipótesis y se sustentará con literatura existente como marco de referencia. Sin embargo, es difícil medir y evaluar la cultura de la organización en un tiempo determinado, ya que cualquier intento por hacerlo conducirá a una evaluación limitada e imperfecta. Algunos de los métodos que se usaron para la medición, son los siguientes:

- Cuestionario: su contenido tiene por objeto descubrir hechos y opiniones, reunir datos objetivos y cuantificables; se integra con preguntas orientadas, a aclarar el objetivo o hipótesis.
- La entrevista: descubre opiniones, sentimientos positivos o negativos en relación con diferentes aspectos ejemplo de ello: claridad de metas individuales grupales u opiniones personales no manifestadas.
- Observación: es una herramienta que sirve para corroborar la información recapitulada.
- Información documental: es material que constituye un apoyo para iniciar cualquier investigación o para sustentar la misma y está dada por investigaciones anteriores, por estadísticas. Etc. Guízar [2013].

Según Münch [2015] el cuestionario es el instrumento cuantitativo redactado en forma de interrogatorio para la recolección de información, diseñado para poder cuantificar y obtener información del problema. Por lo tanto, el instrumento que se utilizó en la presente investigación fue el cuestionario con el propósito de llevar a cabo la recolección de los datos (información) sobre cultura organizacional y productividad laboral, mismo que se aplicó a una muestra de 60 trabajadores de la UPAtlautla, además, permitió dar respuesta al objetivo que se planteó al inicio de la investigación. Por otro lado, es importante manifestar que el instrumento tiene un escalamiento tipo Liker (opciones predefinidas), ya que los ítems ofrecen cinco opciones de respuesta y de esta forma el análisis estadístico resulta más fácil; (1) Totalmente en desacuerdo, (2) En desacuerdo, (3) Neutral, (4) De acuerdo y (5) Totalmente de acuerdo.

En ese tenor, el instrumento para la obtención de datos fue el cuestionario de Denison Organizational Culture Survey diseñado por Daniel Denison de la Universidad de Michigan, Contreras [2018], y fue adaptado de acuerdo a las variables de cultura organizacional y productividad, este cuestionario consta de 32 ítems, estos reactivos son presentados en forma de afirmación o juicio ante los cuales se pide la

reacción del personal a los que se les aplicó el cuestionario, considerando cada una de las dimensiones, así como los indicadores que se consideraron para el estudio entre las variables de estudio.

Por otro lado, de acuerdo con Aries [2012] menciona que la definición operacional es una técnica y expresa que: "Este tecnicismo se emplea en investigación científica para designar al proceso mediante el cual se transforma la variable de conceptos abstractos a términos concretos, observables y medibles, es decir, dimensiones e indicadores". Así mismo, Fernández [2016] "Una definición operacional constituye el conjunto de procedimientos que describe las actividades que un observador debe realizar para recibir las impresiones sensoriales, las cuales indican la existencia de un concepto teórico en mayor o menor grado". Derivado de lo anterior se llevó a cabo la operacionalización de las variables de estudio cultura organizacional y productividad laboral con el objetivo de acopiar los datos que se encuentren relacionados a una variable, mismos que permitieron su medición de las dos variables de estudio, respectivamente. A continuación, en la tabla 1 se presenta la operacionalización de las dos variables de estudio, sus respectivas dimensiones, indicadores e ítems, así como el instrumento que se utilizó para la recolección de datos:

Tabla 1: Operacionalización de la variable cultura organizacional y productividad laboral.

Variable	Dimensiones	Indicadores	Ítems	Instrumento
Cultura organizacional	Cooperación	Toma de decisiones	1, 2, 3, 4	Cuestionario
		Trabajo en equipo	5, 6, 7, 8	
	Condiciones de trabajo	Coordinación e integración	9, 10, 11, 12	
		Aprendizaje organizativo	13, 14, 15, 16	
Productividad laboral	Motivación laboral	Desarrollo de capacidades	17, 18, 19, 20	
		Orientación al cambio	21, 22, 23, 24	
	Evaluación	Dirección y propósitos	25, 26, 27, 28	
		Metas y objetivos	29, 30, 31, 32	

Fuente: Elaboración propia.

Dentro de las técnicas de procesamiento y análisis de datos (validez y confiabilidad), se utilizó el programa SPSS v.23, para medir la correlación que existe entre estas dos variables (cultura organizacional y productividad), se utilizó el coeficiente de relación de Pearson, ingresando todos los datos de la encuesta aplicada a los 60 trabajadores de la Universidad Politécnica de Atlautla con un total de 32 ítmes al sistema mediante el cálculo del coeficiente de Alfa Cronbach el cual permite medir y comprobar la hipótesis de trabajo a través de la fiabilidad de la misma.

Sampieri [2016] alude a que la investigación cualitativa estudia la realidad en su contexto natural y cómo sucede, obteniendo e interpretando fenómenos de acuerdo con las personas implicadas. Utiliza variedad de instrumentos para recoger información como las entrevistas, imágenes, observaciones, en los que se describen las rutinas y las situaciones problemáticas, en este sentido es la investigación que produce datos descriptivos, mientras que la investigación cuantitativa utiliza la recolección de datos para probar hipótesis con base en la medición numérica y el análisis estadístico, con el fin establecer pautas de comportamiento y probar teorías. Por lo tanto, se fundamenta la forma de trabajo, la adquisición de la información, los análisis que se practicaron y por consiguiente el tipo de resultados que se obtengan; la selección del proceso de investigación.

En seguida, se explican los diferentes enfoques que se utilizaron en la investigación científica y que presenta la clave para lograr la validez, confiabilidad y factibilidad en el proceso y resultados de la exploración.

a) Descriptiva: ya que describe los rasgos, cualidades o atributos de la muestra estudiada, además se caracterizan y clasifican la incidencia existente entre cultura organizacional y productividad laboral, en este sentido este enfoque produce datos descriptivos.
b) De corte transversal (transaccional): el acopio de la información (datos), fue realizada en tiempo único y en un solo momento. Para la disponibilidad del tiempo y lugar objeto de estudio.
c) Correlacional: tiene como propósito medir el grado de relación o asociación entre nuestras variables de estudio, de tal menara que podamos relacionar la variable independiente que refiere a cultura organizacional y la variable dependiente que alude a la productividad laboral de los docentes de la UPAtlautla, con el fin de evaluar las variaciones de comportamiento, determinando la causa, efecto y conceptualizando con la teoría disponible.

 ISSN 2007-8102

Validación del instrumento

Para determinar la validez del instrumento (cuestionario) se aplicó una prueba piloto de tamaño 5, éste fue revisado por tres docentes expertos y catedráticos de la Universidad Politécnica de Atlautla con el perfil en el área de administración y que están inmersos en la parte de la investigación; al término de ésta, recomendaron la modificación en la redacción de tres preguntas para su mejor compresión. Posteriormente, la confiabilidad fue calculada mediante el índice de Alfa Cronbach, misma que se muestra en tabla No. 2.

Luego de la renovación del instrumento y una vez aprobado el cuestionario, se aplicó a la muestra de 60 trabajadores en estudio, tanto al personal de altos y medios mandos de la institución (UPAtlautla).

Resultados y discusión

Con base a las diferentes técnicas de recolección de datos que se utilizaron en la presente investigación se puede mencionar que, la entrevista se realizó de manera directa y de forma verbal a la muestra estudiada, en la cual se identificaron diferentes percepciones respecto a la temática, es decir, opiniones y comentarios personales de cada uno de los trabajadores en relación a cómo consideran que es su productividad en la institución, la integración en el trabajo en equipo, compañerismo, valores, actitudes, aptitudes relaciones interpersonales (canales de comunicación) y motivación laboral, permitiendo obtener la definición y la relación entre las dimensiones y las escalas de opción de respuesta que dará por resultado identificar la correlación que existe entre la cultura organizacional y productividad laboral, por otro lado, la observación ofreció información sobre si existe diferencia entre las respuestas de acuerdo al nivel jerárquico que el trabajador desempeña en la universidad, y por último la técnica de la información documental consistió en hacer una revisión minuciosa de los diferentes estudios realizados previamente a la presente investigación y que permite dar sustento a la misma. Es por tanto que las técnicas utilizadas ofrecen información útil que apoya al fortalecimiento de las conclusiones que se tomen para la mejora no solo del ambiente laboral, sino también del desarrollo individual y profesional de los trabajadores, viéndose reflejado en su productividad laboral.

En ese tenor el resultado demostró la relación que existe entre: las variables cultura organizacional y productividad laboral, a través de una correlación lineal, lo que permitió identificar áreas de oportunidad en la correlación lineal de las variables de estudio: derivado del objeto de estudio (UPAtlautla). Se buscó identificar los factores que influyen en el desempeño de los trabajadores viéndose reflejado en el cumplimiento de los objetivos de la universidad. Para confirmar la veracidad del estudio en general se asociaron las variables cultura organizacional y productividad laboral.

Los resultados de la presente investigación y el análisis estadístico dio la respuesta a esta asociación, mediante el cuestionario, por lo que se utilizaron las técnicas de procesamiento y análisis de datos, con el programa SPSS v.23, para medir la correlación que existe entre las variables de estudio, además, se utilizó el coeficiente de relación de Pearson, en el que se observa que existe una asociación e interdependencia de las dos variables de positiva alta de 0.894, y una fiabilidad alta buena, Alfa Cronbach de 0.939 donde se demuestra que existe una relación directa; positiva buena.
A continuación, en la siguiente tabla No. 2 se muestra la correlación que existe entre las variables (cultura organizacional y productividad) para identificar los factores que influyen en el desempeño de los trabajadores.

Tabla No. 2: Correlación entre las variables de cultura organizacional y productividad, instrumento de fiabilidad de Alfa Cronbach.

Correlaciones			
		Cultura Organizacional	Productividad Laboral
Correlación de Pearson	Cultura Organizacional	1.000	.894
	Productividad	.894	1.000
Sig. (unilateral)	Cultura Organizacional	.	.000
	Productividad	.000	.
N	Cultura Organizacional	60	60
	Productividad	60	60

Estadísticas de fiabilidad	
Alfa de Cronbach	N de elementos
.939	60

Fuente: Elaboración propia.

Por lo tanto, los resultados de la prueba de hipótesis realizada mediante el coeficiente de correlación de Pearson (Tabla No.2) revela que la cultura organizacional repercute directamente en la productividad laboral de los trabajadores de la UPAtlautla durante el año 2018-2-2019, por lo que se concluye que ambas variables son dependientes una de la otra para la determinación del desempeño de los empleados.

Finalmente se puede mencionar que una cultura organizacional débil influye directamente en la productividad de los trabajadores de la Universidad Politécnica de Atlautla, reflejándose en el desempeño laboral de los mismos en cada una de sus áreas y funciones de trabajo. Por ello, se concluye que existe una relación directa entre las dos variables de estudio (cultura organizacional y productividad), reflejándose mediante los siguientes factores; trabajo en equipo, innovación, toma de decisiones, integración, valores y reconocimiento, todo esto influye de manera significativo en la cultura organizacional, lo que evita la mejora continua que impacte significativamente en la productividad laboral de los trabajadores de la universidad y por consecuente en el desempeño de los trabajadores.

Trabajo a futuro

Entre los trabajos futuros a desarrollar podemos mencionar que es importante llevar a cabo la implementación del “Plan de capacitación, con elementos de un Cambio Planificado en Desarrollo Organizacional para la UPAtlautla” que coadyuve a fortalecer y mejorar el entorno que perciben los empleados permitiéndoles aumentar su productividad laboral, así como robustecer la práctica de: valores, compañerismo, actitudes, aptitudes, trabajo en equipo, relaciones interpersonales (canales de comunicación) y motivación laboral, a través de los diferentes interventores del Desarrollo Organizacional en función de las áreas de oportunidad encontradas en la evaluación cuantitativa, como se puede ver en la tabla No. 3.

En ese tenor, los interventores que fueron utilizados para determinar la mejora de la cultura organizacional y productividad laboral con el propósito de hacer del conocimiento a la directriz de la Universidad Politécnica de Atlautla identificando los aspectos interrelacionados en los diferentes niveles; individual, grupal, organizacional y trans-organizacional, siendo estos un objetivo recomendados para el cambio. Contiene las intervenciones atendiendo al nivel de organización en que inciden en forma fundamental, así, algunas intervenciones tecno-estructurales deben influir en individuos y grupos (diseño en el trabajo) mientras que otras lo hacen sobre toda la empresa (el diseño estructural), estableciendo los parámetros generales para diseñar los grupos de trabajo y los puestos individuales.

Tabla No 3. Se muestra sólo una parte del plan de acción para la mejora de la productividad laboral, en la UPAtlautla.

Variable	Dimensión	Estrategia	Objetivo	Actividades	Responsables	Tiempo y espacio	Recursos
Productividad laboral	Motivación laboral	Generar espacios de integración donde se tenga retroalimentación y reconocimiento a la labor, en la que se cuente con ambientes relajados y favorecedores para la solución de conflictos y consecución de cultura organizacional sin tensiones.	Contar con grupos eficaces, con ideas innovadoras y que se adapten rápidamente a los cambios para tener respuestas positivas ante la falta de integración.	Hacer equipos de trabajo delegar mensualmente roles de responsabilidades de acuerdo a sus capacidades que les permita desarrollar potencialmente su forma de trabajo, de esta manera reconocerlas e incentivarlas.	Área de Recursos humanos y Líderes de equipo	Sala de reuniones Elaboración: Mensual	Formulario de seguimiento de tareas. Sala de reuniones.

Fuente: Elaboración propia.

Conclusiones

Los resultados demostraron las causas de una cultura organizacional al ser este un impedimento para acrecentar la productividad laboral de los empleados de la Universidad Politécnica de Atlautla, reflejando en el desempeño laboral de los mismos en cada una de las áreas y funciones de trabajo, correspondiente

al objeto de estudio, a través de los resultados que se obtuvieron se dio respuesta a la pregunta de investigación; ¿Existe una relación directa entre cultura organizacional y productividad laboral de los trabajadores (altos y medios) de la Universidad Politécnica de Atlautla durante el año 2018-2 -2019?.

Para concluir es importante mencionar que existe una relación directa entre las dos variables de estudio (cultura organizacional y productividad), de acuerdo a los resultados obtenidos del Alfa Cronbach reflejándose mediante los siguientes factores: trabajo en equipo, innovación, toma de decisiones, integración, valores y reconocimiento, todo esto influye de manera significativo en la cultura organizacional, lo que evita la mejora continua que impacta significativamente en la productividad laboral de los trabajadores de la universidad y por consecuente en el desempeño de los trabajadores.

Agradecimientos

Se agradece a la Universidad Politécnica de Atlautla por todo su apoyo durante la realización de este proyecto.

Referencias

[1] Robbins,S.P., & Judge T.A. (2009). Comportamiento orgnaizacional. México: Pearson Educación.
[2] Daft, R.L. (2011). Teoría y diseño organizacional. México: Cengage Learning Editores S.A.
[3] Chiavenato, I (2009). Comportamiento organizacional 2ª. Edición Editorial Mc Graw Hill, México.
[4] Montaña R, Angie P., Torres L. German A. (2015) Caracterización de la Cultura organizacional y lineamientos de intervención para la implementación de procesos de cambio en las organizaciones. caso empresa sector financiero. (Tesis de maestría) Bogotá: Universidad del Rosario.
[5] Godínez González, A., Hernández Moreno, G. (2018).Poder KAIZEN. Ignius Media Ignnovation. México
[6] Hernández, R.; Méndez, S. y Contreras, R. (2014). Construcción de un instrumento para medir el clima organizacional en función del modelo de los valores en competencia. Contaduría y Administración, 59(1), 229-257.
[7] Higuita, D. (2012). Interiorización de las manifestaciones culturales en los miembros de la organización. Revista Facultad de Ciencias Económicas: Investigación y Reflexión, 20(2), 127-142.
[8] Ferández, Gracía, R. (2010). La mejora de la productivdad en la pequeña y mediana empresa. Editorial Club Universitario. Alicente.
[9] Vara Honra Arístides Alfredo (2012) Desde la idea hasta la sustentación: 7 pasos para una tesis exitosa, Editorial Instituto de Investigación de la Facultad de Ciencias Administrativas y Recursos Humanos. Universidad de San Martín de Porres. Lima. Manual electrónico disponible en internet: www.aristidesvara.net.
[10] Montero, L. (2011). Metodología de la Investigación. México: McGraw-Hill.
[11] Guízar, Rafael (2013). Desarrollo Organizacional 42° Ed., Mc. Graw Hill, México
[12] Münch L. (2015) Consultoría Administrativa 1ª. Edición Editorial Trillas México.
[13] Contreras, A. (2018). Aplicación de los Cuestionarios de Denison para determinar las características de la Cultura Organizacional, [En línea] 2 de abril de 2018. file:///C:/Users/Luis%20M/Downloads/1204-4087-4-PB%20(2).pdf.
[14] Aries, F. G. (2012). El proyecto de investigación; introducción a la metodología científica. Venezuela: Episteme.
[15] Fernandez, C. (2016). Metodología de la Investigación . México : McGraw Hill.
[16] Hernández S. (2016). Metodología de la Investigación, McGraw Hill, México.

Diagnóstico Estratégico para la Optimización de Procesos de un Laboratorio Clínico.

A. Guevara Franco[1], C. Hernández Domínguez[1]
[1]Departamento de Ingenierías, Instituto Tecnológico Superior del Oriente del Estado de Hidalgo, aguevara@itesa.edu.mx, chernandez@itesa.edu.mx

***Área de participación**: Ingeniería Administrativa*

Resumen

En un entorno cada vez más competitivo, es necesario que las empresas utilicen herramientas, técnicas y estrategias, que fortalezcan su entorno interno y externo, con el objetivo de mantenerse en el mundo de los negocios. Durante esta investigación se presenta el diagnóstico organizacional con base en los principios de la administración estratégica de una PyME enfocado en las actividades de un laboratorio clínico. Se demuestra que la falta de operatividad interna, afecta las actividades primarias, relacionadas con la logística de entrada, proceso, salida, mercadotecnia y servicio al cliente, maximizando los costos y minimizando la rentabilidad. De acuerdo a los resultados obtenidos se presentan estrategias en función de las áreas de oportunidad identificadas y se sugiere el uso de indicadores clave de desempeño KPi´s que permitan la optimización de recursos para crear valor para la empresa y diferenciarla de los competidores.

***Palabras clave**: Optimización. Diagnóstico, Estratégica, KPI´s*

Abstract

In an increasingly competitive environment, it is necessary for companies to use tools, techniques and strategies that strengthen their internal and external environment, in order to stay in the business world. During this research, the organizational diagnosis is presented based on the principles of strategic management of a SME focused on the activities of a clinical laboratory. It is shown that the lack of internal operability affects the primary activities related to the logistics of entry, process, exit, marketing and customer service, maximizing costs and minimizing profitability. According to the results obtained, strategies are presented based on the identified opportunity areas and the use of KPI's key performance indicators is suggested to allow the optimization of resources to create value for the company and differentiate it from its competitors.
.

***Keywords:** Optimization. Diagnostic, Strategic, KPI's*

Introducción

El concepto de Estrategia deriva del campo militar y viene de la palabra griega “strategos”, cuyo significado es “jefe de un ejército”, lo que equivale a hablar de “comandante“ en la jerarquía militar, (Cleary, Th., 2003) y corresponde a denominar así a quien esté a cargo de un grupo de personas a las cuales dirige, debidamente entrenadas para lograr objetivos específicos. Este concepto se aplica en la Administración Estratégica cuando se refiere a organizaciones empresariales, en el sentido de adaptar conjuntamente recursos y capacidades de ellas a un entorno permanentemente variable, en el cual se desempeña dicha organización. (Andrews, K. 1977).

Respecto de los primeros autores en acuñar el concepto de Estrategia, uno de los más importantes es Peter Drucker, quien hace ver que el término Estrategia está referido a un proceso que comprende al espacio que debe cubrir una organización, desde el negocio en que en el presente está y en el que debería estar, según la planificación realizada para un determinado período de tiempo futuro, (Drucker, P., 1980).

Planear significa percibir el futuro con la esperanza de disipar la incertidumbre de lo que puede suceder de acuerdo a Zacarías (2014). El poder de la estrategia, es el que marca el rumbo de toda la empresa, una estrategia poco clara y no apta lleva a la organización al desorden e improductividad; una estrategia adecuada, flexible y comprendida por todos los miembros de la organización la lleva a un avance y éxito seguro Aguilar (2012). Lo que marca la diferencia entre una empresa no es la complejidad de sus técnicas de planeación, si no la dedicación y la profundidad con que los planes estratégicos que están inmersos en toda la organización y ligados a la toma de decisiones a nivel operativo.

Los elementos que conforman el análisis para la implementación de planeación estratégica; inician con el análisis de la misión la cual es considerada como el primer componente del proceso de administración, la cual debe proporcionar la estructura o el contexto dentro del cual se formularán las estrategias y que se acompaña de la visión, la cual expone cierto estado futuro deseado; con frecuencia a grandes rasgos, lo que la compañía trata de alcanzar.

El segundo componente del proceso de administración estratégica es el análisis del ambiente operativo externo de la organización. El propósito fundamental de este análisis es identificar las oportunidades y amenazas estratégicas que existen en el ambiente operativo de la organización que pueden influir en la forma en que se intente alcanzar la misión.

En esta etapa se deben examinar tres ambientes interrelacionados: el ambiente de la industria en el que opera la compañía, el ambiente nacional o del país y el macro ambiente o el ambiente socioeconómico más amplio. Analizar el ambiente industrial impone llevar a cabo una valoración de la estructura competitiva de la industria en la que opera la compañía, incluyendo su posición competitiva y sus principales rivales.

El análisis interno, tercer componente del proceso de planeación estratégica, se concentra en revisar los recursos, la capacidad y las aptitudes de una empresa. El propósito es detectar las fortalezas y las debilidades de la organización.

Una vez elegido el conjunto de estrategias congruentes para lograr una ventaja competitiva y aumentar el desempeño, se deben ponerlas en práctica. La implantación estratégica incluye actuar en los niveles de función de negocios y corporativo a fin de implantar un plan estratégico general en toda la organización.

La empresa de negocios típica considera generalmente tres tipos de estrategia: corporativa, de negocios y funcional de acuerdo a Whileen (2007); la estrategia corporativa: describe la dirección general de una empresa en cuanto a su actitud general hacia el crecimiento y la administración de sus diversas líneas de negocio y productos. Por lo general, las estrategias corporativas concuerdan con las tres categorías principales de estabilidad, crecimiento y reducción.

La estrategia de negocios: ocurre a nivel de productos o unidades de negocio, hace hincapié en el mejoramiento de la posición competitiva de los productos o servicios de una corporación en la industria o en el segmento de mercado específico que atiende esa unidad de negocio. Desde otro punto de vista, las estrategias de negocios se agrupan en dos categorías generales: estrategias competitivas y cooperativas. La estrategia funcional es el enfoque que adopta un área funcional para lograr los objetivos y las estrategias de la corporación y las unidades de negocio mediante la maximización de la productividad de los recursos. Se ocupa del desarrollo y fomento de una competencia distintiva para proporcionar a una empresa o unidad de negocio una ventaja competitiva.

Herramientas para promover la competitividad

De acuerdo a un estudio elaborado por (Brume, 2017) algunas de las herramientas que promueven la competitividad empresarial son:

1. **Balanced Scorecard – BSC:**
   Norton y Kaplan (2009), aseguran que el BSC, en español, Cuadro de Mando Integral – CMI, tiene como objetivo primordial transformar la estrategia de una empresa en acción y resultado, a través de alineación de los objetivos de todas las perspectivas: financiera, tiene como finalidad responder a las expectativas de los accionistas; clientes, ¿qué hacer para satisfacer las necesidades de nuestros clientes?; procesos Internos, identificar los objetivos estratégicos que están relacionados directamente con los procesos clave de la organización, de los cuales depende cubrir las expectativas y requerimientos de accionistas y clientes; y aprendizaje y crecimiento, ¿qué podemos hacer para aprender y mejorar como empresa?
   Por lo tanto, el BSC se concibe como un proceso descendente que consiste en traducir la misión y la estrategia global de la empresa en objetivos y medidas más concretos que puedan inducir a la acción empresarial oportuna y relevante, desde la alta gerencia a los niveles inferiores de la organización, siendo el nivel más alto el más complejo y los niveles operativos los más simples.
2. **Benchmarking**
   Se concibe como el ejercicio de tomar, a modo referencia, a las organizaciones de categoría superior y adaptar sus métodos, sus estrategias, sus mejores prácticas, dentro de la legalidad. De tal manera que, les facilite identificar cuáles son las orientaciones que conduzcan a la optimización de sus cursos de acción a largo plazo y de sus procesos productivos, en la mira de incrementar finalmente su competitividad.
   Según Camp (1993), el benchmarking es la búsqueda de las mejores prácticas de la industria que orientan a la compañía a un excelente desempeño. Si es implementado como un proceso constante y se institucionaliza como una política, se convertirá en una herramienta que facilite al negocio un rendimiento sobresaliente en términos de eficiencia, eficacia y productividad; lo que finalmente, impactará la competitividad organizacional.
3. **Outsourcing**
   Según Espino (2003), el outsourcing, igualmente denominado como tercerización o subcontratación de servicios, es el proceso por el cual una compañía toma la decisión de entregar un área de su negocio, debido a que considera que puede ser explotada con mayor eficiencia por un tercero, con lo que se logra calidad y mejores resultados, no solo desde el punto de vista del costo, sino a darle cumplimiento a la estrategia funcional, esto a su vez genera, un carácter estratégico superior a la externalización del proceso.
   García et al. (2012), consideran fundamentales una serie de criterios, como la reducción de costos y la asunción del contratista sobre la responsabilidad del servicio prestado, son acciones que facilitan a las compañías fortalecer sus procesos misionales y por consiguiente su competitividad.
   En tal sentido, La externalización o subcontratación se cimienta en un proceso de gestión en la búsqueda permanente de mejoras estructurales en la organización, en factores claves como la cultura, los procesos, los sistemas, los controles, y la tecnología, con el propósito de enfilar sus esfuerzos al logro de la eficiencia, eficacia y efectividad, fortaleciendo finalmente su actividad misional. Los investigadores Pin y Sáenz-Díez (2002), consideran que los tipos de outsourcing dependen de criterios como eficiencia en costos, la responsabilidad o el nivel del servicio a contratar.
4. **Las Cinco Fuerzas de Porter**
   Villalobos (2012), expresa que Porter identifica en la industria dos tipos de competencia, la positiva y la destructiva. La primera se genera en el momento en que un competidor busca diferenciarse del resto, dejando de lado el objetivo de conquistar una mayor participación de mercado y la otra cuando los competidores se enfrentan en una guerra de precios.
   Asimismo, recalca la importancia de elaborar estrategias y aplicarlas correctamente para encontrar su posicionamiento e incluso, en algunos casos, potencializar a una compañía a cambiar por completo las reglas de una industria.

5. **Análisis PESTEL**
   Jurevicius (2013), destaca la importancia de aplicar esta herramienta de diagnóstico PESTEL, se caracteriza porque los gerentes tienen que reunir información relevante sobre el entorno de la empresa. Hoy en día, la mayoría de los datos se obtienen sin mucha dificultad en la web, en documentos de entidades gubernamentales, en las estadísticas de los gremios, en las cámaras de comercio e incluso existen portales especializados en la venta de informes hechos a la medida de la organización. La búsqueda en ocasiones resulta compleja, pero empleando de manera eficiente las plantillas, se logra generar reportes robustos para la toma de decisiones.

Beneficios de la administración estratégica:

Claramente la administración estratégica genera cambios positivos en las organizaciones algunos de acuerdo (Rivera, 2015) son:

- Permite detectar oportunidades, clasificar las prioridades y explotarlas.
- Ofrece una visión objetiva de los problemas administrativos.
- Representa un marco para coordinar y controlar mejor las actividades empresariales.
- Reduce las consecuencias ante los cambios adversos.
- Permite mejor asignación de recursos.
- Permite tomar decisiones importantes que respaldan los objetivos establecidos.
- Disminuye la cantidad de tiempo y recursos que se dedican a corregir decisiones equivocadas.
- Constituye un marco para la comunicación interna.

Concepto de ventaja competitiva

Las empresas buscan como parte del proceso de mejora continua, ventajas competitivas sostenibles en el diagnostico estratégico, algunos de los elementos que caracterizan a la ventaja competitiva son (Luna, 2014):

- Preferencia: La característica diferenciadora de una empresa de productos o servicios debe ser capaz de provocar la preferencia de los consumidores, usuarios o clientes sobre la ofertas de los competidores.
- Percepción: La característica diferenciadora de la empresa de productos o servicios puede ser una diferencia real o imaginada, basta con que sea percibida así por el mercado.
- Único: El factor diferencial debe ser percibido como propio de esa única empresa de producto o servicio.
- Determinante: El factor diferencial debe constituir un elemento que sea determinante en el proceso de decisión de compra de los clientes, consumidores o usuarios.
- Sostenible: El factor diferencial debe tener su origen en una fortaleza o punto fuerte de la empresa y poseer las características que sean difíciles de copiar por la competencia a corto plazo.

Indicadores clave de desempeño KPI´S

La medición en las organizaciones suele suscitar malos entendidos, no por la falta de claridad sobre la importancia, implicaciones en el mejoramiento de los procesos, lo valiosa en la toma de decisiones, los atributos que debe poseer y su compresión en el sentido cíclico de la evaluación, sino por concepciones erróneas sobre el concepto de control que asimilan de manera peyorativa de acuerdo a (García, 2012)

Un indicador es la magnitud que expresa el comportamiento o desempeño de un proceso, que al compararse con algún nivel de referencias permite detectar desviaciones positivas o negativas. También es la conexión de dos medidas relacionadas entre sí, que muestran la proporción de la una con la otra.

 ISSN 2007-8102

Metodología

Para el desarrollo de la investigación, se utilizó un enfoque cualitativo para la recolección de datos a través de los instrumentos diseñados de carácter indagador y bajo los elementos estandarizados del entorno interno y externo de la organización. Para el análisis de resultados se empleó métodos cuantitativos con el uso de gráficos y matrices que reflejan el estatus de la empresa. Se tomó como referencia para la evaluación los criterios inmersos en la normatividad vigente para la función de los laboratorios clínicos las NOM 007- SSA-2004 y NOM 010-SSA-2010. Como parte de las estrategias se sugiere el uso de KPI's que en las áreas logísticas de mayor impacto a través de métodos estadísticos cuantitativos.

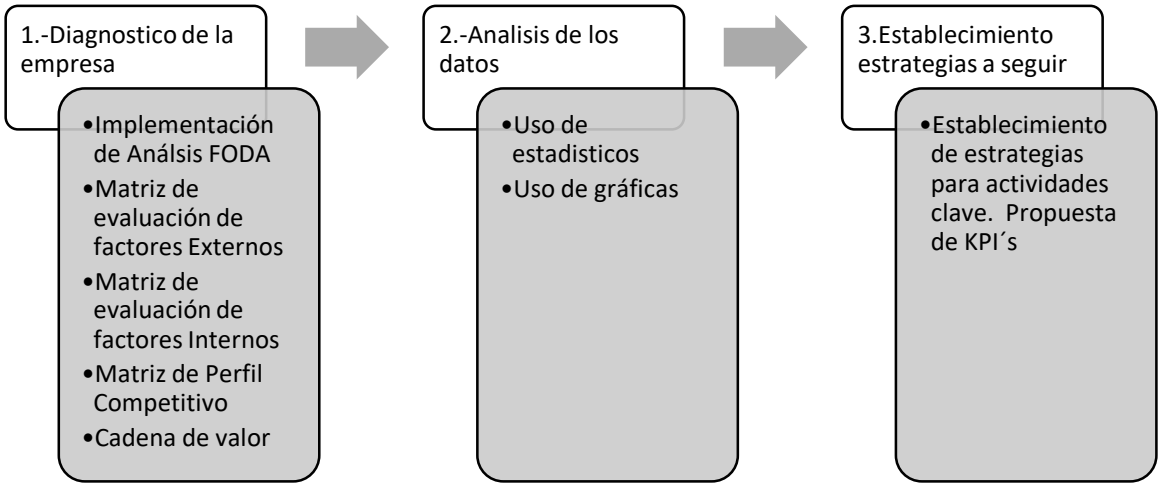


Figura 1Metodología de investigación

Procedimiento

Etapa1: Diseño de herramientas de diagnóstico (Check list y matriz de evaluación con enfoque en la normas NOM 007- SSA-2004 y NOM 010-SSA-2010. Para el desarrollo del Check list se consideraron las actividades primarias según la clasificación de la cadena de valor de Michael Porter (logística de entrada, logística de proceso, logística de salida, marketing, y servicio al cliente) de igual forma se consideraron la actividades secundarias o de apoyo (abastecimiento, desarrollo tecnológico, gestión de recursos humanos, infraestructura). Se diseña matriz de evaluación de evaluación considerando lo punto críticos de la normatividad y de acuerdo desarrollo en la empresa analizada bajo 4 escalas de cumplimiento.
Etapa 2. Se aplican instrumentos diseñados; Check list y matriz de evaluación de acuerdo a normatividad a través de una entrevistas con los involucrados del proceso. Con base en los resultados obtenido se traslada información para realización de análisis FODA, matriz de evaluación de factores interno (MEFI), matriz de evaluación de factores externo (MEFE) y matriz de perfil competitivo (MPC).

Etapa 3. Se realiza mapeo de procesos considerando logística de entrada, proceso y salida. Y se analizan resultados.

Etapa 4. Definición de indicadores clave para actividades primarias y estrategia con base en los resultados obtenidos.

 ISSN 2007-8102

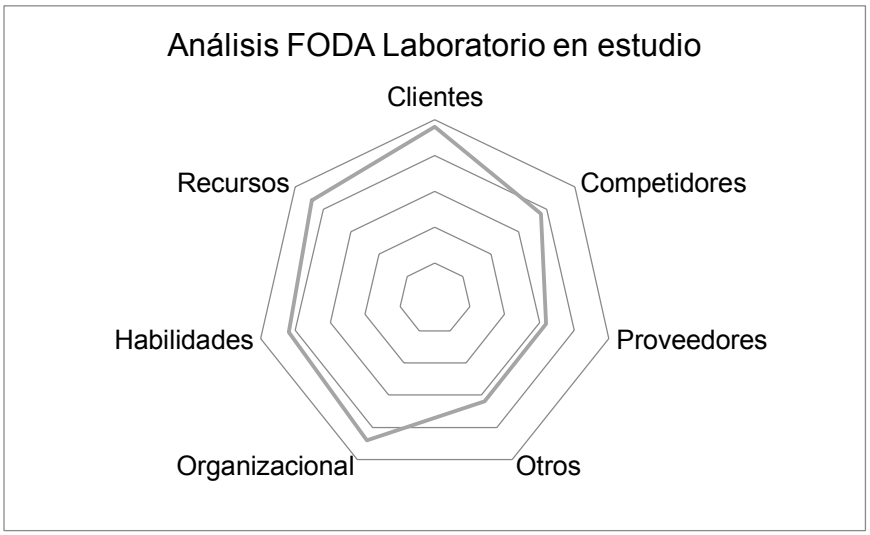
Laboratorio Pasteur S.A de C.V							
Función	Elementos requeridos para la Nom 007-166 SSA	Definicion: Organización y funcionamiento de los laboratorios clinicos			Objetivo: Establecer los requistos que debe sastifacerse para la organización y funcionamiento de los laboratorios clinicos.		COMENTARIOS:
		VALUACIO	0 Basico	1 Acogido	2 Realizar	3 Excelente	
Recursos Humanos	¿Cuenta con el personal idoneo para el laboratorio clinico ?	3	Cuenta con responsanbles titulados con cedula profesional y sin experiencia	Cuenta con responsanbles titulados con cedula profesional y experiencia de 3 años.	Cuenta con responsanbles titulados con cedula profesional y experiencia de 5 años	Cuenta con responsanbles titulados con cedula profesional y experiencia de mas de 5 años.	
Recursos materiales y tecnologicos	¿Cómo se encuntra el laboratorio en cuanto a los recursos materiales y tecnologicos?	2	Cuentan los recursos materiales y tecnologicos basicos	Cuenta con los recursos materiales y tecnologicos adecuados para cada tipo de analisis que realiza.	Cuenta con los recursos materiales y tecnologicos mas actualizados para algunos de los estudios que realiza	Cuenta con los recursos matariales y tecnologicos mas actualizados para todos los estudios que realizan y que contribuyen al cuidado del medio ambiente.	
Principios cientificos y eticos	¿Cómo presta el servicio del laboratorio clinico?	3	Respeta la dignidad, personalidad e intimidad de todos lo usuarios.	Respeta a todos sus usuarios y les brinda informacion completa y comprensible	Respeta a todos sus usuarios y les brinda informacion completa y comprensible manteniendo la confiablidad de su informacion.	Respeta a todos sus usuarios y les brinda informacion completa y comprensible manteniendo la confiablidad de su informacion , haciendo uso de tecnicos y procedimientos bajo principios cientificos.	
Contratos y procedimientos de servicios de referencia	¿Cómo es la relacion que existe entre su empresa y los servicios de referencia?	3	Existe un contrato en el cual ambos asumen la responsabilidad de los resultados.	Existe un contrato y una evalucion constante del servicio ofrecido.	Existe un contrato, una evaluacion constante del servicio y un segumiento de las muestras.	Existe un contrato, una evaluacion constante del servicio,un segumiento de las muestras y una retroalimentacion.	
Aseguramiento de la calidad	¿Cómo asegura la calidad de sus procedimientos y resultados?	3	Aplica un programa de interno de control de calidad	Aplica un programa interno de control de calidad y participa en un programa de evaluacion externa de calidad.	Aplica un programa interno de control de calidad y participa en un programa de evaluacion externa de calidad acreditando algunas de las pruebas establecidas por dicho programa.	Aplica un programa interno de control de calidad y participa en un programa de evaluacion externa de calidad acreditan todas pruebas establecidas por dicho programa.	
Higiene y bioseguridad	¿Cuenta con a higine y bioseguridad requeridas para su negocio?	2	El personal tiene conocimiento del manejo, transporte y almacenamiento de los materiales peligrosos	El personal tiene conocimiento del manejo, transporte y almacenamiento de los materiales peligrosos y cuenta con el equipo de seguridad necesario	El personal tiene conocimiento del manejo, transporte y almacenamiento de los materiales peligrosos y cuenta con el equipo e instalaciones de seguridad necesarias	Cuenta con un manual de seguridad que estipule todo lo anterior y que el personal tenga acceso a el.	
Publicidad	¿La publicidad que maneja es adecuada para los servicios que le brinda a sus clientes?	2	Su publicidad es de carácter informativo para sus clientes	Su publicad es de carácter informativo y atractivo para sus clientes	Su publicad es de carácter informativo y atractivo e innovador para sus clientes y es difundida exclusivamente dentro del laboratorio	Su publicad es de carácter informativo atractivo e innovador para sus clientes dentro y fuera del laboratorio haciendo uso de todos los medio de difusion.	

Figura 2 Matriz de evaluación con enfoque en la normatividad

Resultados y discusión

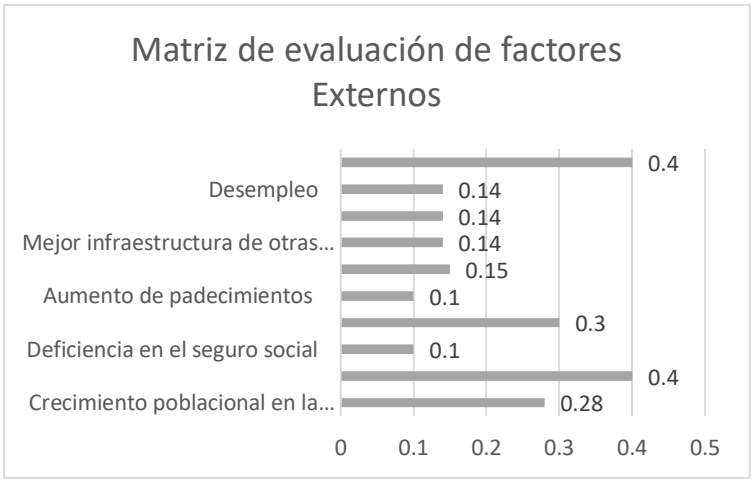
De acuerdo a la información obtenida en el Check list, se puede observar que el entorno interno, es estable considerando los recursos, estructura y habilidades sin embargo no alcanzan la posición más alta en el gráfico. Contrario a los factores externos clientes, competidores, proveedores; se observa que las ponderaciones obtenidas, reflejan fuertes áreas de oportunidad con probabilidad afectar su estructura interna.

 ISSN 2007-8102

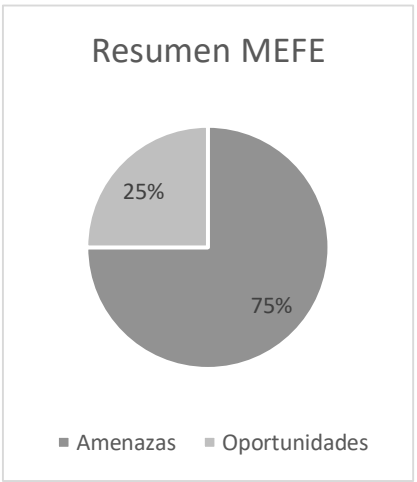


Gráfica 1Resultados Análisis FODA

Se presentan gráficos, como resultado de matriz de evaluación de factores externos, en los cuales se puede observar un proceso de afectación con resultado del desempleo en la zona de estudio y de los competidores. Con base en los resultados se recomienda la utilización de un estudio de benchmarking e implementación de KPI´s con orientación al servicio al cliente. Las variables a considerar para el estudio son el desempeño, infraestructura, enfermedades, seguridad social, crecimiento de la población. Se registró un peso ponderado por cada factor, considerando que la suma representa el 100% y se asignó una calificación de acuerdo a la situación actual de la empresa.



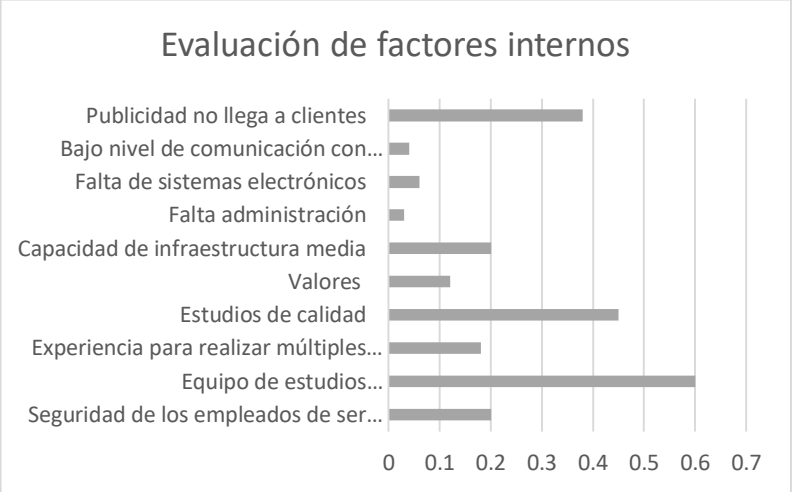
Gráfica 2Resultados Análisis MEFE



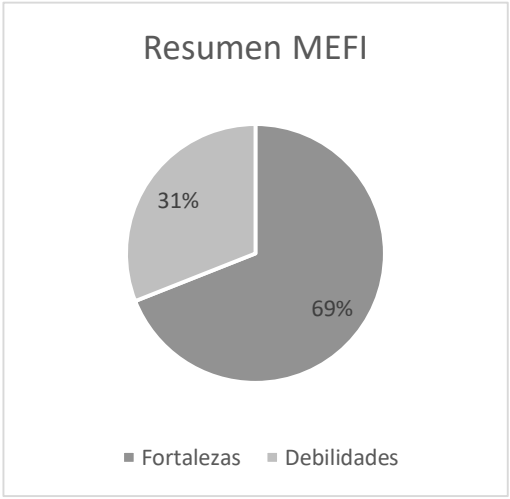
Gráfica 3 Resumen resultados MEFE

 ISSN 2007-8102

Se presenta resultados de Matriz de Evaluación de factores internos, de la cual se observa la experiencia en el mercado y la calidad deben de ser aprovechadas para fortalecer el negocio, caso contrario se recomienda trabajar en la tecnificación de procesos y adquisición de equipo tecnológico que optimice los procesos. Se registró un peso ponderado por cada factor, considerando que la suma representa el 100% y se asignó una calificación de acuerdo a la situación actual de la empresa.



Gráfica 5Resultados Análisis MEFI



Gráfica 4Resumen resultados MEFI

Se muestran gráficos, como resultado del análisis de perfil competitivo con los dos laboratorio, mejor posiciones de la zona de influencia; las variables analizadas son participación en el mercado, competitividad en precios, posición financiera, calidad en el producto y lealtad de los clientes. Con base en los resultados se determina que las estrategias a implementar optimización de procesos para la reducción de precios al cliente final al igual que necesidad de incrementar la cobertura en el servicio.



 ISSN 2007-8102

Gráfica 6 Resultados MPC laboratorio en estudio



Gráfica 7 Resultado MPC competidor 1



Grafica 8 Resultados MPC competidor 2

Establecimiento de estrategias con base en los resultados generales obtenidos:

Proveedores

- Capacitar al personal para la búsqueda acertada de proveedores y llevar un catálogo que le permita hacer la adecuada elección obteniendo los máximos beneficios.
- Desarrollar un proceso para la evaluación de proveedores respecto a las condiciones de entrega.
- Desarrollar métodos de retroalimentación a los proveedores.
- Desarrollar alianzas con los proveedores para convertir en el suministrador principal de los laboratorios de la zona.

Competidores

- Desarrollar una metodología para la evaluación de los competidores en el mercado
- Capacitar al personal para la obtención de información sobre las actividades de los competidores

Clientes

- Realizar un estudio de mercado
- Colocar un buzón de sugerencias y desarrollo de redes sociales de mayor impacto, para conocer la opinión de manera directa la opinan de los clientes.
- Capacitar al personal para la realización de publicidad
- Promover él envió de resultados por medios electrónicos (innovación)
- Utilizar metodologías para el control de la demanda

Organizacional

- Delimitar funciones y responsabilidades a los integrantes de las organizaciones.
- Desarrollar un sistema para el control del inventario y almacenes
- Desarrollar una base de datos para mantener el historial clínico de los pacientes otorgándoles un servicio pos-venta.
- Desarrollar un software a la medida de las necesidades de la empresa que les permita eliminar los errores de comunicación.
- Desarrollar manuales de higiene y seguridad
- Desarrollar manuales de procesos

Recursos humanos

- Capacitación del personal para el uso eficiente de las tecnologías de la información y comunicación.
- Capacitación de todo el personal para la interpretación de los resultados y mejorar el servicio al cliente.
- Capacitar al personal para la optimización de los recursos utilizados en el laboratorio mediante buenas prácticas de manufactura

Procesos

- Desarrollar un sistema para el control preventivo y correctivo de equipo
- Realizar estudios de tiempos y movimientos
- Realizar un estudio para la remodelación de los espacios que garanticen un mejor desempeño en el trabajo.
- Realizar un estudio para la optimización de la energía eléctrica

Los KPI´s que se trabajaran para el control de las actividades operativas y alcanzar los resultados esperados y planteados en la misión y visión empresarial son:

- Logística de entrada: Certificación de proveedores, Calidad de los pedidos generados, volumen de compras y entregas perfectamente recibidas.
- Logística de proceso: Rotación de la mercancía, rendimiento en maquina
- Logística de salida: Nivel de satisfacción del cliente.

Trabajo a futuro

De acuerdo a las estrategias recomendadas e indicadores clave de desempeño seleccionados, se espera revisar el comportamiento en la implementación y uso de la información derivada del estudio, como proceso de mejora continua. De igual forma se recomienda implementar nuevamente, las matrices estudiadas después de un periodo de 6 meses para verificar los cambios en los resultados.

Conclusiones

Los resultados obtenidos dan muestra de la importancia que tiene la administración estratégica para las organizaciones, sin afectar su giro económico o tamaño organizacional, es considerablemente importante analizar de forma continua es estatus interno y externo, con el objetivo de definir si realmente los esfuerzos realizados, están orientados al cumplimiento de la misión y visión empresarial. Parte fundamental del proceso está enfocado al uso de indicadores clave de desempeño, en las áreas primarias del negocio que permitan observar el comportamiento en los resultados obtenidos y establecer estrategias oportunas sin necesidad de generar gastos innecesarios para la organización. Si bien la especialización en los procesos es al fundamental para los pequeños negocios, el retomar los procesos orientados al negocio impacta a lo largo de la vida de la empresa.

Agradecimientos

Q.F.B encargado del laboratorio clínico en estudio, así como todos sus colaboradores, por la flexibilidad mostrada en la obtención de la información requerida para el estudio.

Referencias

[1] Aguilar, A., & Cabral, A. (2012, 30 enero). la técnica de la administración estratégica, adoptada y adaptada a la actividad agroalimentaria -antecedentes históricos. Revista Mexicana Agronegocios. https://www.redalyc.org/pdf/141/14123097014.pdf
[2] Torres, Z. (2014). Administración estrategica (Primera Edición EBOOK ed., Vol. 1). Grupo Editorial Patria.
[3] Charles, W. L. (2012). Administración Estratégica (Octava Edición ed., Vol. 1). McGraw-Hill Education.
[4] Wheelen, L. T. (2007). Conceptos básicos para la administración Estratégica. En Introducción a la administración estratégica y política de negocios (Primera ed., Vol. 1, pp. 14-16). PEARSON EDUCACIÓN.
[5] ANDREWS, K. 1976. El Concepto de Estrategia de Empresa. Ed. Universidad de Navarra.España.
[6] ANSOFF, I. 1976. La Estrategia de la Empresa. Ed. Universidad de Navarra. Españ [6] Q.
[7] Aguilar, A., & Cabral, A. (2012, 30 enero). la técnica de la administración estratégica, adoptada y adaptada a la actividad agroalimentaria -antecedentes históricos. Revista Mexicana Agronegocios. https://www.redalyc.org/pdf/141/14123097014.pdf

[8] Carlos, C. Administración y Dirección. Ed. Universitario de Valparaíso. UCV. 1995.
[9] David, Fred R. Conceptos de Administración Estratégica. Pearson Educación. México, 2003.
[10] David, Fred R. How Companies Define Their Mission, Long Range Planning 22, núm. 3 (junio, 1988).
[11] David, Fred R. Conceptos de Administración Estratégica. 9ª. Ed. Editorial Prentice Hall. México, 2003.
[12] Mintzberg, H., Brian, J. El Proceso Estratégico. Prentice Hall. México, 1991.
[13] Olivas G. José Luis. Planeación Estratégica. PROSPECTIVE CONSULTING TEAM.
[14] Porter, M. Ventaja Competitiva. CECSA 5 Ed. México, 1990.
[13]Rodríguez Valencia J. Cómo aplicar la planeación estratégica en la pequeña y mediana empresa. Ecasa, México, 1997.
[14] Saavedra González, Juan. Administración estratégica: evolución y tendencias. Economía y Administración No 64, Junio 2005.
[15] Thompson, A., Strickland, A. Administración Estratégica III, 11a Ed. Mc Graw Hill, México, 2000.
[16] Arthur A. Thomson, John E Gamble, Margaret A. Peteraf y A. J Strickland II, Administración Estratégica: Texto y Casos; 18ª Edicion, McGraw Hill 2012
[17] González, A. C. L. (2014a). Administración Estratégica. Grupo Editorial Patria.
[18] García, M. L. A., & Ediciones, E. (2012). Indicadores de la gestión logística (segunda ed., Vol. 1). Ecoe Ediciones.

Inclusión FinTech en las universidades: Una propuesta para el desarrollo de credenciales digitales

M. P. Vargas Maldonado[1], F. J. Pozos Texon[2], G. A. Maldonado Berea[3],*
[1]Licenciatura en Ingeniería Industrial, Universidad Cristóbal Colón, Veracruz, México,
[2]Departamento de Eléctrica-Electrónica, Tecnológico Nacional de México campus Veracruz, Veracruz, México
[3]Instituto de Ciencias de la Educación, Universidad Autónoma Benito Juárez de Oaxaca, Oaxaca, México
**maripazvm98@gmail.com*

***Área de participación**: Ingeniería Administrativa*

Resumen

Se analizaron los modelos de negocios que han implementado las Startups que hacen uso de lo que se conoce como FinTech (Financial Technology) y el cómo han generado más recursos monetarios que una empresa de más de 10 años, estos modelos han causado interés por parte de los jóvenes emprendedores a nivel mundial. La investigación se basó en incluir la herramienta FinTech mediante una aplicación móvil en donde el estudiante o cualquier personal académico tendrá acceso a sus credenciales universitarias o de cualquier otro rubro, sin necesidad de portar el "plástico", dicha aplicación tendrá una ventaja en el mercado por que evitará el robo de identidad con apoyo de un reconocimiento facial. Como resultado de la propuesta de investigación se planteó como objetivo generar la inclusión financiera en un modelo educativo como lo son las universidades del Estado de Veracruz.

***Palabras clave**: FinTech, inclusión, universidades, startups.*

Abstract

We analyzed the business models that have been implemented by startups that make use of what is known as FinTech (Financial Technology) and how they have generated more monetary resources than a company of more than 10 years, these models have attracted the interest of young entrepreneurs worldwide. The research was based on including the FinTech tool through a mobile application where the student or any academic staff will have access to their university credentials or any other item, without the need to carry the "plastic", such an application will have an advantage in the market by preventing identity theft supported by facial recognition. As a result of the research proposal, the goal was to generate financial inclusion in an educational model such as the universities of the State of Veracruz.

***Key words**: FinTech, inclusion, university, startups.*

Introducción

Con el surgimiento de la Cuarta Revolución Industrial y sus diversas herramientas de automatización, entra un nuevo segmento que une dos rubros, los servicios financieros y la tecnología, mejor conocido como "FinTech" y para el autor Cortés Poza [1] surge de la modificación de los modelos de negocios implementando herramientas tecnológicas como la ciberseguridad brindando nuevos servicios financieros para las personas y las empresas; uno de los éxitos de FinTech es que les brinda a los usuarios una mejor interacción sobre sus finanzas al momento de querer realizar una transacción, al solicitar un préstamo, entre otros. Pérez Padrón [2] dice que es de suma importancia la innovación no sólo del producto o del servicio, si no la innovación de toda la parte empresarial organizativa y de relación con los mercados, ya que al hablar de innovación se refiere a un cambio total en lo que se consideraba "tradición", es dar un giro para el futuro de la empresa. Por otra parte,

los autores Bañuelos, Pérez Novelo y Vega [3] ponen como ejemplo a la empresa KODAK que, por no haber innovado su modelo de negocio, en el año del 2012 se fue a la quiebra.

El 9 de marzo de 2018, el presidente Enrique Peña Nieto publicó en el Diario Oficial de la Federación [4] la Ley para Regular las Instituciones de Tecnología Financiera, la cual expone todos los puntos que deben cubrir los emprendedores que deseen crear una empresa de tal sector, pero únicamente va enfocado a las siguientes instituciones: De Financiamiento colectivo: Artículo 15 al 21; De Fondos de Pago Electrónico: Artículo 22 al 29; y De Operaciones con Activos Virtuales: Artículo 30 al 34. Pero de acuerdo con la información, actualmente no existe una ley al respecto sobre el uso de credenciales digitales universitarias, y en conjunto con las tiendas departamentales influyan en el estudiante a iniciar su historial crediticio.

Es por ello que nace la propuesta de incluir a las FinTech mediante una aplicación móvil que en conjunto con las universidades, ya sean públicas o privadas, permitan adaptar una plataforma para la credencialización digital, el cual con ayuda de la tecnología FinTech se planteó como objetivo que el estudiante comience a generar un historial crediticio haciendo convenios con diferentes empresas, ya que la idea sería incluir al estudiante en el ámbito financiero y, para la empresa, un futuro prospecto. Durante la contingencia sanitaria que estamos viviendo en la actualidad, la idea ayudaría a evitar el contacto directo, ya que únicamente se tendría que leer el código QR generado al momento y listo.

FinTech en la Educación

En los últimos años, se han sumado diversos países que han implementado el conocimiento de lo que es FinTech en las universidades, a fin de que sus estudiantes conozcan la parte tecnológica financiera, como lo son Brandeis International Business School y University of Oxford. Éstas universidades han logrado adaptar un programa de estudios sobre FinTech, contribuyendo a que sus estudiantes conozcan esta herramienta para futuros proyectos, esto con relación al ámbito de los Estados Unidos de Norteamérica, situación que en México no sucede todavía, ya que se ha identificado que en las instituciones educativas aún no se han incluido modelos educativos de FinTech, es por ello que nace la idea de crear algo nuevo, innovador y que ayudará a miles de estudiantes en el ámbito financiero.

Credenciales Universitarias Digitales

Actualmente existen un mínimo número de universidades que han implementado la credencialización digital. La Universidad Juárez Autónoma de Tabasco [5] publicó una nueva credencial electrónica la cual el Jefe de Informática de la Dirección de Servicios Escolares, asegura la identidad del estudiante y con un código QR irá vinculado directamente a la base de datos de la Universidad, mostrará desde su matrícula hasta si el estudiante se encuentra inscrito o no, el Jefe de Informática corrobora que la credencial no se puede clonar gracias al código QR, siendo totalmente personal. La credencial de dicha universidad cuenta con la fotografía del estudiante, la matrícula, el nombre del estudiante, la carrera a la que pertenece, el código QR y la fecha de expedición.

Otro ejemplo es la Universidad Autónoma de Ciudad Juárez [6], la cual también implementó las nuevas credenciales virtuales, los mismas se irán renovando semestralmente y el alumno podrá tenerla siempre y cuando esté inscrito. Ya los estudiantes y el personal docente y administrativo en caso de extravío no deberán pagar la reposición. La credencial virtual cuenta con la fotografía del estudiante, el nombre completo, la licenciatura a la que pertenece, un código de barras y la vigencia de la credencial; la cual dará acceso a distintos puntos de la Universidad.

Y finalmente, se tiene a la Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla [7], la cual el día lunes 22 de junio de 2020 presentó la nueva credencial digital, aunque por el momento están en pruebas piloto para después aplicarlo en toda la universidad, se tiene claro que se podrá hacer uso de la misma únicamente si el estudiante olvidó su credencial física. La credencial cuenta con un código QR que les dará acceso de entrada o salida a las instalaciones.

Implementación de Credenciales Digitales

Durante la investigación, se encontró que diversas universidades han implementado el uso de las credenciales digitales, lo único que tienen en común entre ellas es que al ingresar el estudiante o personal de la universidad se visualizará la credencial en una aplicación móvil, y una vez que ingrese le generará un código QR o en algunos casos, un código de barras, el cual le permitirá el acceso a dichas instalaciones. Por otra parte, una vez que se investigaron las diversas funciones de Fintech [8] y sus derivados como RegTech [9], se tuvo la idea de implementar una propuesta que daría una mayor ventaja, y sobre todo, que aún no existe nada parecido en el mercado.

La idea consiste a grandes rasgos, que mediante una aplicación móvil, al ingresar a esta, se validará mediante un reconocimiento facial al usuario, y al mismo tiempo, confirmada por la universidad, con el fin de hacer uso de las credenciales digitales de los estudiantes.

En este caso, la propuesta no es únicamente que el estudiante cuente con su credencial universitaria, sino que también tenga la oportunidad de tener incluida en la misma aplicación su identificación, su licencia de conducir, tarjetas bancarias y departamentales; y al dar clic en alguna de ellas, generar un código QR que tiene un tiempo de vida de 1 minuto para hacer transacciones con las tarjetas bancarias y/o departamentales. La parte fundamental es que los estudiantes conozcan el sector financiero relacionado con la parte digital, como lo es FinTech, por ejemplo, varios de los universitarios no cuentan con alguna tarjeta bancaria y/o departamental que esté a su nombre, el propósito es apoyar al estudiante a generar un historial crediticio, cuando aún no ha egresado de la universidad.

Situación que requiere de un nivel de seguridad fiable, es por ello que se hará uso de un reconocimiento facial que evite la usurpación de identidad. Finalmente, con dicha propuesta, se estaría reduciendo el uso del plástico a gran escala, ya que en promedio cada persona emplea de cinco a ocho tarjetas, personales y/o departamentales.

Metodología

desarrollo de la propuesta de inclusión FinTech para el desarrollo de credenciales digitales para estudiantes y personal institucional, se basó en los principios básicos de la metodología de pensamiento diseño. En el desarrollo del prototipo, se empleó la aplicación Balsamiq para la maquetación y funcionalidad del software; el Draw.io, se utilizó para la elaboración de los diagramas de flujo, a fin de establecer un orden y secuencia sobre la funcionalidad del mismo.

Resultados y discusión

Función de la Aplicación Propuesta

Una vez realizada la propuesta del software, la cual se encuentra en su fase de diseño conceptual, que es lo que se comparte con esta publicación, se está estableciendo una prueba beta al corto plazo, una vez que la institución educativa que apoyará este pilotaje genere las condiciones para su desarrollo, ya que todo ha sido detenido debido a la contingencia sanitaria. Sin embargo, en este avance del prototipo a nivel conceptual, que fue revisado por especialistas en el diseño y desarrollo de aplicaciones, se obtuvo como observación mas relevante, que era conveniente adicionar una aplicación, que permitiera incluir a las FinTech, y así aperturar el uso de credenciales digitales en las universidades del Estado de Veracruz. En los siguientes apartados se explica el funcionamiento conceptual de la aplicación.

Login

En el Login el usuario (ya sea el estudiante o el personal institucional) deberá seleccionar la universidad a la que pertenece, posteriormente, ingresará la matrícula o el correo institucional y finalmente, la contraseña, la cual será asignada por el personal de Servicios Escolares.

 ISSN 2007-8102

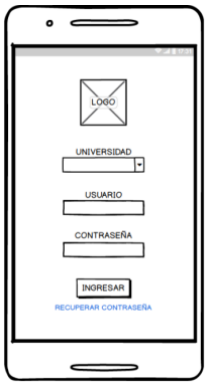


Figura 1. Login de la aplicación.

Validación de Identidad del Usuario

Ya que el usuario ingresó los datos correctamente, lo único que podrá ver es un ID, el nombre del usuario, la opción de subir fotografía y el estatus de validación. El usuario aún no podrá ocupar la aplicación hasta que valide su identidad, esto lo hará mediante la toma de una fotografía con la cámara frontal de su celular. Una vez que el usuario haya mandado la fotografía, deberá esperar a que el encargado de Servicios Escolares o su equivalente, apruebe la identidad del mismo.



Figura 2. Validación de la Identidad del Usuario

Ya que se corroboró la identidad del usuario, el estatus de validación deberá estar en color verde y con la palabra “Validada”, posteriormente se habilitarán las opciones de “Perfil” y “Credenciales”.



Figura 3. Opciones con las que cuenta la aplicación

 ISSN 2007-8102

Opción “Perfil”

En esta opción, el usuario logrará ver su fotografía, su matrícula, su nombre y sus apellidos precargados, de tal manera que ya no podrá modificar ninguno de esos campos. Lo único que el usuario podrá modificar será su número celular y su correo.



Figura 4. Perfil del Usuario

Opción “Credenciales”

Finalmente, en ésta opción aparecerán múltiples apartados, entre ellas está “Universidad” en donde el usuario tendrá precargada la credencial universitaria al frente y al reverso. Cuando el usuario quiera hacer uso de ella, deberá tocar la imagen generando así un código QR. Dicho código lo requerirá al ingresar a la institución educativa y con el apoyo de un lector, se validará la identidad del portador (estudiante o personal institucional) logrando ingresar a la misma.



Figura 5. Visualización de la Credencial Universitaria y generador de Código QR.

La propuesta será funcional y segura para las universidades, ya que se negará el acceso a personas que no forman parte de esta, evitando poner en riesgo al cuerpo académico y estudiantil. Otra ventaja es que se disminuirá el uso de plástico.

Trabajo a futuro

Se busca implementar la propuesta en diversas universidades del Estado de Veracruz para que así se realice un análisis de adaptabilidad al contexto, con relación a las características del cuerpo académico y estudiantil. Por otra parte, incentivar la realización de convenios con tiendas departamentales, con el fin de apoyar al estudiantado a que comience a integrar su historial financiero, y a su vez, la empresa tenga un futuro prospecto; otro convenio en prospectiva sería con el transporte público, ya que así se evitaría el falso cobro. Finalmente, otra ventaja es que se evitaría el contacto físico entre las personas, ya que únicamente se requerirá de un lector de código QR, lo que iría acorde a los lineamientos establecidos para esta nueva normalidad, que ha surgido a partir de la contingencia sanitaria que se está viviendo.

Conclusiones

La inquietud nació al observar que ya algunas universidades en nuestro país han incursionado en el desarrollo y uso de credencias digitales para el personal administrativo y estudiantil. Sin embargo, se observó que su uso solo era de tipo académico. Situación que se repetía en universidades extranjeras, lo cual su uso era como ya se comentó. A partir de la consulta y participación en eventos de innovación tecnológica se descubrió, a FinTech, que es una herramienta financiera, y mediante el apoyo de la metodología de pensamiento diseño se descubrió las posibilidades que podría obtenerse tanto para estudiantes como personal institucional al incluir en estas, también la adición de otros usos como son las tarjetas departamentales y/o bancarias. Lo que llevó a identificar que las pequeñas y medianas empresas (pymes), que son el motor de la economía mexicana, puedan hallar en las FinTech una opción viable para acceder a créditos, ya que su uso otorga grandes ventajas con respecto a los servicios financieros tradicionales, como son menos requisitos para su afiliación, así como un factor de mayor ciberseguridad en el uso de las tarjetas y otros servicios. Lo mejor de todo es que en algunos casos son pymes ayudando a otras pymes, es un círculo virtuoso. Las pymes son uno de los sectores que más pueden beneficiarse del crecimiento de las FinTech, pues obtienen créditos y demás beneficios financieros a corto plazo.

Por ello, se elaboró esta propuesta de inclusión FinTech en las universidades, ya que la mayoría de las pymes son creadas por los estudiantes universitarios, y con ello, se obtendría un mayor panorama del uso de las FinTech como vehículo para el emprendimiento.

Referencias

[1] D. Cortés-Poza, “FinTech: Tecnología Financiera,” *Oficina de Información Científica y Tecnológica para el Congreso de la Unión,* no. 6, Ciudad de México, 2017.
[2] S. Pérez-Padrón, F. R. Moreno-Méndez y T. Padrón-Zardúa, “La innovación tecnológica y la investigación de mercado en el sistema empresarial cubano,” *Universidad y Sociedad*, vol. 10, no 1, pp. 367-373, 2018.
[3] J. Bañuelos, R. Pérez-Novelo, E. Vega, “Factores clave del auge y declive de KODAK: Del paradigma analógico al digital,” *Razón y Palabra,* no. 79, 2012
[4] E. Peña-Nieto, “Ley para Regular las Instituciones de Tecnología Financiera,” *Diario Oficial de la Federación,* pp. 01-67, 2018/03/09 2018.
[5] L. García-León, “Presenta la UJAT credencial electrónica para estudiantes,” *Universidad Juárez Autónoma de Tabasco (UJAT)*, 2020/03/04 2020.
[6] R. A., “La UACJ da un salto a lo digital con sus nuevas Credenciales Virtuales,” *Universidad Autónoma de Ciudad Juárez (UACJ)*, 2020/06/12 2020
[7] J. M. Santiago-Muñoz, G. Soto-Ponce, “Conoce la nueva credencial digital,” *Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla (UPAEP - Avisos)*, 2020/09/02 2020.
[8] I. Esteban-Carballo y F. Dalle-Nogare, “Fintech e inclusión financiera: los casos de México, Chile y Perú,” *Revista CEA*, vol. 5, no 10, pp. 11-34, 2019
[9] F. D. Corporations, “Observatorio de Innovación y Tendencias RegTech 2018,” *Finnovating Disrupting Corporations,* pp. 01-21, 2018/02/22 2018.

Estudio de la carga térmica y su impacto en el uso eficiente de la energía

M. de J. Oregan Silva[1], O.Trinidad Guzmán[2], J.C. Vásquez Jiménez[3], S. Reyes García[4],M.Macías Garza [5]*
[1,2,3,4]Departamento de Metal- Mecánica, Instituto Tecnológico Campus Tehuacán, S/N Tehuacán, Puebla, México
[5]Empresa M. Garza Aire Acondicionado, Ungerer,S/N Tramo Pinotepa Nacional, Puerto Escondido,México
**maoregansilva@hotmail.com*

***Área de participación**: Ingeniería Administrativa*

Resumen

Actualmente la cantidad de energía que requiere un espacio climatizado es muy elevado, debido a que solo se instala el equipo de aire acondicionado sin considerar varios aspectos a estudiar cómo es; la temperatura ambiente dentro y fuera del espacio, las características del edificio como: su espesor de las paredes, el tipo de material de las paredes, el tipo de ventilación que contiene el lugar cuando intervienen ventanas y puertas, la cantidad, dimensiones, color, espesor del material en sí considerar todo lo que contiene el lugar incluyendo la cantidad de personas que estarán en el espacio, Por lo que es necesario calcular las cargas térmica de cada uno de los equipos y personas aplicando la transferencia de calor; por conducción radiación y convección mediante fórmulas y tablas, para obtener la carga térmica total para instalar el equipo de aire acondicionado ideal que requiera el lugar y bajando el consumo energético.

***Palabras clave**: Carga, térmica, energía, acondicionado.*

Abstract

Currently the amount of energy that a heated space requires is very high, because only the air conditioning equipment is installed without considering various aspects to study how it is; the ambient temperature inside and outside the space, the characteristics of the building such as: its thickness of the walls, the type of material of the walls, the type of ventilation that the place contains when windows and doors are involved, the quantity, dimensions, color, thickness of the material itself consider everything that the place contains including the number of people who will be in the space, so it is necessary to calculate the thermal loads of each of the equipment and people applying heat transfer; by conduction radiation and convection through formulas and tables, to obtain the total thermal load to install the ideal air conditioning equipment that the place requires and lowering energy consumption

***Key words**: Charging, thermal, energy, conditioning.*

Introducción

El consumo de energía consumida en los aparatos eléctricos se calcula como energía consumida igual a potencia por tiempo y se mide en kilovatios hora y el coste de un kilovatio hora es actualmente de 0.1 euro aproximadamente por el consumo de diez horas es equivalente a tres euros, en peso mexicano son setenta y siete punto trece.

La obtención de la energía es un grave problema y más cuando proviene de la combustión de las energías fósiles (carbón y petróleo) y esto a la vez causa el efecto invernadero aumentando el flujo de calor en la tierra. [1]

En la ciudad de México, en los últimos años la temperatura se ha incrementado casi cuatro grados centígrados. Los incendios forestales se asocian también con el aumento de la temperatura, los índices de radiación solar independientemente que en distintas de sus zonas se siente menos calor. [2]

México actualmente es uno de los tantos países más calurosos del mundo, lo cual afecta el bienestar en las personas en las actividades que se realizan, por eso se requiere del confort mediante la utilización del aire acondicionado o también llamadas pérdidas energéticas.

Normalmente los equipos requieren de mucha energía para que funcionen, y que normalmente cuando se adquiere no se considera la transferencia de calor en sus tres etapas como es: la radiación, conducción y convección [3], originados por los equipos que contiene el área a utilizar incluyendo el tipo de material de paredes, puertas, ventanas, su espesor, dimensiones, incluyendo el personal que ocupará el lugar.

Para obtener la potencia ideal del equipo de aire acondicionado para su consumo energético es necesario aplicar los cálculos de cargas térmicas de todo el equipo antes mencionado para obtener la carga total del área a climatizar y con el equipo que cumpla las condiciones necesarias para que funciones en las condiciones ideales sin que consuma energía de más y reduciendo así el consumo de energía. Para obtener las cargas térmicas fue necesario realizar los cálculos en un restaurant, para que este método sea una guía para aplicarse a cualquier lugar que requiera climatizarse.

Metodología

Tipo de Investigación

Este proyecto se trata de una investigación tecnológica, por que comprende tres aspectos fundamentales que la conforman; el teórico, el experimental y el práctico. Este proyecto estudia el objeto en su entorno con respecto a la climatización y sus factores que intervienen en la natural como es la transferencia de calor de la radiación del sol que interviene en las paredes del espacio a climatizar, pero a la vez conforme se desarrolla el estudio se aplican formulas y tablas que ya existen, pero que permiten estudiar todos los equipos que generen calor y que intervengan en el cálculo de la carga total para lograr implementar equipos con la carga ideal de energía.

Objetivo general

Realizar un estudio de las cargas térmicas para identificar el impacto y uso eficiente de la energía en un sistema de aire acondicionado aplicado en un restaurant para su estudio.

Materiales

Los equipos que se requiere instalar: condensador, evaporador, tubería, compresor, válvula reductora, conexión de baja presión para el servicio, conexión de alta presión para el servicio, deposito secar, turbina y refrigerante

Cálculo de la carga térmica.

Para lograr con facilidad el estudio de este proyecto, se ha planteado seis fases para el cálculo de la carga térmica: condiciones de diseño, Mediciones de las secciones, Identificación de los materiales de construcción, Cálculo del coeficiente de transferencia de calor “U”, cálculo de la carga térmica, Cálculo de la carga térmica total en toneladas de refrigeración, Comparación de la carga térmica instalada con la carga térmica calculada y facilitar la información deseada y la reducción de los pasos considerados en el capítulo anterior

Condiciones de diseño.

El método de cálculo a utilizar para este proyecto será de los ya mencionados y estudiados para este documento, como son: el método CLTD, SLC, CLF
En base a estos cálculos para el diseño, se tiene previamente los datos necesarios para comenzar.

- Temperatura exterior = 85.5°F (29.72°C)
- Temperatura interior de diseño = 72.5°F (22.5°C)
- Humedad relativa = 50%
- Humedad relativa interior = 35%
- Variación de la temperatura diaria exterior = 17°F (8.33°C)
- Mes y día de diseño = 27 abril (2020 Grafica IDEAM) a las 15 horas
- Número de personas = 32

Cálculo de la carga térmica en paredes

Para desarrollar la transferencia de calor a través de paredes se debe determinar su orientación, posteriormente usar la ecuación 1:

 ISSN 2007-8102

$$q = U * A * CLTD_C$$

$$CLTD_C = [(CLTD + LM)k + (78 - T_r) + (T_0 - 85)].$$ Ecuación 1

Pared de la parte Este

Área = B x h = 5m. x 2.20m. = 11 m^2 = 118.40 ft^2

El factor U se puede hallar por medio de las resistencias externas, del material e internas, utilizando la Ecuación 2:

$$U = \frac{1}{\sum resistencias}$$ Ecuación 2

Para el bloque de concreto de 4 pulgadas se tienen los valores de resistencia con las siguientes unidades.

$$[(h * ft^2 * F)/(Btu)]:$$

Si h= es de 0.227 aplicando la formula de R= 1/h y multiplicando este valor por el factor de 0.176 para convertir a BTU/h.ft^{2o}.Fn entonces la resistencia de las superficie externa es: $R_{sup.externa}$ = 0.25,

Si h= es de 3.76279 aplicando la formula de R= 1/h y multiplicando este valor por el factor de 0.176 para convertir a BTU/h.ft^{2o}.Fn entonces la resistencia del bloque es: R_{bloque} = 1.51

Si h=8.29, aplicando la formula de R= 1/h y multiplicando este valor por el factor de 0.176 para convertir a BTU/h.ft^{2o}.Fn entonces la resistencia de la superficie interna es: $R_{sup.interna}$ = 0.685

Para calcular la resistencia del Bloque (R_{bloque}) utilizando las ecuaciones 3 y 1

$$U = \frac{1}{0.25 + 1.51 + 0.685} = \frac{1}{2.445} = 0.408 \approx 0.41[(h * ft^2 * F)/(Btu)]$$ Ecuación 3

$$CLTD_C = [(CLTD + LM)k + (78 - T_r) + (T_0 - 85)]$$ Ecuación 1

CLTD es tomado de la Tabla 19 (Parson, ASHRAE Handbook Fundamentals, 1997)

K, es un factor de color (para paredes de colores claros 0.65)
To = 85.5 Tr = 75.2
Desarrollando entonces la formula queda compuesta de la siguiente manera: (utilizar la ecuación 4)

$$CLTD_C = [(13 + 4)0.65 + (78 - 72.5) + (85.5 - 85)] = 17.05$$ Ecuación 4

q = 0.41 + 118.40 + 17.05
La carga térmica a través de esta pared es entonces de: q = 135.86 BTU/h

Pared de la pared Norte

Área = B x h = 12m x 2.20m = 26.4 m^2 = 284.166 ft^2

En esta pared es donde interviene en su mayoría por ventanas, desde la mitad de proporción hacia la base de la pared es concreto y la otra parte de la mitad son ventanas. Por lo tanto, el área calculada anteriormente se le debe restar la mitad del área que pertenece a las ventanas.

Área pared norte= 284.166 ft2 – (284.166/2) = 142.083 ft^2

El factor "U" es igual para todas las paredes debido a que es el mismo material o las mismas condiciones. Utilizar la ecuación 3

$$U = \frac{1}{0.25 + 1.51 + 0.685} = \frac{1}{2.445} = 0.408 \approx 0.41[(h * ft^2 * F)/(Btu)]$$ Ecuación 3

$$CLTD_C = [(CLTD + LM)k + (78 - T_r) + (T_0 - 85)]$$ Ecuación 1

CLTD = 18
LM = -7

Tr = 75.2
To = 85.5

$$q = U * A * CLTD_C$$

$$CLTD_C = [(CLTD + LM)k + (78 - T_r) + (T_0 - 85)].$$

Ecuación 1

$$CLTD_C = [(18 - 7)0.65 + (78 - 72.5) + (85.5 - 85)] = 13.15$$

Ecuación 4

q = 0.41 * 142.083 * 13.15

La transferencia de calor de esa pared es de: q = 766.040 BTU/h

Pared de la parte Sur.

Área pared sur = 284.166 ft^2
Para este caso no tenemos que restar el área de ningún otro tipo dado que es pared total de un mismo material. El factor "U" es igual para todas las paredes debido a que es el mismo material o las mismas condiciones. Se aplican las ecuaciones 3 y 1.

$$U = \frac{1}{0.25 + 1.51 + 0.685} = \frac{1}{2.445} = 0.408 \approx 0.41[(h * ft^2 * F)/(Btu)]$$

Ecuación 3

$$q = U * A * CLTD_C$$

$$CLTD_C = [(CLTD + LM)k + (78 - T_r) + (T_0 - 85)].$$

Ecuación 1

CLTD = 34
LM = 7
To = 85.5
Tr = 75.2
CLTDc = (34 – 7)0.65 + (78 – 75.2) + (85.5 – 85) = 20.8
q = 0.41 * 284.166 * 20.8
q = 2423.3676 BTU/h

Pared de la parte Oeste

Área = B x h = 5m. x 2.20m. = 11 m^2 = 118.40 ft^2
Para este lado de la pared necesitamos restarle el área que ocupa la puerta de entrada principal
Área de la puerta principal: 2m * 1.20m = 2.4 m2 = 7.87ft^2
Área total = 118.40 - 7.87 = 110.53 ft^2. Se aplica la ecuación 3 y 1.

$$U = \frac{1}{0.25 + 1.51 + 0.685} = \frac{1}{2.445} = 0.408 \approx 0.41[(h * ft^2 * F)/(Btu)]$$

$$CLTD_C = [(CLTD + LM)k + (78 - T_r) + (T_0 - 85)]$$

Ecuación 3 y 1

CLTD = 43
LM = 4
K = 0.65
To = 85.5
Tr = 75.2
CLTDc = (43 + 4)0.65 + (78 – 75.2) + (85.5 – 85) = 33.85
q = 0.41 * 110.53 * 33.85
q = 144.79 BTU/h

Cada pared individualmente genera una transmisión de calor con respecto al exterior, pero se debe tomar en cuenta una respectiva ganancia de calor total, para esto debe hacer la sumatoria de las ganancias de calor de cada pared (ver tabla 1)

q = 135.86 BTU/h +766.040 BTU/h +2423.3676 BTU/h +144.79 BTU/h
q = 3470.0576 BTU/h

Tabla1 Carga térmica de las paredes del restaurant (elaboración propia)

Paredes	Carga Térmica (Btu/h)
Sur	135.86
Norte	766.040
Este	2423.3676
Oeste	144.790
Total	3470.0576

Cálculo de la carga térmica del techo

El área del techo será igual a: A = Largo * Ancho = 12m * 5m = 60 m^2
Equivalencia a pies (ft^2): A= 645.835 ft^2

Reemplazando por último todos los valores en la ecuación 5. (ver tabla 2)
Q = U * A * CLTDcorr Fórmula 5
Si:
U = 0.335
A = 645.835
CLTDcorr = 16.495
Q = 0.335 * 645.835 * 16.495
Q = 3568.77 BTU/h

Tabla 2 Transferencia de calor en el techo

Zona de transferencia de calor	Carga Térmica (BTU/h)
Techo	3568.77 BTU

Cálculo de carga térmica para ventanas

La carga térmica de las ventanas se puede hallar por medio de la siguiente ecuación:
Carga térmica = Cargas por conducción + Cargas por radiación
Con todas las variables de la ecuación procedemos a calcular la carga térmica de la ventana.

$$Q = U \times A \times \mathrm{CLTD_c}$$

Para esta hora específica tenemos que CLTD = 13
Como siguiente paso se debe hallar el "To"

$$\mathrm{To} = \mathrm{T_{ext-dis}} - \left(\frac{\text{Variacion Tem. diaria exterior}}{2}\right) =$$

Formula 6

To = 94 – (17/2) = 85.5
Reemplazando los valores en la siguiente ecuación:

$$\mathrm{CLTD_c} = \mathrm{CLTD} + (78 - \mathrm{T_r}) + (\mathrm{T_o} - 85)$$

Formula 1

CLTD = 13
To = 85.5
Tr = 75.2
CLTDc = 13 + (78 – 75.2) + (85.5 – 85)
CLTDc = 16.3°F

Encontramos el área de la ventana por medio de la ecuación 7:

$$A_{VENTANA} = A_{CENTRO} + A_{BORDE} + A_{MARCO}$$

Fórmula 7

Uo = (1.1088 (4.299) + 1.1088 (2.2056) + 0.1668(1.371441))/ 7.87674

Uo = 0.9446 $\frac{Btu}{h * ft^2 * ºF}$

q = 0.9446 $\frac{Btu}{h * ft^2 * ºF}$ * 7.87674ft2 * 16.3°F = 121.277 BTU/h *carga térmica para una sola ventana*

El resultado obtenido solo aplica para una sola ventana, pero la pared contiene 18 ventanas.

q = 121.277 BTU/h (18 ventanas) = 2182.986 BTU/h

Cálculo de cargas térmicas en equipos luces y personas.

Para ese cálculo se utiliza la ecuación 8;

q = # de personas x Factor de ocupación x CLF x Ganancia de calor sensible. Fórmula 8

- El número de personas que pueden estar cómodamente dentro del restaurant son 32.
- El CLF = 1 debido a que el espacio acondicionado no se mantiene constante durante las 24 h
- El factor de ocupación, entre las 9 y 16 horas, el factor de ocupación es equivalente a 1
- Ganancia de calor sensible, es el factor de carga sensible de las personas, depende de la actividad física que estén realizando y lo encontramos en la tabla 30 (Beristain, 2015)
- Ahora que ya se tienen estos valores de la ecuación, solamente se reemplaza (ver tabla 3)

q = 32 * 1 * 1 * 45
q = 1440 BTU/h

Tabla 3 Calor total generado en personas dentro del restaurant

#Personas	Calor generado BTU/h
32	1440
TOTAL	1440

Cálculo de la carga térmica en la iluminación

Para realizar el cálculo de la carga térmica generada por las luces utilizamos la Ecuación 9

q = 3.41 x W x CLF x Ful * Fsa Ecuación 9

Donde:
W = Para lámparas grandes es 300, para lámparas de la pared es 45 y para lámparas redondas es 240
CLF: Es el factor de carga de enfriamiento para luces, el CLF se considera 1, debido a que el equipo funciona solo cuando las luces están encendidas.
Ful: Factor de uso de iluminación, como las lámparas estarán encendidas entonces el valor sería de 1
Fsa: Se utilizó 1.2. Factor especial de iluminación, este factor es introducido debido a las lámparas fluorescentes y especiales, generalmente son pérdidas por balastro para lámparas simple de 32 W y un voltaje de 230V usar un factor de 2.19, en lámparas a 230V y 1.30 para una lámpara de 120V. Se recomienda 1.2 para aplicaciones generales para lámparas especiales, diferentes o fluorescentes, como las lámparas de sodio, este factor varía entre 1.04 a 1.37 dependiendo del fabricante.

La carga térmica generada por la iluminación dentro del restaurant es de:
q = 3.41 x W x CLF x Ful * Fsa
q = 3.41 x 45 x 1 x 1 x 1.2
q = 184.14 BTU/h
q = 368.28 BTU/h cuenta con 2 lámparas dentro del restaurant, por tanto el valor “q” se multiplica por 2

Cálculo de las cargas térmicas en equipos.

Los equipos que se encuentran dentro del restaurant, dentro del área de comensales que es el área que estamos dimensionando, solo se encuentra 2 bocinas cuyo calor generado es despreciable. (Ver tabla 4)

Tabla 4 Carga térmica sensible por misceláneas

Misceláneas	Carga Térmica (BTU/h)
Personas	1440
Luces	368.28
Total	1808.28

Resultados y discusión

Los valores totales del flujo de calor obtenidos de un restaurant para seleccionar el sistema de aire acondicionado (clima)

Al ver los resultados se puede obtener la ganancia de calor total de todo el lugar de 14659.2236BTU/h, con la finalidad de aplicar el sistema de aire acondicionado acorde a las necesidades requeridas por el lugar estudiado.

Sim embargo existe una carga térmica elevada en el rubro de infiltración, aumentando considerablemente el flujo de calor. (ver tabla 5)

Tabla 5 Análisis de resultados carga térmico total

Carga Térmica (BTU/h)	Generada por:
3470.0576	Paredes
3568.77	Techo
5325.963	Ventanas
1440	Personas
368.28	Iluminación
486.153	Infiltración
14659.2236	Total

Se puede decir que debido a las infiltraciones se genera una ganancia de calor alta, por esta razón, aumenta considerablemente la pérdida o ganancia de calor a la vez.

Selección correcta del sistema de aire acondicionado.

En base a este resultado obtenido 14659.2236 BTU/h será todo el calor que el equipo de aire acondicionado debe extraer del sitio por lo tanto el sistema de aire acondicionado apto para estas condiciones de acuerdo a la tabla es (Ver tabla 6)

Tabla 6 Tabla de capacidades en toneladas de refrigeración de un aire acondicionado.

Capacidad en Toneladas	Capacidad en BTU's
½	6,000
1	12,000
1 ½	18,000
2	24,000
3	36,000
4	48,000
5	60,000

El análisis consta entonces de una capacidad de 18 mil BTU (ver tabla 7)

Tabla 7 Capacidad del aire acondicionado para utilizar (elaboración propia)

BTU/h	**Capacidad Tonelada (TR)**
14659.2236	1 ½

De acuerdo a los resultados del estudio de cargas térmicas del restaurant se obtuvo que 14659.2236 BTU/hr y convirtiéndolo a KW corresponde a 4.2961943458212KW por hora, y por mes sería su consumo de 128.8948304 KW.

Si 1KW equivale a 0.1 Euros entonces corresponde a 0.429619332 Euros, si el sistema de aire acondicionado trabajara 8 horas diarias entonces serían 3.436954656. Euros al día el costo de la energía. Si 1 Euro equivale a $25,7165 entonces el costo por día sería de $88.38644441 y por 30 días sería $2651.593332 el pago del consumo de energía.

Normalmente el consumo de energía con estas características viene siendo de 480KW, solo comprando el equipo sin considerar la carga térmica, lo cuál sería un consumo excesivo de energía y le pago de la misa se aumentaría.

Trabajo a futuro

Para hacer más eficiente el equipo de aire acondicionado es necesario proteger las paredes de la radiación solar, esto es sería aislar el material del lugar o bien cuando se inicie una obra

obtener un material térmica, Esto permitirá ahorrar el consumo de la energía eléctrica y el equipo tendría larga vida

Conclusiones

Se logró aplicar los conocimientos de radiación, convección y conducción originados por las personas, material y equipo que contenía el lugar de estudio. Se identificaron las necesidades que demanda el área de estudio, se conoció el plano arquitectónico del lugar, se terminaron las obstrucciones y/o entradas de are por el exterior, se identificaron las temperatura de la paredes, se identificó el material de las paredes, piso, ventanas, puerta, techo y el tipo de personal que gozará de la aplicación del sistema de aire acondicionado Logrando atender todas las necesidades que requería el lugar y por consiguiente el cliente del restaurant.

Con este proyecto se logró el objetivo del estudio de carga total de los factores que involucran la generación de calor en sus diferentes formas en los materiales, sistemas, proyecto de investigación llevado a cabo en un restaurant, calculando la carga térmica total para instalar un sistema de aire acondicionado con un consumo bajo de energía y por consiguiente el pago por su consumo se reduce.

Considerando los factores anteriores se calculó la carga térmica total que aporta el flujo de calor y se identificó que es necesario utilizar el sistema de capacidad de 1 ½ toneladas. El sistema ideal para hacer funcionar el sistema de aire acondicionado, ahorrando energía eléctrica.

Referencias

[1] J. V. Gato, «Corriente eléctrica,» [En línea]. Available: http://newton.cnice.mec.es/materiales_didacticos/electricidad3E/kwh.htm#:~:text=El%20consumo%20o%20energ%C3%ADa%20consumida,energ%C3%ADa%20consumida)%3D%20Potencia%20*%20tiempo.&text=Consumo%20%3D%200%2C1kw%20*10h%20%3D%201%20kWh.&text=Un%20grave%20proble. [Último acceso: 3 Septiembre 2020].

[2] S. d. M. A. y. R. Naturales, «Cómo afecta el cambio climático a México,» 20 Octubre 2016. [En línea]. Available: https://www.gob.mx/semarnat/articulos/como-afecta-el-cambio-climatico-a-mexico#:~:text=Los%20incendios%20forestales%20se%20asocian,%2DAparici%C3%B3n%20de%20enfermedades.. [Último acceso: 30 Agosto 2020].

[3] Carlos, «Radiación, conducción y convección: tres formas de transferencia de calor,» 27 Junio 2013. [En línea]. Available: https://nergiza.com/radiacion-conduccion-y-conveccion-tres-formas-de-transferencia-de-calor/. [Último acceso: 3 Septiembre 2020].

[4] R. Parson, ASHRAE Handbook Fundamentals, California : SI editions, 1997.

[5] K. Beristain, 17 abril 2015. [En línea]. Available: https://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn255.html.

[6] R. Parson, ASHRAE Handbook Fundamentals, California: SI editions, 1997.

Índice de competitividad para medir la eficiencia microeconómica de las MiPyMES manufactureras de Tehuacán.

A. Heredia González[1], L. C. Ortuño Barba[1], R. E. Ortiz Saucedo[1], F. Merlo Magaña[1], D. Altamirano Cruz[1]*
[1]Departamento de Ciencias Económico-Administrativas, Tecnológico Nacional de México/ Instituto Tecnológico de Tehuacán, Libramiento Tecnológico S/N C. P. 75770, Tehuacán, Puebla.
*aheredia2001@yahoo.com.mx

Área de participación: Ingeniería Administrativa

Resumen.

El objetivo de la presente investigación es la elaboración de un índice de competitividad para medir la eficiencia microeconómica de las MiPyMES. El Índice de Competitividad de las empresas manufactureras de Tehuacán fue de 71.56%, representando un nivel de competitividad semidesarrollada, se explica por la deficiente participación del Financiamiento, Tesorería e Inversión, en esta región de Tehuacán no se cuenta con créditos de riesgo para desarrollar inversiones en sus organizaciones. Por su parte, la Innovación y Tecnología no llegan a ser determinantes en la eficiencia de las empresas manufactureras. Resalta, por otra parte, que la importancia de los Recursos Humanos y la Administración Estratégica en estas empresas es muy relevante por los cursos de capacitación enfocados a sus diferentes puestos de trabajo incrementando la productividad, es decir, llegar a ser más eficientes. Estas empresas tendrán que atender las deficiencias para poder alcanzar el siguiente nivel de competitividad.

Palabras clave: Innovación; Índice de Competitividad; Recursos Humanos; Tecnología.

Abstract

The objective of this research is the elaboration of a competitiveness index to measure the microeconomic efficiency of the MSMEs. The Competitiveness Index of Tehuacán manufacturing companies was 71.56%, representing a semi-developed level of competitiveness, explained by the deficient participation of Financing, Treasury and Investment, in this region of Tehuacán there are no risk credits to develop investments in their organizations. For its part, Innovation and Technology do not become decisive in the efficiency of manufacturing companies. On the other hand, it highlights the importance of Human Resources and Strategic Administration in these companies is very relevant, it is explained by the training courses focused on their different jobs increasing productivity, that is, being more efficient. These companies will have to address deficiencies in order to reach the next level of competitiveness.

Keywords: Competitiveness index; Human Resources; Innovation; Technology.

Introducción

Actualmente, la competitividad es relevante en el mundo económico por lo que se le ha dado gran importancia en el ámbito empresarial, sin embargo, desde hace varias décadas se ha aplicado este término en un contexto más amplio, a nivel país. En este sentido, “la competitividad de un país está en función de la eficiencia microeconómica de sus empresas, de las políticas gubernamentales para promover el

crecimiento económico, y del desempeño de sus principales ciudades para atraer nuevas inversiones que generen empleos y coadyuvar al crecimiento económico local. La competitividad se evalúa con indicadores cuantitativos monetarios, pero dichos indicadores se deben contrastar con el cambio en las condiciones de vida de la población" [1].

Los índices de competitividad son un instrumento de información que "nos permiten conocer cómo se está desempeñado un país o región en áreas como educación, salud, instituciones, cuidado del medio ambiente, funcionamiento de los mercados, infraestructura, etcétera. Existen diversos indicadores creados por organismos internacionales y nacionales que miden estas capacidades con base en el análisis de datos duros (nivel del PIB, inflación, inversión, empleo, etc.) o de percepción (seguridad, transparencia, corrupción, etc.)" [2].

México es una economía abierta al libre comercio, así la competitividad se ha convertido en un factor de gran importancia, sin embargo, todavía no se consolidado como el factor central a través del cual se realicen sus transacciones económicas. Los más importantes índices de competitividad son hechos por organismos como "el Foro Económico Mundial (WEF), el Instituto Internacional para el Desarrollo Gerencial (IMD), el Banco Mundial, el Instituto Mexicano para la Competitividad (IMCO), el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) y otros organismos que comparan la competitividad a nivel internacional, nacional y estatal". Existen otros índices como el The Heritage Foundation en su estudio anual del *Freedom Liberty Index* (FLI); Banco Mundial denominado Ease Doing Business Index (EDBI) [3].

Además, existen otros índices de competitividad a nivel nacional: el elaborado por la Escuela de Graduados en Administración Pública y Política Pública (EGAP) del Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey (ITESM); el índice de Competitividad Sistémica de las Entidades Federativas (ICSAR) generado por Aregional ; el elaborado bianualmente por el Instituto Mexicano para la Competitividad (IMCO) denominado Índice de Competitividad Estatal; el elaborado bianualmente por El Colegio de la Frontera Norte (COLEF) y la Universidad Autónoma de Baja California (UABC) denominado Índice de Competitividad de las Entidades Federativas Mexicanas (ICEFM); el Índice de Competitividad de las Ciudades de México (ICCM) elaborado por el Centro de Investigación y Docencia Económicas (CIDE), y el Índice Nacional de Competitividad elaborado por el INEGI [4].

Por lo que refiere a la caracterización de la entidad de Puebla hay dos grandes zonas metropolitanas que concentran la mayoría de las actividades manufactureras, estas son Puebla y Tehuacán, siendo esta última integrada por dos municipios (Tehuacán y Santiago Miahuatlán), sin embargo, primordialmente la actividad económica está concentrada en el primero, en el que hay un total de 16,053 compañías de las cuales 2,627 son manufactureras [4].

La industria que mayor Producción Bruta Total (*PBT*) tiene dentro del municipio de Tehuacán es la alimentaria con 7,130 millones de pesos (*mdp*); seguida de la fabricación de prendas de vestir con 1,356 mdp; a continuación, se ubica la industria de bebidas y tabaco con 1,296 mdp; en cuarta posición esta la química con 603 mdp; y en quinta posición está la de papel, por citar las primeras posiciones. Sin embargo, este orden se ve alterado sí solo se observa el personal ocupado, ya que la primera industria es la del vestido con 8,484 trabajadores, seguida de la alimentaria con 3,808, la de fabricación de insumos textiles y acabados con 1,741 y por último la de bebidas y tabaco con 1,044 empleados. Este sector industrial representa el 27.38% de los 64,721 trabajadores que hay en el municipio [4].

Por tanto, el propósito de la presente investigación es analizar los factores que inciden en la competitividad e integrar un Índice de Competitividad para Medir la Eficiencia Microeconómica de las Micro, Pequeñas y Medianas Empresas (MiPyMES) Manufactureras de Tehuacán que coadyuve en la resolución de los problemas que surjan dentro de su funcionamiento e impacte de manera positiva en su competitividad.

Metodología

De las variables que se consideraron para el desarrollo del presente índice de competitividad, se eligieron aquellas relacionadas explícitamente con la competitividad y fueron objeto de una revisión del estado del

arte. Para los fines de la presente investigación se consideraron las siguientes variables: Competitividad; Recursos Humanos; Innovación; Tecnología, Administración Estratégica, Gestión de la Estructura Directiva; Financiamiento, Tesorería e Inversión.

Operacionalización de Variables

En este apartado se realizó el análisis de la operacionalización de las variables, proceso que tiene como propósito el estudio de la manera que las variables están estructuradas. Con base a la revisión de la literatura se está en posibilidad de llevar a cabo el desmenuzamiento de las variables, es decir, determinando las dimensiones que integran la variable; asimismo, se determinan los indicadores, los cuales son la manera en que se va a obtener la información. Como consecuencia de las dos actividades anteriores se procede a plasmar los ítems que posteriormente van a conformar el cuestionario para su aplicación. De tal manera que cada ítem es la explicación de una parte pequeña de cada una de las variables.

Prueba piloto

Con base en los resultados obtenidos de la operacionalización de variables, se procedió a redactar los ítems que estructuraron el cuestionario que fue aplicado en la prueba piloto. Deberán ser las mismas características de la población y condiciones en las que se aplicará, tanto para la prueba piloto como para la aplicación definitiva del cuestionario.

Se realizó un análisis de la confiabilidad del cuestionario a través de una prueba piloto, cuyos datos resultantes iniciales indican que es confiable para ser utilizado en la evaluación de la competitividad. Este análisis parte del supuesto de que las variables analizadas tienden a generar incrementos en la competitividad de las Pymes manufactureras. Se identificaron las características de estas empresas y se determinaron que las variables a considerar en el estudio son: Competitividad; Innovación; Recursos Humanos; Financiamiento; Tesorería e Inversión; Administración Estratégica; Gestión de la Estructura Directiva.

Enseguida, se realizó la operacionalización de las variables, consistiendo en la determinación de las dimensiones que las integran, a continuación, se identificó si existen subdimensiones o se pasa a la estructuración de los indicadores, es decir, la manera en que se recopila la información para la comprensión de las dimensiones, finalmente la información se obtuvo de cada uno de los indicadores a través de la integración de ítems el cuestionario a aplicar.

Se integró el cuestionario basado en una escala tipo Likert y se aplicó una prueba piloto a 30 empresas de manera aleatoria para validar el cuestionario, con los resultados obtenidos se observó un alto nivel de fiabilidad, por lo que se deduce que es factible y adecuado el cuestionario.

Con base en los datos arrojados por la prueba piloto se recolectó la información clasificándola y capturándola integrando una base de datos utilizando el software estadístico de IBM Statistical Package for the Social Sciences (SPSS) para determinar el coeficiente Alfa de Cronbach y el análisis de confiabilidad.

Validación Psicométrica

En esta etapa, con referencia en el cuestionario aplicado en la prueba piloto, se analizaron las variables por separado. A continuación, se realizó la descripción de las pruebas realizadas y sus adecuaciones en el cuestionario como consecuencia de la aplicación de la prueba piloto. El primer análisis al cual se sometió el cuestionario es a la prueba de unidimensionalidad de las variables para ello se realizó el análisis del gráfico de sedimentación por medio de SPSS.

Prueba Alpha de Cronbach

El Alpha de Cronbach es una prueba que determina la consistencia interna de los ítems y como estos se comportan entre ellos. El valor mínimo aceptable es 0.6, por debajo de ese valor la consistencia interna de la escala utilizada es baja. En el caso del valor máximo es 0.9 por encima de este valor se dice que existe

redundancia, es decir, que varios ítems están midiendo el mismo elemento de una variable, en este sentido estos ítems deberán eliminarse. Con respecto al análisis de Cronbach, la correlación de ítems (columna corrected Item –Total Correlation) con puntaje menor a 0.3 fueron eliminados.

Determinación de la Muestra

Después de haberse aplicado la prueba piloto se procede a la determinación del tamaño total de la muestra a partir de una población total de 2,627 unidades económicas manufactureras de Tehuacán, de acuerdo con datos obtenidos del INEGI [4].

$$n = \frac{N}{1+\frac{e^2\,(N-1)}{z^2\,(pq)}}$$

En donde:

n= Es el tamaño de la muestra.
N= Tamaño conocido de la población.
pq= Varianza de la población (0.25)
Z= Nivel de confianza 95% 1.96
E= 5 por ciento de error

Sustituyendo valores en la fórmula, tenemos:

$$n = \frac{2627}{1+\frac{(0.05)^2\,(2627-1)}{(1.96)^2\,(0.25)}} = 335$$

Se entregaron 380 cuestionarios a las empresas, sin embargo, algunos de estos no fueron contestados correctamente o no lo contestaron, otros no fueron devueltos por las empresas, por lo que solamente se consideraron para este análisis 300 empresas encuestadas.

Resultados y discusión

Quienes se dedican a la integración de los índices de competitividad, lo realizan en función a dos directrices:

- Integración del índice de competitividad por medio de un promedio sencillo de los valores de las variables, que forman parte de una misma escala.
- Integración del índice de competitividad por medio de un promedio ponderado de los valores, que conforman una misma escala.

La información por medio de la cual se estructuran estos índices es por medio de:

- Percepción. La información se recopila con base en los cuestionarios
- Datos Duros. La obtención de la información se extrae en función de las bases de datos de organismos nacionales e internacionales.

En la integración del índice de competitividad, en primer lugar, se llevó a cabo la transferencia de los puntajes de la escala Likert, es importante señalar que el instrumento se integró considerando una ascendencia positiva, dentro de la escala de “1 Muy en desacuerdo” hasta “5 Muy de acuerdo”, en segundo lugar, se describe la estructuración del índice de competitividad, este procedimiento está integrado por los siguientes aspectos:

- Se establecen los puntajes para cada una de las variables. El puntaje máximo a obtener por cada una de las variables es 5.
- Se realiza la sumatoria de los cocientes de cada una de las variables.

- El resultado de los cocientes se multiplica por 100% y, el producto, se divide entre 5. Con base en la determinación de los puntajes obtenidos en cada una de las variables se pueden clasificar en diferentes niveles de competitividad.

El procedimiento es el siguiente:

IC = $\frac{\sum x_c + x_i + x_r + x_t + x_f + x_{te} + x_a + x_g}{n}$ = Promedio de valores de las variables

IC = Índice de Competitividad
n = Número de variables consideradas
x_c = Valor alcanzado de Competitividad
x_i = Valor alcanzado de Innovación
x_r = Valor alcanzado de Recursos Humanos
x_t = Valor alcanzado de Tecnología
x_f = Valor alcanzado por Financiamiento
x_{te}= Valor alcanzado por Tesorería e Inversión
x_a = Valor alcanzado por Administración Estratégica
x_g = Valor alcanzado por Gestión de la Estructura Directiva

El resultado generado por el promedio de valores de las variables consideradas se multiplica por 100 y se divide entre 5 siendo este valor el puntaje más alto al que pueden alcanzar las variables.

IC = Promedio de valores de las variables X 100 = Valor;

IC = $\frac{\text{Valor}}{5}$.

Se procedió a la integración del Índice de Competitividad, con base en la información surgida de los 300 cuestionarios aplicados al mismo número de empresas. Desagregando el total de empresas se tienen que 80 (26.67%) representan a las microempresas, 93 (31.00%) son pequeñas empresas y 127 (42,33%) son empresas medianas.

Con respecto al Índice Global de Competitividad de las empresas manufactureras de Tehuacán como se puede apreciar en la Tabla 1, fue de 71.56%, se explica por deficiente participación del Financiamiento, Tesorería e Inversión, esto indica que en esta región de Tehuacán no se cuenta con créditos de alto riesgo para desarrollar inversiones en sus organizaciones. En la misma dirección se encuentra la participación de la innovación y de la tecnología que al no contar con créditos para proyectos de alto riesgo, tanto la innovación como la tecnología no llegan a ser determinantes en la eficiencia de las empresas manufactureras.

Tabla 1. Índice de Competitividad de las empresas manufactureras de Tehuacán, Puebla.

Variable	Valor	Puntaje Máximo
Competitividad	4.03601	5
Innovación	3.54562	5
Recursos Humanos	4.23770	5
Tecnología	3.46699	5
Financiamiento	3.07252	5
Tesorería e Inversión	2.39209	5
Administración Estratégica	4.015340	5
Gestión de la Estructura Directiva	3.86064	5

Por otro lado, resalta la importancia de los Recursos Humanos y la Administración Estratégica en estas empresas pues es muy buena su participación, se explica en función de que los trabajadores en un 77.33% tienen dos cursos de capacitación al año, una característica es que estos cursos están enfocados a los diferentes puestos de trabajo por lo que incrementa su participación en la productividad, es decir, son más eficientes.

También sobresale el hecho de que los trabajadores, en términos de antigüedad, tienen más de diez años representando un 42.67%. Es importante esta situación pues normalmente entre más tiempo pase un trabajador en su trabajo llega a especializarse y obtener conocimiento que en ocasiones se derrama en la empresa, por eso su participación es importante.

Otra variable con una participación importante en el Índice de Competitividad es el de Administración Estratégica lo cual se refleja en su aporte a la eficiencia de esta actividad.

Con este Índice de Competitividad de 71.56% las empresas manufactureras tendrían un nivel de competitividad Semidesarrollada. (Ver Tabla 2) [5]

Tabla 2. Niveles de Competitividad.

Nivel	Categoría
Desarrollada	81% - 100%
Semi-Desarrollada	61% - 80%
Poco Desarrollada	41% - 60%
No Desarrollada	21% - 40%
Nula	0% - 20%

Si bien es cierto que hoy en día hay muchas investigaciones sobre la construcción de índices de competitividad, son pocas en donde se aborde la integración del índice de competitividad a nivel microeconómico de las empresas, es decir en las dimensiones que, al interior de las empresas, son las que impulsan su competitividad. La presente investigación tiene como finalidad el destacar las dimensiones que habría que impulsar y aquellas otras que habría que mantener y estimular para el incremento de la competitividad de las micro, pequeñas y medianas empresas de Tehuacán [6].

En la integración del presente Índice de Competitividad se observa la cercanía a la realidad con base a los datos obtenidos, manifestándose en las fortalezas y debilidades relacionadas con la competitividad de las empresas manufactureras de Tehuacán, Puebla, como lo desarrolla en sus artículos Bocarando [6], Acevedo [7], Guillermo [8].

Conclusiones

En la estructuración del Índice de Competitividad global de las Empresas Manufactureras de Tehuacán resultó un índice con un valor de 71.56%, el nivel alcanzado está relacionado a la deficiente participación de las dimensiones Financiamiento, Tesorería e Inversión pues se observa la ausencia de una política crediticia encaminada a conservar tasas de intereses bajas y créditos destinados a proyectos de producción con riesgo para el desarrollo de las empresas.

La participación de la Innovación y de la Tecnología no es dinámica pues al no contar con una política crediticia las empresas no tienen acceso a préstamos para proyectos de alto riesgo (además las tasas de interés son elevadas), tanto la innovación como la tecnología no llegan a ser determinantes en la eficiencia de las empresas manufactureras, pues no cuentan con el suficiente presupuesto para dedicarlo a investigación y desarrollo.

En lo que se refiere a las dimensiones Recursos Humanos y Administración Estratégica, su comportamiento se explica en función de que los trabajadores en un 77.33% tienen dos cursos al año, una característica es que estos cursos están enfocados a los diferentes puestos de trabajo por lo que incide en el incremento de la productividad, es decir, los trabajadores son más eficientes.

Otro hecho relevante, es el de la antigüedad de los trabajadores en las empresas, un 42.67% de los trabajadores tienen más de 10 años. La seguridad en la permanencia de su puesto de trabajo es fundamental para que los recursos humanos transfieran más valor agregado en la empresa. Además, entre más tiempo pase un trabajador en su puesto de trabajo llega a especializarse y obtiene conocimiento que en ocasiones se derrama en la empresa, por eso su participación es relevante.

En el caso de la Administración Estratégica su aporte a la eficiencia de estas empresas se canaliza a través del establecimiento de una dirección en busca del logro de los objetivos y la implementación de normas en las áreas de producción tendientes a contribuir a la eficiencia de la empresa.

Con el Índice de Competitividad de 71.56% las empresas manufactureras de Tehuacán tendrían un nivel de competitividad Semidesarrollada, por lo que las empresas tendrán que resolver sus deficiencias para alcanzar mejores niveles de eficiencia y productividad, para acceder al siguiente nivel de competitividad, un estadio que equivaldría a tener un nivel de competitividad desarrollada.

Referencias

[1] J. Sobrino. “Competitividad y ventajas competitivas: revisión teórica y ejercicio de aplicación a 30 ciudades de México”. *Estudios Demográficos y Urbanos* No. 50. pp. 311-361. mayo-agosto. El Colegio de México. México. 2002.

[2] Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). “Índice Nacional de Competitividad. Metodología”. México. 2018.

[3] B. G. Huber y L. A. Mungaray. “Los índices de competitividad en México”. *Revista Gestión de Política Pública*. Vol. 26. No. 1. ISSN 1405-1079. México. Ene-jun. 2017.

[4] Instituto Nacional de Estadística y Geografía. INEGI, “Datos, Programas, Censos Económicos”. Obtenido de INEGI: https://www.inegi.org.mx/programas/ce/2014/Instituto Nacional para el Federalismo y el Desarrollo Municipal. (2019). Enciclopedia. Obtenido de INAFED: http://siglo.inafed.gob.mx/enciclopedia/

[5] I. De la Cruz, J.C. Morales, G. Carrasco. “Construcción de un instrumento de evaluación de capacidades en la empresa: una Propuesta metodológica”. *X Congreso Anual de la Academia de Ciencias Administrativas A. C.* (ACACIA). 2006.

[6] L. J Bocarando, C. L. Mendoza, M. M. Castañeda. “Determinación de un índice de competitividad a nivel micro para el sector comercial, sub sector abarrotes al por menor”. JEL CLASSIFICATION: M00, M1, M10. 2016.

[7] N. Acevedo y L. Jiménez. “Índice para la medición de la competitividad en Colombia”. *Revista CEA,* 1(2), 109-121. 2015.

[8] G. Peón. I. García. “Índice de Competitividad Municipal 2013: Metodología para su construcción basada en Análisis Factorial y su aplicación en municipios urbanos en México”. Diciembre. ISSN: 1886-516X. D.L: SE-2927-06. Revista de Métodos Cuantitativos para la Economía y la Empresa (20). Páginas 112-153. URL: http://www.upo.es/RevMetCuant/art.php?id=112. 2015.

Salud emocional. Una mirada desde sus tipos en instituciones de Previsión social

E. Garcia, E. Perozo, J. Bautista, M. Restrepo
elizabethgar17@gmail.com; eeperozom@uniguajira.edu.co , jjbatista@uniguajira.edu.co
dir.administracion@amigo.edu.co

Área de participación: *Ingeniería administrativa*

Resumen

El presente artículo tuvo como finalidad identificar los tipos de salud emocional en instituciones de Previsión social del estado Zulia, Venezuela. Bajo un paradigma positivista con enfoque cuantitativo y de tipo descriptiva, se adoptó un diseño de investigación de campo, no experimental y transeccional con una población conformada por 36 sujetos integrados por Gerentes y Colaboradores de las instituciones de Previsión Social del estado. Se utilizó un cuestionario de 50 ítems, validado por 10 expertos. Se aplicó una prueba piloto a 05 personas diferentes a la población, calculándose el coeficiente Alfa de Cronbach que arrojo una confiabilidad de 0.93 (alta). Los resultados evidenciaron que la mayoría de las personas dentro de las instituciones de Previsión social saben reconocer sus emociones, las expresan de forma adecuada y tienden a asumir, mayormente, emociones positivas, lo cual los convierte en personas sanas.

Palabras clave: *salud emocional, emociones positivas, emociones negativas, instituciones de previsión social*

Abstract

The purpose of this article was to identify the types of emotional health in social welfare institutions in the state of Zulia, Venezuela. Under a positivist paradigm with a quantitative and descriptive focus, a field, transectional and non-experimental research design was adopted with a population conformed by 36 subjects integrated by Managers and Collaborators of the Social Welfare institutions of the state. A questionnaire of 50 items was used, validated by 10 experts. A pilot test was applied to 05 different people in the population, calculating the Cronbach's Alpha coefficient that gave a reliability of 0.93 (high). The results showed that the majority of people within Social Welfare institutions know how to recognize their emotions, express them adequately and tend to assume, mostly, positive emotions, which makes them healthy people.

Key words: *emotional health, positive emotions, negative emotions, social welfare institutions*

Introducción

Desde épocas remotas, se creía que el éxito laboral de una organización se media por las aptitudes técnicas, actitudes y conocimiento que tuvieran sus trabajadores. Asimismo, se pensaba que las personas eran seres totalmente racionales y que los resultados de esos trabajadores no estaban relacionados con las emociones o sentimientos que pudieran tener. En la actualidad, las emociones son consideradas como la principal fuente sobre la cual se asienta tanto la conquista de la felicidad como la salud. Cuando el cuerpo físico enferma, las emociones también pueden enfermarse provocando no solo un deterioro en nuestra calidad de vida, en las relaciones y la autoestima, sino también que acarrean enfermedades físicas. Es por ello que la salud emocional es imprescindible para poder llevar una vida placentera, feliz y en armonía con el autocontrol de las emociones ya que, tanto las emociones como los sentimientos negativos dan como resultado graves problemas de salud y enfermedades en los seres humanos.

Bajo esta premisa, el presente estudio se fijó como meta identificar los tipos de salud emocional en instituciones de Previsión social del estado Zulia, Venezuela en los cuales, según información aportada por medio de las entrevistas desarrolladas a los gerentes de Recursos Humanos, se pudo conocer que existe entre los colaboradores: baja motivación, falta de comunicación entre los diferentes departamentos y entre ellos mismos,

estrés, ansiedad, entre otras situaciones, que interferirían en el goce de buena salud física del personal para desempeñar sus tareas de manera productiva. Cabe destacar que de continuar con este contexto, dentro de estas instituciones, se correría el riesgo de contar con un personal poco entusiasta en el trabajo y con ansiedad, conviviendo laboralmente en los rumores. Todo lo cual conduciría a la aparición de excesivos permisos, pérdida de horas-hombre, entre otros.

Por lo antes expuesto se justifica la realización de este estudio que pretende indagar sobre los cambios y nuevas estrategias laborales que permitan lograr un buen funcionamiento del capital humano en torno a: la capacidad de regular sus emociones, reducir los conflictos, mejorar la falta de comunicación entre el personal, y la motivación laboral con el fin de disminuir los conflictos y fomentar un crecimiento emocional e intelectual que repercuta en mejorar la forma de pensar de cada uno. Para el alcance del objetivo propuesto se estudian los supuestos teóricos relacionados con la salud emocional y las emociones positivas y negativas.

En cuanto a la salud emocional y las emociones, la primera según Sánchez [1] es el estado emocional (psicológico) al nivel de eficacia óptima que te permite tener el autocontrol de tus emociones y sentimientos en armonía con el medio que te rodea, es decir, es el estado de equilibrio entre una persona en su entorno socio cultural lo que garantiza su participación, intelectual y de relaciones alcanzando un bienestar y calidad en su vida emocional. Por su parte, las emociones son agitaciones o estados de ánimos que se originan por ideas, recuerdos, deseos, sentimientos, pasiones, entre otras. Para Bettoni [2] las emociones son reacciones físicas a determinados estímulos. Se aprecian claramente cuando: lloramos de tristeza o alegría, transpiramos las manos de «nervios» o «miedo», se nos hace un nudo en la garganta o el estómago por una pena importante, nos quedamos fríos por una sorpresa, se enrojece nuestro rostro por la vergüenza, entre otros.

En lo que respecta al tipo de emociones, aun cuando no se ha podido verificar el número exacto de las mismas, para efectos de este estudio se clasificaron en positivas y negativas. Según Vivas, Gallego y González [3] son aquellas que implican sentimientos agradables, valoración de la situación como beneficiosa, tienen una duración temporal muy corta y movilizan escasos recursos para su afrontamiento. Ej.: la felicidad, entusiasmo, amor, alegría, exaltación, entre otras. El Cuadro 1, resume la definición de las emociones consideradas en este estudio, bajo la óptica de los autores que se citan en el mismo.

Cuadro 1. Definición de emociones positivas

Autor	Tipo de Emoción	Definición
Real Academia Española (RAE) [4]	**Alegría**	La alegría es “un sentimiento grato y vivo que suele manifestarse con signos exteriores. Palabras, gestos o actos con que se expresa el júbilo…”
RAE	**Felicidad**	Es el “estado de ánimo que se complace en la posesión de un bien. Satisfacción, gusto, contento”.
Bravo[5]	**Estrés bueno o Eustrés**	El estrés bueno o eustrés aparece cuando respondemos de manera positiva a los diferentes cambios de la vida, desarrollando capacidades y destrezas al mismo tiempo que se adquiere experiencia. Es un estado de atención. Acción y pensamiento que ayuda a las personas a enfrentar los retos que se nos presenten de forma armoniosa y adecuada.
RAE	**Entusiasmo**	El entusiasmo es la “exaltación y fogosidad del ánimo, excitación por algo que lo admire o cautive”.

Fuente: Perozo y García (2014)

Las emociones negativas como el miedo o la ira son, según Carr [6], nuestra primera línea de defensa contra las amenazas…concentran nuestra atención en el origen de la amenaza y nos moviliza para luchar o escapar…, facilitan el pensamiento crítico y una toma de decisiones…” Vivas, Gallego y González [4] indican que las “emociones negativas: implican sentimientos desagradables, valoración de la situación como dañina y la movilización de muchos recursos para su afrontamiento. Ej.: el miedo, la ira, la tristeza y el asco.” A

continuación el cuadro 2, define las emociones negativas estudiadas en este trabajo.

Cuadro 2. Definición de emociones negativas

Autor	Tipo de Emoción	Definición
Vivas, Gallego y González [4]	**Ira**	"Es una emoción primaria negativa que se desencadena ante situaciones que son valoradas como injustas o que atentan contra los valores morales y la libertad personal; situaciones que ejercen un control externo o coacción sobre nuestro comportamiento."
Stamateas [7]	**Envidia**	La envidia nos transforma en seres intolerantes respecto del éxito de los demás. Se sufre por tener menos dinero, menos felicidad que el otro.
Sequera [8]	**Estrés malo (Distrés)**	Cuando el estrés se ve acompañado con desorden fisiológico o enfermedades se habla de distrés, ya que cuando se produce se liberan hormonas que hace que el organismo pierda su equilibrio.
Stamateas [7]	**Celos**	"Los celos surgen por miedo a perder a algo y, en este caso, intervienen tres personas; el celoso, el objeto o la persona que se teme perder y el que viene a «robar» ese algo o alguien que «se posee»."
Stamateas [8]	**Rumor**	"El rumor comienza cuando alguien da crédito a una información y la considera lo bastante importante como para compartirla con otras personas. La fuente del rumor no es la oficial o la original; justamente un rumor existe cuando circula información no ofrecida por las fuentes oficiales".
Stamateas [8]	**Ansiedad**	Se deriva cuando se siente la amenaza sobre algo o alguien y es como el cuerpo le va hacer frente a la situación, la misma puede ocasionar muchos problemas de salud y emocionales si se mantiene por mucho tiempo, y estos afectar a todos los ámbitos de la persona.

Fuente: Perozo y García (2014)

Metodología

La presente investigación se inserta dentro del enfoque positivista, con un método cuantitativo de tipo descriptivo ya que comprende el análisis e interpretación de hechos tomados de la realidad. Igualmente se señala que el actual trabajo contó con un diseño no experimental, ya que no se manipuló la variable en estudio tal como fue, salud emocional y sus tipos, sino que se observó en su contexto natural, para luego ser analizada. En el mismo contexto se destaca que el estudio tuvo un diseño transversal o transeccional, ya que se recolectan datos en un solo momento, en un tiempo único. Su propósito es describir variables y analizar su incidencia o interrelación en un momento dado, es como tomar una fotografía de algo que sucede (Hernández, Fernández y Baptista [9]).

Población

La población de esta investigación estuvo constituida por el personal de las instituciones de Previsión Social que se describen en el Cuadro 3, a continuación.

Cuadro 3. Población de la investigación

Siglas	Instituciones
IPSPUDO	Instituto de previsión social del personal docente y de investigación de la Universidad de Oriente
IPASME	Instituto de Prevención y Asistencia Social del Ministerio de Educación, Cultura y Deportes
IPSFA	Instituto de Prevención Social de las Fuerzas Armadas
IPSPUCV	Instituto de previsión del profesorado de la Universidad Central de Venezuela
IPSPUCO	Instituto de previsión de los profesores de la UCLA
IPSP	Instituto de previsión social del periodista
IPSEZ	Instituto de previsión social de los funcionario y empleados del ejecutivo del estado Zulia
IPPLUZ	Instituto de Previsión Social del Personal Docente y de Investigación de la Universidad del Zulia
IPSIUTM	Instituto de Previsión Social del Instituto Universitario Tecnológico, Maracaibo

Fuente: Perozo y García (2014)

Muestra Intencional

De acuerdo con lo expuesto por Namakforoosh en el muestreo intencional todos los elementos muestrales de la población serán seleccionados bajo estricto juicio personal del investigador. En este tipo de muestreo el investigador tiene previo conocimiento de los elementos poblacionales. En sentido, se consideraron los siguientes criterios de selección, Institutos de previsión social del estado Zulia, con características fundamentales, tales como: que fueran Institutos de previsión de salud y seguridad, ubicados en la ciudad de Maracaibo-estado Zulia, contar con sus propios médicos u odontólogos dentro de las instituciones. Igualmente se señala que las unidades informantes seleccionadas para efecto del presente trabajo de investigación, fueron los gerentes y los colaboradores del departamento de Recursos Humanos, de cada institución de Previsión social seleccionada, la cual estuvo conformada por IPPLUZ, IPSFA, IPASME, IPSEZ, así como IPSIUTM, tal como se muestra en el Cuadro 4.

Cuadro 4. Muestra Intencional

Instituciones	Gerentes	Colaboradores
IPPLUZ	01	01
IPSFA	01	-
IPASME	01	09
IPSEZ	01	02
IPSIUTM	01	19
Subtotal	05	31
Total	**36**	

Fuente: Perozo y García (2014)

Es importante destacar que a la hora de aplicar el instrumento, no se pudo acceder a la información de la empresa IPPLUZ, por la burocracia que existe en la institución. Igualmente, ocurrió en el IPASME a la hora de aplicar los instrumentos, un (01) colaborador se encontraba de reposo y otro de vacaciones. De la misma forma, en el IPSIUTM, ocho (08) personas no respondieron, por lo cual el total de unidades informantes sumó cuatro (04) Gerentes y veinte (20) colaboradores.

Técnica e Instrumento de Recolección de Datos

La técnica de recolección fue la encuesta tipo cuestionario con 50 reactivos o preguntas cerradas, para medir los tipos de salud emocional. Se incluyeron cinco (05) opciones de respuestas con su respectiva puntuación en la escala de estimación la Likert. Estas opciones variaron desde (5) Siempre, hasta (1) nunca. La validez del instrumento de recolección de datos se obtuvo por medio del juicio de diez (10) expertos en el área metodológica, así como en la variable de estudio. Para obtener la confiabilidad se aplicó una (01) prueba piloto con sujetos con las mismas características de la población. Seguidamente, se aplicó la fórmula de Alpha de

Cronbach, por medio del programa Office Microsoft Excel 2013, obteniéndose una confiabilidad de 0.93, considerada muy alta.

Análisis y Procesamiento de Datos

Para el análisis y procesamiento de los datos se utilizó una matriz de doble entrada, colocándose en las columnas los sujetos (personas encuestadas) y en las filas los ítems (número de preguntas realizadas con su puntaje), El tratamiento estadístico se llevó a cabo mediante la frecuencia absoluta (FA), frecuencia relativa, (FR%), promedio aritmético, mediana y desviación estándar, utilizándose para ello, el programa Microsoft Office Excel 2013.

Resultados y discusión

Tal como se mencionó en el apartado anterior, los resultados obtenidos tras la aplicación del cuestionario empleado se presentan a través de tablas que reportan la estadística descriptiva utilizada. Los Cuadros 5, 6 y 7 a continuación reportan los resultados de las subdimensiones: salud emocional positiva, salud emocional negativa y los tipos de salud emocional respectivamente.

Variable: Salud emocional
Dimensión: Tipos de salud emocional
Subdimensiones: Salud emocional Positiva

Cuadro 5. Salud emocional Positiva

Alternativas de Respuesta		Siempre		Casi siempre		A veces		Casi nunca		Nunca		TOTAL	
Indicadores	**ITEMS**	**FA**	**FR %**	**FA**	**FR %**	**FA**	**FR %**	**FA**	**FR %**	**FA**	**FR %**	**FA**	**FR %**
Alegría	**33-36**	15	**63,54**	2	**9,38**	5	**20,83**	1	**3,13**	1	**3,13**	**24**	**100**
Felicidad	**37-40**	8	**34,38**	8	**32,29**	5	**20,83**	1	**3,13**	2	**9,38**	**24**	**100**
Estrés bueno	**41-44**	12	**47,92**	7	**29,17**	4	**15,63**	1	**4,17**	1	**3,13**	**24**	**100**
Entusiasmo	**45-48**	11	**45,26**	6	**26,32**	3	**11,58**	3	**12,63**	1	**4,21**	**24**	**100**
Total Subdimensión		11	**47,78**	6	**24,28**	4	**17,23**	1	**5,74**	1	**4,96**	**24**	**100**
Mediana		**3,3750**											
Desviación Estándar		**4,0814**											
Promedio		**4,7875**											

Fuente: Perozo y García (2014)

Al analizar el Cuadro 5, de las subdimensión emociones positivas, se puede constatar que para el indicador, alegría, el 63,54% de los encuestados, contestó que su trabajo siempre le produce un sentimiento grato, las relaciones con sus compañeros de trabajo le producen satisfacción, sienten alegría cuando realizan sus proyectos laborales y le son reconocidos. El 20,83% a veces, el ,389% casi siempre y 3,13% casi nunca y nunca. Seguidamente para el indicador Felicidad el 34,38% de los encuestados afirmó, que siempre, se sienten a gusto con su ambiente laboral y con el trato que brindan sus superiores, que se sienten satisfechos a nivel laboral con sus compañeros, se sienten a gusto y se siente feliz con su salario. El 32,29% indico casi siempre, el 20,83% a veces, el 9,38% nunca y el 3,13% casi nunca.

En el indicador estrés bueno el 47,92% de los encuestados manifestó que siempre se sienten estimulados con los nuevos retos que le imponen sus superiores, son capaces de desarrollar destrezas cuando se le colocan nuevas tareas para realizarlas adecuadamente, son capaces de enfrentar retos de forma adecuada, el tiempo para desarrollar su trabajo para cumplir sus objetivos es el adecuado. El 29,17% casi siempre, el 15,63% a veces, el 4,17% casi nunca y 3,13% nunca. Igualmente para el indicador entusiasmo el 45,26% de los encuestados manifestó que siempre los reconocimientos obtenidos aumentan su entusiasmo por el trabajo y lo llevan a realizar nuevos proyectos, le emociona trabajar en equipo y siente emoción cuando le plantean nuevos retos. El 26,32% indicó casi siempre, el 12,63% casi nunca, el 11,58%a veces y el 4,21% nunca. Finalmente, en el total de la subdimensión emociones positivas la tendencia estuvo hacia siempre con 47,78%, el 24,28% para casi siempre, 17,23% a veces, 5,74% casi nunca y 4,96% nunca. La mediana de la subdimensión fue de 3,3750, mientras que la desviación estándar fue de 4,0814, y el promedio de 4,7875.

 ISSN 2007-8102

Variable: Salud emocional
Dimensión: Tipos de salud emocional
Subdimensiones: Salud emocional Negativa

Cuadro 6. Salud emocional Negativa

Alternativas de Respuesta		Siempre		Casi Siempre		A Veces		Casi Nunca		Nunca		TOTAL	
Indicadores	Ítems	FA	FR %	FA	FR %	FA	FR %	FA	FR %	FA	FR %	FA	FR %
Ira	**49-52**	2	**8,33**	3	**12,50**	6	**25,00**	4	**16,67**	9	**37,50**	**24**	**100**
Envidia	**53-56**	1	**4,17**	2	**8,33**	3	**12,50**	3	**12,50**	16	**66,67**	**24**	**100**
Estrés malo	**57-60**	1	**4,17**	2	**8,33**	6	**25,00**	4	**16,67**	12	**50,00**	**24**	**100**
Celos	**61-64**	4	**16,67**	2	**8,33**	2	**8,33**	2	**8,33**	16	**66,67**	**24**	**100**
Rumor	**65-68**	2	**8,33**	1	**4,17**	5	**20,83**	2	**8,33**	14	**58,33**	**24**	**100**
Ansiedad	**69-72**	1	**4,17**	1	**4,17**	5	**20,83**	5	**20,83**	12	**50,00**	**24**	**100**
Total Subdimensión		**2**	**7,64**	**2**	**7,64**	**5**	**18,75**	**3**	**13,89**	**13**	**54,86**	**24**	**100**
Mediana		**3,0000**											
Desviación Estándar		**4,4939**											
Promedio		**4,9333**											

Fuente: Perozo y García (2014)

Tal como se observa en el Cuadro 6 de la subdimensión emociones negativas se puede evidenciar que para el indicador ira, el 37,50% de los encuestados respondió que nunca, siente rabia cuando sus meritos no son reconocidos, ni cuando son sancionados por una falta cometida, tampoco reaccionan con violencia cuando no existe consenso entre sus ideas y la de los demás, y si tienen un impase con su jefe jamás la descargan con sus compañeros. El 25% indico a veces, el 16,67% casi nunca, el 12,50% casi siempre, y 8,33% siempre. Seguidamente para el indicador, envidia, el 66,67% de los encuestados respondió que nunca, comparan el logro de sus metas con la de sus compañeros, no desean ocupar la posición de algunos de sus compañeros, nunca le niegan el asesoramiento a sus colegas para qué de de esta forma impedir sus éxitos, y nunca le han dicho a sus jefes cuando sus colaboradores cometen algún error. El 12,50% contesto casi nunca y a veces, el 8,33% casi siempre y el 4,17% siempre.

De la misma forma, para el indicador estrés malo, el 50% de los encuestados expuso que nunca el desempeño de su trabajo le ha ocasionado alguna enfermedad o alteraciones del sueño, no han sentido que los problemas personales afecten su trabajo, ni cuando tiene poco tiempo para realizar cualquier actividad le produce enfermedad; el 25% contesto a veces, el 16,67% casi nunca, el 8,33% casi siempre y 4,17% siempre. En cuanto al indicador celos se evidencia que el 66,67% de los encuestados nunca siente que lo pueden desplazar o perder su trabajo cuando entra una nueva persona al equipo o se le pide adiestrar a alguien nuevo, nunca se sienten mal cuando a otros se les da prerrogativas y a el no; el 16,67% expreso siempre, el 8,33% casi siempre, a veces y casi nunca.

Para el indicador, rumor, se evidencio que el 58,33% de los encuestados, nunca, el rumor del cierre de la empresa o cambios en los procedimientos o cambios importantes en la empresa le produce problemas de salud o inquietud, ni cuando se escucha que habrá reducción de personal le afecta anímicamente. El 20,83% respondió a veces, el 8,33% casi nunca y siempre y el 4,17% casi siempre. Por ultimo para el indicador ansiedad el 50% de los encuestados expusieron que nunca, la pérdida de su puesto de trabajo o el hecho de ser supervisado le produce inquietud, nunca cuando llega el día de pago sienten agitación, y el trabajo no le produce ansiedad. El 20,83% indico a veces y casi nunca, y el 4,17% siempre y casi siempre. Finalmente, en el total de la sub dimensión emociones negativas la tendencia fue de 54,86% para nunca, 18,75% a veces, 13,89% casi nunca, y 7,64% para siempre y casi siempre. La mediana de la subdimensión fue de 3,0000, mientras que la desviación estándar fue de 4,4939, y el promedio de 4,9333.

Variable: Salud emocional
Dimensión: Tipos de salud emocional

Cuadro 7. Tipos de Salud emocional

Alternativas de Respuesta		Siempre		Casi Siempre		A Veces		Casi Nunca		Nunca		TOTAL	
Indicadores	**ITEMS**	**FA**	**FR %**	**FA**	**FR %**	**FA**	**FR %**	**FA**	**FR %**	**FA**	**FR %**	**FA**	**FR %**
emociones positivas	**33-48**	11	**45,83**	6	**25,00**	4	**16,67**	1	**4,17**	1	**4,17**	**24**	**100**
emociones negativas	**49-72**	2	**8,33**	2	**8,33**	5	**20,83**	3	**12,50**	13	**54,17**	**24**	**100**
Total Dimensión		7	**27,08**	**4**	**16,67**	**5**	**18,75**	**2**	**8,33**	**7**	**29,17**	**24**	**100**
Mediana		**3,5000**											
Desviación Estándar		**3,9446**											
Promedio		**4,8000**											

Fuente: Perozo y García (2014)

En la Cuadro 7 se presenta la dimensión tipos de emociones, en la cual se observa que para la subdimensión emociones positivas, el 45,83% de los encuestados siempre poseen o saben expresar esas emociones positivas, las cuales algunas son como lo expresan sus indicadores, el 25% casi siempre, el 16,67% a veces, el 4,17% casi nunca y nunca. De la misma forma, para la subdimensión emociones negativas, se presenta que el 54,17% de los encuestados nunca tiene emociones negativas o que las mismas no afectan su trabajo y sus relaciones interpersonales, el 20,83% a veces, el 12,50% casi nunca, y el 8,33% siempre y casi siempre. Finalmente, en el total de la dimensión la inclinación estuvo hacia nunca con el 29,17%, 27,08% siempre, 18,75% a veces, 16,67% casi siempre y 8,33% casi nunca. La mediana de la dimensión fue de 3,5000, mientras que la desviación estándar fue de 3,9446, y el promedio de 4,8000.

Para dar respuesta al objetivo del actual estudio, identificar los tipos de emociones en instituciones de Previsión social, se evidenció que el trabajo realizado por la población encuestada siempre le produce un sentimiento grato, las relaciones con sus compañeros de trabajo le causan satisfacción, sienten alegría cuando realizan sus proyectos laborales y le son reconocidos. Lo anterior expuesto guarda relación con lo indicado por la RAE (2013), donde expresa que la alegría, es un sentimiento grato y vivo que suele manifestarse con signos exteriores. Asimismo, se manifiesta que la mayoría de la población expresó que siempre, se sienten a gusto con su ambiente laboral y con el trato que brindan sus superiores, que se sienten satisfechos a nivel laboral con sus compañeros, se sienten a gusto y feliz con su salario, lo que también coincide con la RAE el cual explica que la felicidad es el estado de ánimo que se complace en la posesión de un bien. Satisfacción, gusto, contento.

De igual manera, la población expresó que siempre se sienten estimulados con los nuevos retos que le imponen sus superiores, son capaces de: desarrollar destrezas cuando se le asignan nuevas tareas para realizarlas adecuadamente, de enfrentar retos de forma adecuada en el tiempo requerido. Estos resultados se vinculan con lo indicado por Bravo quien explica que el estrés bueno o eustres aparece cuando respondemos de manera positiva a los diferentes cambios de la vida, desarrollando capacidades y destrezas al mismo tiempo que se adquiere experiencia.

Por otro lado, se determinó que la mayoría de la población nunca siente rabia cuando sus meritos no son reconocidos, ni cuando son sancionados por una falta cometida, tampoco reaccionan con violencia cuando no existe consenso entre sus ideas y la de los demás, y si tienen un impase con su jefe jamás la descargan con sus compañeros. Esta actitud es opuesta a lo planteado por Vivas quien sostiene que la ira es una emoción primaria negativa que se desencadena ante situaciones que son valoradas como injustas o que atentan contra los valores morales y la libertad personal.

En cuanto a la envidia, la mayoría de la población, nunca, comparan el logro de sus metas con la de sus compañeros, no desean ocupar la posición de algunos de sus compañeros, nunca le niegan el asesoramiento a sus colegas para qué de de esta forma impedir sus éxitos, y nunca le han dicho a sus jefes cuando sus colaboradores cometen algún error. Esto contradice lo indicado por Stamateas quien expresa que la envidia es una emoción que intoxica nuestras relaciones, nuestra forma de conectar con quienes nos rodean.

De la misma forma, para el estrés malo, los encuestados expusieron que nunca el desempeño de su trabajo le ha ocasionado alguna enfermedad o alteraciones del sueño, no han sentido que los problemas personales afecten su trabajo, ni cuando tiene poco tiempo para realizar cualquier actividad le produce enfermedad. Al igual

que las anteriores emociones, estos resultados también contradicen lo planteado por Sequera cuando expresa que cuando el estrés se ve acompañado con desorden fisiológico o enfermedades se habla de distrés, ya que cuando se produce el mismo se liberan hormonas que hace que el organismo pierda su equilibrio.

Por otra parte, se demostró que la mayoría de la población opinó que nunca siente que lo pueden desplazar o perder su trabajo cuando entra una nueva persona al equipo o se le pide adiestrar a alguien nuevo, nunca se sienten mal cuando a otros se les da prerrogativas y a él no. Es decir, no se sienten celosos, lo que resulta distinto a lo expuesto por Stamateas cuando sostiene que los celos se dan por miedo a perder a algo. Con relación al siguiente indicador, el rumor, se evidencio que la mayoría de la población nunca le teme al cierre de la empresa o a cambios en los procedimientos en la empresa, le produce problemas de salud o inquietud, ni cuando se escucha que habrá reducción de personal le afecta anímicamente, lo cual es diferente a lo explicado por Stamateas el cual indica que el rumor comienza cuando alguien da crédito a una información y la considera lo bastante importante como para compartirla con otras personas. La fuente del mismo no es la oficial o la original; justamente un rumor existe cuando circula información no ofrecida por las fuentes oficiales. Vale acotar que lo mismo ocurrió con el indicador ansiedad.

Conclusiones y recomendaciones

Para concluir se indica que en el presente trabajo de investigación, se evidencio que los Gerentes y Colaboradores de los Institutos de Previsión Social estudiados, conocen y se sienten bien con las emociones positivas, siendo las más usadas, reconocidas y mostradas alegría y estrés bueno, ya que se sienten a gusto y sienten satisfacción con sus trabajos, de la misma forma pueden equilibrar sus sentimientos para usarlos cuando se necesite, sin que esto llegue a afectar su ámbito familiar y laboral y no les causen enfermedades. De igual forma se indica que, las unidades informantes consideradas en el estudio, conocen, saben manejar y equilibrar las emociones negativas para que las mismas no afecten sus relaciones, tantos personales como laborales, siendo las que saben controlar con mayor efectividad son , la envidia, los celos así como el rumor, dentro de las instituciones de Previsión social. Por lo antes señalado se recomienda, difundir toda la información sobre la Salud emocional, mediante todos los medios que se puedan, para que todas las personas conozcan mas sobre los tipos de emociones, y que las mismas indaguen sobre las enfermedades que puede ocasionar cada una de las emociones negativas aquí planteadas. Para ello se exhorta a la alta Gerencia a desarrollar talleres o congresos con especialistas en el tema, para que el personal de dichas Instituciones, este actualizado sobre la información novedosa de dicha variable.

Referencias

[1] A. Sánchez. Salud Emocional. Disponible en: www.alfonsoelpidio.com., 2006

[2] R. Bettoni, Armonía emocional. España. Ediciones Roninbook Libro electrónico, 2006

[3] M. Vivas, B.Gallego y D. González. Educar a las emociones**.** Madrid. Librería-editorial Dykinson,

[4] 2006. Real Academia Española (RAE-2013).Disponible en https://www.rae.es/

[5] E. Bravo, El estrés bueno. Disponible en: http://www.inspirulina.com/el-estres-bueno.html. 2013.

[6] A. Carr, Psicología positiva: la ciencia de la felicidad. Barcelona, Editorial Paidós, 2007.

[7] B. Stamateas. Emociones tóxicas. Ediciones Barataria. Caracas, Venezuela, 2012

[8] A. Sequera. Eustrés o Distrés ¿Cuál es el tuyo? Disponible en: http://www.inspirulina.com/eustres-distres.html, 2013.

[9] R. Hernández, C., Fernández y Baptista, P. Metodología de la Investigación. México: McGraw Hill Interamericana, 2014.

La aplicación de la tecnología y el conocimiento metodológico en la estructura de cursos virtuales

L.A. Viñas Meza[1], A.D. Hernández Vargas[2], P. Ochoa Trujillo[3]*
[1 2] Academia de Ingeniería en Gestión Empresarial, TecNM Campus Teziutlán, Fracción I y II SN, Aire Libre, Teziutlán Pue.
[3]Academia de Informática, TecNm Campus Teziutlán,Teziutlán Pue.
**luisa.vm@teziutlan.tecnm.mx*

***Área de participación**: Ingeniería Administrativa*

Resumen
La actual pandemia, ha revelado el papel preponderante de las Tecnologías de la Información y la Comunicación como parte de los procesos de enseñanza-aprendizaje. Estudiantes y docentes en México se vieron orillados a pasar sin preparación previa de un entorno de aprendizaje presencial a uno virtual. Ante la inminente llegada de la "nueva normalidad educativa", la educación virtual representa una de las estrategias primordiales para garantizar la continuidad de los programas de estudio en las distintas instituciones educativas. En el Instituto Tecnológico Superior de Teziutlán, se han establecido una serie de estrategias apoyadas en dichas Tecnologías de la Información que han facilitado los trabajos académicos-administrativos cuya ejecución y observación permitió concretar una investigación descriptiva, evaluativa, de campo. Durante tres meses se llevó un registro significativo de las actividades y se tomaron notas de campo, producto de la observación participante, los cuales fueron analizados para detectar patrones y casos discrepantes.

***Palabras clave**: actualización, tecnología, aprendizaje virtual.*

Abstract
The current pandemic has revealed the preponderant role of Information and Communication Technologies as part of the teaching-learning processes. Students and teachers in Mexico were forced to go without prior preparation from a face-to-face learning environment to a virtual one. Faced with the imminent arrival of the "new educational normality", virtual education represents one of the primary strategies to guarantee the continuity of study programs in different educational institutions. At the Higher Technological Institute of Teziutlán, a series of strategies supported by said Information Technologies have been established that have facilitated the academic-administrative work whose execution and observation allowed to carry out a descriptive, evaluative, field investigation. During three months a significant record of the activities was kept, and field notes were taken, product of the participant observation, which were analyzed to detect patterns and discrepant cases.

***Keywords:** update, technology, virtual learning.*

Introducción

La actual pandemia provocada por el nuevo coronavirus SARS-CoV-2, ha revelado el papel preponderante de las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) como parte de los procesos de enseñanza-aprendizaje. Estudiantes y docentes en México y en el mundo se han visto orillados a pasar sin preparación previa de un entorno de aprendizaje presencial a uno virtual. Ante la inminente llegada de la "Nueva Normalidad Educativa", la educación en línea o virtual representa una de las estrategias primordiales para garantizar la continuidad de los programas de estudio en las distintas instituciones educativas a lo largo del país. En el Instituto Tecnológico Superior de Teziutlán (ITST), se han establecido una serie de estrategias apoyadas de las TIC que han facilitado los trabajos académicos-administrativos favoreciendo el proceso de enseñanza- aprendizaje, en los niveles de licenciatura y posgrado de la oferta educativa.

Con base en lo antes mencionado, en el periodo marzo junio 2020 se implementa como prueba piloto un modelo virtual que permite a los estudiantes desarrollar las competencias específicas y genéricas de cada asignatura a través de una metodología activa como es aula invertida (Flipped Classroom). Dicha implementación es posible, gracias a la infraestructura tecnológica con la cuenta el instituto en lo que respecta a las TIC, como la base de datos institucional, servidores de alta gama, enlace dedicado a los servicios de internet, correo electrónico institucional, sistema de gestión del aprendizaje (Moodle), plataformas de videollamadas (Teams, Telmex) y personal calificado en el área de soporte técnico y para desarrollo de software institucional. Así también el instituto

cuenta con personal capacitado en el diseño, elaboración y puesta en marcha de ambientes de aprendizaje virtuales, recursos educativos y comunicación síncrona y asíncrona.

Aula invertida, o Flipped Classroom

El aula invertida, o Flipped Classroom se puede definir como “un método de enseñanza cuyo principal objetivo es que el alumno/a asuma un rol mucho más activo en su proceso de aprendizaje que el que venía ocupando tradicionalmente” (Berenguer, 2016: 1466), al desarrollar un curso de tal manera que los estudiantes tengan un rol más activo en su aprendizaje, logren ser autodidactas, mediante las herramientas que el docente facilite, e incitar a la reflexión, al debate de ideas y la resolución de preguntas sobre los temas tratados. Este método es aplicable a cualquier nivel educativo. Interesa que el estudiante se sienta protagonista, responsable y gestor de su propio aprendizaje por medio de técnicas o herramientas flexibles, disponibles y enfocadas a sus canales de percepción y/o estilos de aprendizaje. El concepto de aula invertida tiene una orientación constructivista importante, dado que este paradigma o enfoque puede integrar diferentes corrientes educativas o teorías psicológicas orientadas hacia dicho rubro. La concepción constructivista ya es un instrumento suficientemente preciso y potente como para guiar el análisis, la reflexión y la acción, y para dotar a esta última de la coherencia necesaria que cualquier intervención educativa requiere.

En su concepción más general, existen tres elementos principales de este enfoque, llamado también Triángulo Interactivo, con las siguientes características: El papel mediador de la actividad mental constructiva del estudiante. Los contenidos escolares, y los saberes preexistentes socialmente construidos y culturalmente organizados. El papel del docente como guía y orientador de la actividad mental constructiva de los estudiantes hacia la asimilación de los contenidos escolares. Como su nombre lo indica, el aula invertida es una metodología que invierte el espacio de aprendizaje tradicional; los contenidos teóricos del curso se aprenden fuera del aula, mientras que las tareas o actividades prácticas se realizan durante la clase virtual de manera colaborativa. En detalle, bajo esta metodología los estudiantes reciben los contenidos teóricos del curso a través de videos diseñados o supervisados por el profesor, permitiendo que durante la clase el docente pueda enfocarse en la realización de actividades de aprendizaje significativo que profundicen en los contenidos del curso. Por lo mismo; implica aceptar, igualmente con todas sus consecuencias, que la construcción del conocimiento en la escuela no es un proceso solitario del alumno, sino un proceso de construcción conjunta de profesorado y alumnado sobre los contenidos escolares.

El aula invertida es una metodología de enseñanza y aprendizaje que se caracteriza por potencializar los espacios virtuales de aprendizaje, por lo que es, evidentemente, una de las metodologías que mejor se adapta a esta “nueva normalidad educativa”. Con base en lo antes mencionado, en el ITST, se implementa un modelo virtual que permite a la población estudiantil desarrollar las competencias específicas y genéricas de cada asignatura a través de una metodología activa como es aula invertida (Flipped Classroom).

Propuesta Académica Virtual

A continuación, se describe la propuesta académica virtual, la cual está basada en la metodología de aula invertida y consta principalmente de tres pasos: **1. Antes de la clase:** Los estudiantes conocen el contenido a través de videos, audios o cualquier otro recurso didáctico proporcionado por el docente. **2. Al inicio de la clase:** los estudiantes responden un examen breve para que el docente conozca el nivel de logro del trabajo en casa. **3. En la clase:** El docente profundiza, retroalimenta y guía al estudiante implementando con metodologías de aprendizaje activo. El estudiante consolida sus aprendizajes, practica, experimenta y colabora.

Actividades Asincrónicas

En este tipo de actividades el estudiante conoce, memoriza, y aprende de forma autónoma. Actividades de aprendizaje: Visualizar videos grabados por el docente. Visualizar videos editados de manera colaborativa entre varios docentes. Leer ensayos. Leer artículos. Analizar otro tipo de material didáctico proporcionado por el docente. Genera colaborativamente una o varias listas de las preguntas más frecuentes con sus respectivas respuestas sobre un tema en particular (Frequently Asked Questions, FAQ). El docente debe incluir los siguientes recursos para su planeación: Plataforma Moodle para gestión de contenidos. Herramientas de TIC para asesorías tales como foro de Moodle, Chat de Microsoft Teams y aplicación de mensajería como WhatsApp. Es importante mencionar que las asesorías se llevan a cabo en un día y hora específico.

Actividades Sincrónicas

En las actividades sincrónicas el estudiante participa, analiza, experimenta, profundiza de manera colaborativa, por lo cual en este tipo de actividades es indispensable el apoyo del docente. Proveer retroalimentación al estudiante. Presentar contenidos complejos. Llevar a cabo debates o presentaciones. Realizar actividades

grupales. Llevar a cabo la resolución de problemas. Llevar a cabo prácticas en laboratorios virtuales o software de simulación. El docente debe incluir los siguientes recursos en su planeación: Plataforma Microsoft Teams para videoconferencias.

Actividades del Docente

Establecer diagnósticos de situación de alumnos para poder generar procesos empáticos con sus condiciones y limitaciones económicas, sociales y tecnológicas. Realizar políticas de trabajo con los alumnos donde los tiempos sean flexibles y permitan al alumno generar procesos de adaptación a los modelos de trabajo online y autodidactas. Tener comunicación continua con representantes de jefes de grupo y representantes académicos y tomar acciones inmediatas cuando se encuentre un vacío de comunicación. Incitar al alumnado a sumarse a la capacitación en línea que provea el TecNM y otras instituciones dando preferencia a modelos gratuitos y de corto tiempo para fortalecer la catedra. Elaborar materiales de catedra donde se incluya un lenguaje fluido y sencillo para su fácil comprensión; asimismo, en cada actividad se deben establecer instrucciones claras y precisas, así como rubricas de evaluación y retroalimentación. Distribuir los materiales a través los medios tecnológicos establecidos para lograr la expansión documental lo más asertiva posible. Identificar problemas de competencia tecnológica y comunicar a las áreas pertinentes para generar cursos online y aumentar las habilidades de los alumnos.

Actividades de la Población Estudiantil

Generar redes de contacto entre sus compañeros para la comunicación de las políticas, planes y comunicados institucionales. Reportar con el jefe de grupo, docentes y representante académicos cualquier situación atípica sobre la comunicación de un alumno detectado en la red de vinculación inter-alumnado. Revisar y elaborar las actividades solicitadas por el docente en las plataformas digitales, si existen problemas de comunicación se notifica en la red de contacto de los alumnos para que el docente tome las medidas pertinentes. Reportar a los representantes académicos cualquier situación de salud o económica que este fracturando la comunicación en la red de contactos inter-alumnado. Se establecen reuniones online con los representantes académicos para disipar las dudas sobre proyectos, residencias, servicio social y cualquier otra situación inherente a su quehacer académico. Conectarse a las redes sociales de Facebook y Twitter de la institución para estar actualizados en todos los temas.

Infraestructura Tecnológica

Para la operación del semestre enero-junio 2020, en el instituto se establecen diferentes estrategias que favorecen el proceso de enseñanza-aprendizaje. **Correo Electrónico**. Se establece como mecanismo de comunicación institucional oficial el correo office 365 con dominio TecNM, para alumnos, docentes, personal administrativo y personal directivo. **Plataformas Digitales Institucionales. Microsoft Teams**. Es una plataforma que facilita la comunicación y colaboración entre docentes y alumnos al incluir herramientas como: Chat, mensajes de texto entre los integrantes del grupo durante la clase y fuera de esta. Reuniones de video, que permiten impartir clases fomentando la participación de la población estudiantil. Almacenamiento de archivos, para compartir información de consulta, de diferentes formatos: PDF, video, audio, imágenes.

Moodle

A partir del período de distanciamiento social se implementa el uso de uno de los recursos tecnológicos más poderos para el proceso de enseñanza aprendizaje en línea, que son los Sistemas de Gestión del Aprendizaje (Learning Management System, LMS), o Entornos de Aprendizaje Virtual (Virtual Learning Environment, VLE), que, en el caso del Instituto Tecnológico Superior de Teziutlán, es la Plataforma Moodle (https://docs.moodle.org/all/es/Acerca_de_Moodle, 2020). Esta plataforma se diferencia por lo siguiente: Da servicio a más de 40 millones de usuarios y es el LMS número 1 en el top de los 8 LMS de código libre. En cuanto a licenciamiento Moodle es un Sistema de Gestión de Cursos de Código Abierto (Open Source Course Management System, CMS. (https://docs.moodle.org/all/es/Acerca_de_Moodle, 2020) Actualmente la plataforma educativa Moodle es una herramienta tecnológica que da soporte para el proceso de enseñanza aprendizaje para todos los institutos tecnológicos adscritos al Tecnológico Nacional de México. En cuanto a la accesibilidad y compatibilidad, es de fácil acceso desde cualquier navegador web, independiente del sistema operativo utilizado. Esto permite que el estudiante no tenga restricciones en cuanto al acceso, sólo requiere de una conexión a internet y un navegador como Microsoft EDGE, Mozilla Firefox, Google Chrome, Safari, Opera u otros. En cuanto a la gestión de cursos virtuales y entornos de aprendizaje virtuales, tiene una amplia gama de herramientas y recursos didácticos que favorecen el proceso de enseñanza aprendizaje desde el seguimiento académico hasta el proceso de evaluación y retroalimentación, que pueden incrementarse dependiendo de las necesidades que se determinen en el aula virtual, tales como: Participantes, Calificaciones, agenda, correo. En cuanto a la

escalabilidad, es una plataforma sencilla de instalar, actualizar o personalizar, hace uso de diversos protocolos para dar de alta usuarios (manual, importación de datos, correo electrónico), creación de perfiles o roles y determinar los permisos de cada uno, lo que facilita la gestión de estudiantes, asesores, tutores y sus múltiples actividades. En cuanto al proceso de enseñanza aprendizaje se pueden establecer distintos sistemas de comunicación, tanto síncrona como asíncrona, es decir, ofrece la posibilidad de comunicación mediante chat, foros y correo electrónico.

Recursos Educativos

En el ITST, el diseño de los recursos educativos esta normado de acuerdo con el modelo de Educación a Distancia del Tecnológico Nacional de México [6]. Los recursos educativos que se utilizan en Moodle pueden ser descargados para su consulta fuera de línea, apoyando así a quienes no cuentan con conexión a internet las 24 horas. El alumno puede ingresar desde una computadora personal o teléfono móvil. La metodología de Aula invertida considera, 70% de participación de la población estudiantil durante el curso, 30% recae en el facilitador del aprendizaje.
En los recursos se destaca la competencia específica que el estudiante alcanza una vez realiza la actividad. Incluye instrucciones detalladas y claras que les permitirán llevar a cabo la tarea encomendada de manera autónoma. Se enfatiza el puntaje a obtener y el tiempo por actividad.

Con anticipación se les da a conocer el Instrumento de Evaluación para que tenga en mente los aspectos a considerar al momento de hacer su actividad. El documento incluye ejemplos que ayudan a comprender el producto de aprendizaje solicitado. Independientemente a los recursos educativos mencionados, para la comunicación y entrega de actividades, se implementa la utilización de servicios digitales de mensajería como el Correo Electrónico Institucional o Alterno, Mensajero en Facebook, WhatsApp. No es de extrañar que cada vez son más los estudiantes que disponen de un correo electrónico personal, de una cuenta en Facebook y de un dispositivo móvil como herramientas de uso diario para la comunicación. Aunado a que en los temarios de los diferentes programas educativos que ofrecen los tecnológicos adscritos al Tecnológico Nacional de México, se estipula como una competencia genérica establecida en los contenidos “la Habilidad en el uso de Tecnologías de la información y de la comunicación”

Recursos Administrativos y de Operación

Se realiza el seguimiento a la planeación y cumplimiento de los planes y programas de las carreras ofertadas, a través de la instrumentación didáctica, implementada en una aplicación web desarrollada por la célula de programadores del instituto. Se establecen tiempos de recuperación para aquellos alumnos que tuvieron alguna problemática durante el distanciamiento social para lograr cumplir con las actividades virtuales programadas por los docentes. Con el objetivo de facilitar los procesos administrativos a los alumnos y docentes se han extendido los tiempos de entrega de trámites académicos administrativos. Se cuenta con una base de datos institucional, que permite el análisis y recuperación de información en tiempo real, así como la implementación de software web y móvil a disposición de los estudiantes, para la realización de procesos académicos como: inscripciones, reinscripciones, emisión de documentos y seguimiento académico.

Personal Capacitado

El Instituto Tecnológico Superior de Teziutlán cuenta, con personal docente capacitado en el manejo de herramientas de ofimática, Moodle, DREAVA, Estándar de Evaluación del Aprendizaje por Competencias EC0772. Experto en la configuración y diseño de asignaturas, apoyado en los elementos didácticos para trabajar en línea y en el Modelo Educativo de Educación a Distancia del Tecnológico Nacional de México [6].

Por su parte, Boirot, Taylor y Powell [4], señalan las siguientes siete competencias o habilidades que deben poseer los maestros para desempeñarse adecuadamente en la Sociedad del Conocimiento o Era de la Información: Leer, escribir, y ejecutar programas simples. Usar software aplicado a la educación. Hablar inteligentemente, aunque no expertamente, del hardware. Reconocer ejemplos de educación que no pueden ser resueltos por la computadora y por ello exigen la combinación de diferentes tecnologías: audiovisuales, bibliográficas, computacionales y de telecomunicación. Usar los dispositivos tecnológicos adecuados para localizar y actualizar información acerca de la educación. Discutir a un nivel inteligente, la historia de la computación, en general; y la de la educación, en particular. Discutir los problemas éticos y las alternativas sociales alrededor de la educación y los computadores.

Además de lo anterior, también deben considerarse los aspectos que señalan Cuban y Bulkeley [3], en cuanto al comportamiento del docente. Estos autores manifiestan que las posibilidades que tiene el maestro para formarse en las TIC no son las más adecuadas y su acceso a las mismas no es fácil por diversas razones: socioeconómicas,

geográficas o actitudinales. Así mismo, han detectado que la gran mayoría de centros de formación de docentes les están preparando en forma adecuada, actualizando para afrontar la responsabilidad de poner en práctica un paradigma de enseñanza y de aprendizaje basado en las Tecnologías de la Información y la Comunicación.

Metodología

Una vez analizado lo anterior, se inicia un seguimiento de las actividades ejecutadas por los 34 alumnos de sexto semestre de la carrera de Ingeniería en Gestión Empresarial del ITST que cursan la clase de Gestión Estratégica, mediante el establecimiento de aula invertida (Flipped Classroom), lo cual permite en primera instancia obtener información de forma directa, tanto del trabajo de los participantes como de sus informes acerca del uso de las plataformas Teams y Moodle para el desarrollo de la clase; por lo que, la práctica que se presenta constituye una investigación descriptiva, evaluativa, de campo, transversal.

Procedimiento de Investigación

Para poner en práctica esta forma educativa se utiliza el procedimiento propuesto por Kemmis y McTaggart [2] para conducir una investigación bajo la modalidad de investigación-acción. Estos autores señalan cuatro momentos o fases en la investigación: Planificación, Acción, Observación y Reflexión; además, refieren que en la mayoría de los casos los investigadores parten de una reflexión inicial acerca de la preocupación temática, como base de la planificación; para efectos de esta investigación dicha información es conocida por el docente responsable de impartir la materia Gestión Empresarial y dada a conocer a los alumnos, durante la primera sesión virtual en Teams; dicha información consiste en plantear la necesidad de incorporar la estrategia Aprender Haciendo, para el aprendizaje de la materia.

Etapa de Organización

En esta etapa inicialmente al docente por parte del jefe de carrera se le da a conocer la materia que impartirá, posteriormente él diseña la Instrumentación Didáctica la cual se encuentra en la guarida mapache y es autorizada y revisada por el departamento de desarrollo académico y el jefe de carrera. Una vez autorizada por ambos, procede a crear la clase en la plataforma Moodle, a la cual se tiene acceso a través de la liga 187.157.132.20/tie. En el primer encuentro, el docente, responsable, proporciona el código del curso a los participantes para que registren su Nombre de Usuario y su Contraseña.

La materia en la plataforma Moodle es diseñada utilizando los siguientes aspectos. En la pestaña General se le da a conocer al estudiante la intención didáctica de dicha materia, así como la competencia específica, la instrumentación Didáctica y los recursos utilizados. Posteriormente, se diseñan cada una de las unidades incluyendo recursos, material de estudio, criterios de evaluación y se agrega el envío de tareas donde los alumnos incorporaron sus actividades de acuerdo con la fecha establecida por el docente y con ello fomentar el trabajo colaborativo y como una manera de concretar la coevaluación.

Una vez realizado lo anterior y para efectos de esta investigación el total del grupo es dividido en ocho equipos de trabajo conformados por 6 equipos de 4 integrantes y 2 de 5 integrantes respectivamente los cuales se integran por afinidad ya que los estudiantes conocen de cada uno de sus compañeros sus fortalezas, conocimientos y habilidades requeridas para la preparación de las actividades requeridas para su evaluación.

Etapa de Operación y Análisis.

En esta segunda etapa de acuerdo con Kemmis y McTaggart [2], la operación y el análisis corresponden a la puesta en marcha del plan elaborado, así como a la observación, registro y revisión permanente de nueva información, para profundizar la comprensión de la realidad.

Las actividades académicas mediante la implementación de aula invertida (Flipped Classroom) se llevan a cabo del 22 de junio al 17 de julio de 2020, durante los cursos de verano ofertados por el ITST. En estas 4 semanas los alumnos envían sus actividades de aprendizaje en la plataforma Moodle. Una vez recibidas las actividades el docente evalúa de manera formativa el curso y a los participantes individualmente, y se mantiene guiando al grupo desde el lado, tal como se recomienda en la moderación de cursos en línea [1]

El objetivo general de esta investigación es conocer la eficacia y efectividad de la plataforma Moodle en el uso de la implementación de aula invertida (Flipped Classroom) para el logro del aprendizaje del alumno y para el docente la impartición de su materia en sí.

Para conocer si dicho objetivo expresa lo que se busca se hace un seguimiento del alumno y su participación individual en las plataformas durante las 4 semanas realizando un registro detallado del progreso que tiene en la

materia (para conocer el impacto del uso de las TIC), para que exista una mayor objetividad en los resultados, el registro se realiza por la Coordinadora de Desarrollo Académico, quien entrevista en plataforma Teams a cada uno de los equipos para conocer los aspectos más importantes relacionados con los inconvenientes, dudas y el trabajo colaborativo exteriorizados por los alumnos en el quehacer de cada sesión de su materia. Al finalizar dicha entrevista se analizan las respuestas para indagar estándares y cuestiones discordantes que permitan conocer la experiencia de aprendizaje.

Etapa de Reflexión

Kemmis y McTaggart [2] identifican esta fase como el análisis, síntesis, interpretación y establecimiento de conclusiones con el fin de responder la pregunta qué ha ocurrido, en relación con la acción y sus efectos.

En la ultima sesión virtual, se diseña un cuestionario On line dirigido a conocer la opinión de los 34 alumnos sobre la innovación realizada, las respuestas se formulan abiertas ya que ofrecen mayor detalle en las respuestas. Las preguntas se establecieron para obtener información en relación con los siguientes aspectos: 1) Creación de estudiantes autónomos, creativos y responsables; 2) Fomento del trabajo colaborativo; 3) El estudiante es el centro del proceso de aprendizaje; 4) Acceso a los materiales y contenidos; 5) Interés y Motivación; 6) Docente retroalimenta los contenidos y promueve la diversidad y la facilidad en la revisión y entrega de tareas.

Las respuestas se grabaron y ordenaron de acuerdo con su similitud. Posteriormente se hace uso del software SPSS el cual es utilizado para realizar la captura y análisis de los datos obtenidos lo que permite obtener las tablas, gráficas y un resumen cuantitativo del progreso de la materia, el cual se utiliza posteriormente como fuente de información para analizar y visualizar los resultados de la práctica pedagógica.

Resultados y Discusión

De la experiencia vivida en la aplicación de una herramienta de Internet como son las plataformas Teams y Moodle en la implementación de aula invertida (Flipped Classroom) en el período de clases de verano, se pueden señalar los siguientes resultados: En el modelo tradicional el docente solo instruye, el alumno aprende y asimila los conceptos. En el enfoque aula invertida, el alumno antes de la clase adquiere conocimientos, durante la clase, comparte información y el docente consolida el aprendizaje. Así mismo el alumno tienen una actuación destacada en el uso de las plataformas. Lo que permite transferir parte del proceso de enseñanza y aprendizaje fuera del aula con el fin de utilizar el tiempo de clase para el desarrollo de procesos cognitivos de mayor complejidad que favorezcan el aprendizaje significativo.

De las intervenciones de los alumnos en las plataformas se deriva el entusiasmo, responsabilidad y compromiso con los que asumieron el cumplimiento de las asignaciones de la materia, así como el trabajo de los conceptos por ellos mismos fuera del horario de clase, la colaboración entre compañeros en grupos en línea, (FaceBook, WhatsApp), implementando el uso de las TIC. En cuanto a la entrega en línea de las actividades de evaluación se evidencia su cumplimiento al observar un 95% de las actividades entregadas.

Por otra parte, entre las respuestas a las preguntas realizadas a los alumnos sobre los aspectos relacionados con la implementación de aula invertida (Flipped Classroom) señalados en la Etapa de Reflexión, se encuentran las siguientes: 1) Los alumnos manifestaron el incremento de su autonomía, creatividad y responsabilidad en la individualización de los ritmos de aprendizaje y en su participación. 2) Se fomenta el trabajo colaborativo al realizar las actividades conjuntamente y en cooperación con el grupo. 3) El estudiante se considera el centro del proceso al contar con un aprendizaje más personalizado al ritmo de cada uno de ellos. 4) El acceso a los materiales y contenidos es las 24 horas sin importar el día. 5) en relación con el interés y la motivación, los alumnos muestran un incremento ya que están más involucrados en su propio aprendizaje. 6) Al retroalimentar los contenidos el docente confío en los estudiantes considerando que se eliminaron algunos riesgos de incumplimiento.

Es pertinente mencionar algunas de las reflexiones de la Coordinadora de Desarrollo Académico después de las entrevistas a los equipos acerca de la experiencia vivida en esta nueva modalidad: La evaluación educativa es considerada como un factor determinante en todo el proceso de aprendizaje. Evaluar con un modelo pedagógico como es el aula invertida o Flipped Classroom, implica como lo señalan Tourón, Javier; Santiago, Raúl; Díez, Alicia [7], necesariamente, evaluar de otro modo, personalizando la evaluación al igual que todo el modelo pedagógico.

La evaluación inicial en el aula invertida, por parte del docente es realizada al inicio de cada unidad de la materia, con el simple objetivo de tener una idea del grado de conocimiento que los alumnos tienen sobre esta materia. Lo anterior se realiza basándose el docente en el uso de herramientas y aplicaciones de formularios como las que tiene Google (Google Forms), u otras herramientas similares como son: Wuffo, Formdesk o Typeform.[5]

En la participación asíncrona se observa una colaboración máxima de los estudiantes en la materia en los diferentes días de clase de la semana. Los participantes mediante sus evidencias demuestran un aumento en sus competencias generales al poder analizar la información proporcionada por el docente para la realización de sus actividades permitiendo promover el aprendizaje colaborativo y el espíritu crítico al tomar decisiones, al usar el razonamiento, acerca de que información es la más oportuna, así mismo deja de existir la frustración por no aprender ya que se tiene el apoyo de su grupo dejando a un lado las diferencias individuales de cada uno de ellos. El docente tomando en cuenta lo señalado en los planes y programas de estudio de la materia programa sus 5 horas semanales de clase y establece 3 horas para actividades sincrónicas (videoconferencia) y 2 horas para asincrónicas (tiempo virtual de retroalimentación y seguimiento).

Trabajo a futuro

Es importante señalar que para efectos de la investigación solo se trabaja con una muestra representativa, lo que evita conocer la opinión general de los 2,200 estudiantes del ITST, por lo que resulta de gran importancia continuar con esta investigación y replicarla en otras materias para tener un panorama del 100% de la población estudiantil al vivir la experiencia del aula invertida o Flipped Classroom y la mejora en el desarrollo de sus habilidades en el uso y manejo de la computadora

Al no regresar a las clase presenciales el docente para el semestre agosto-diciembre 2020 tiene que entender el rol que desempeña en este proceso de enseñanza-aprendizaje y las actividades que debe de realizar, antes de la clase: visionado de videos, lecturas, familiarización con términos y hechos e introducción a los conceptos principales, en clase: proyectos, problemas, grupos de discusión, crear contenidos, analizar datos, interpretar, discutir y convencer, después de clase: proyectos colaborativos, trabajos, revisión de los conceptos principales. Es relevante mencionar que en los tres momentos se debe de aplicar la evaluación formativa para verificar lo aprendido por parte del alumno.

Se recomienda que el docente utilice algunas de las múltiples herramientas en el aula invertida para el proceso enseñanza-aprendizaje que han sido clasificadas sobre la base de su utilidad dentro del aula invertida.

Herramientas para la Gestión de Contenidos: se necesita tener una plataforma en abierto o de acceso limitado para la difusión de los contenidos que se pretende que sean visualizados. Las herramientas más utilizadas para la difusión de contenidos son: Recursos educativos abiertos, Blog, LMS (Sistemas de Gestión de Aprendizaje) como Moodle, Edmodo y ExeLearning, Red social, JClic, WordPress, EVEA (Entorno Virtual de Enseñanza y Aprendizaje).

Herramientas para la Edición de Contenidos: se pueden utilizar distintas herramientas de edición para elaborar presentaciones más o menos formales. Algunas aplicaciones ofrecen en su versión gratuita un enlace a una dirección URL en la que se edita la presentación en línea y otras como Microsoft PowerPoint, ofrecen la herramienta de edición de un vídeo de la presentación una vez terminada. Prezi, Powtoon

Microsoft PowerPoin, Genial.ly, Emaze, Slideshare, Scribd95, CmapTools, Mindomo, Keynote (iOS), Windows Movie Maker, iMovie (iOS), Lumen5.

Herramientas que Funcionan como Banco de Contenidos: también son útiles los bancos de contenidos en los que los recursos multimedia y los contenidos ya están editados. Podcasting, Video educativo, Screencast, Wiki, Blubbr, Youtube, Vimeo, Dailymotion

Herramientas para Crear Murales Virtuales: con este tipo de herramienta se puede incorporar a los murales: texto, vídeo, imágenes, audios, enlaces y otros materiales como documentos PDF, Word, Power Point, entre otros. Padlet, Glogster ,Murally ,Lino.

Herramientas para Creación y Evaluación de Contenidos de Texto: este tipo de herramientas proporciona una plataforma a través del cual se pueden crear, distribuir y evaluar las actividades de lectura. Los alumnos dejan de ser sólo espectadores para poder participar en una lectura complementada por preguntas y herramientas de apoyo. Actively Learn

Herramientas de Evaluación: hay herramientas que permiten insertar cuestionarios en los vídeos editados. Estas herramientas resultan muy útiles para saber si los alumnos consultan los vídeos dado que las respuestas son enviadas al profesor. También permiten saber los puntos del vídeo que resultan más complicados de entender sobre la base de las analíticas de resultados. Entre las más populares destacan: Playposit antes (Educanon), EDpuzzle, ¡Kahoot!, Socrative ,Quizlet ,Gnowledge, Google Drive.

Herramientas para Debatir Acerca de los Vídeos: permite abrir debate relacionado con el contenido de los vídeos o añadir preguntas que deberán contestar los estudiantes con posterioridad. Vialogues96, Herramientas con Realidad Aumentada: CBL con Realidad Aumentada, WallaMe, Metaverse.

Conclusiones

La experiencia realizada con la aplicación de las plataformas Moodle y Teams en las actividades de enseñanza aprendizaje en el aula invertida (Flipped Classroom) constituye una reafirmación de las bondades de la incorporación de las Tecnologías de la Información y Comunicación en Educación. Los posibles retos que con lleva este método de aprendizaje según «EduTrendsAprendizajeInvertido» fueron superados al existir un mayor trabajo y el desarrollo de nuevas habilidades: se utiliza con éxito este modelo por parte del docente al designar más tiempo para la preparación de sus clases, lo cual resulta ser un aspecto demandante de la labor docente, por lo que el docente realiza un gran esfuerzo para presentar los contenidos.

Se dispone de mayor tiempo en las clases: El docente rediseña sus clases, es decir, que el tiempo efectivo en ellas se convirtió en un aspecto motivante y atractivo para el alumno, lo cual los impulsa a aplicar todos aquellos conocimientos adquiridos en casa.

Expectativas educativas. Se supera una educación tradicionalista centrada en la simple transmisión de conocimientos, se promueve ir más allá y ofrecer nuevas experiencias educativas a las nuevas generaciones. Es pertinente que los docentes que impartirán las materias en el nuevo semestre, alumnos y directivos rompan con prejuicios sobre este modelo.

Nivel de compromiso y participación. Este reto fue superado al involucrar en la formación de un estudiante el mayor compromiso y dedicación a su proceso de aprendizaje, mismo que estuvo preparándose para adquirir los conocimientos suficientes y poder para aplicarlos en el aula.

Brecha digital. Sigue siendo un gran reto ya que aún es posible que muchos estudiantes no cuenten con un ordenador y conexión a internet para poder aprender.

Mayor producción académica. Hoy en día se tiene poca información sobre el tema de aula invertida, por lo que es importante desarrollar investigación en diversos enfoques para comprender sus beneficios y aplicaciones en el aprendizaje y la enseñanza.

Referencias

[1] Albaladejo, C. B. (2016). *https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5601467.*
https://docs.moodle.org/all/es/Acerca_de_Moodle. (Agosto de 2020). *https://docs.moodle.org/all/es/Acerca_de_Moodle.*
[2] Kemmis, S., & McTaggart, R. (1992). *Cómo Planificar la Investigación-Acción.* Barcelona España: Alertes.
México, T. N. (Septiembre de 2015). *https://www.tecnm.mx.* Obtenido de https://www.tecnm.mx
[3] Poole, B. (1999). *Tecnología Educativa. Educar para la Sociocultura de la Educacióny del Conocimiento.* España: McGrawHill Interamericana.
[4] Rivera, P. E. (14 de Noviembre de 1993). *Las Computadoras en Educación.* Obtenido de ice.org: http://msip.ice.og/erporto/libros
[5] Santiago, R. (26 de Octubre de 2018). *theflippedclassroom.* Obtenido de http://www.theflippedclassroom.es/:21
[6] TecNM. (2015). *Modelo de Educación a Distancia del Tecnológico Nacional de México.* México: Tecnológico Nacional de México.
[7] Tourón, J., Santiago, R., & Diez, A. (2014). *The Flipped Classroom: Cómo convertir la escuela en un espacio de Aprendizaje.* México: Oceano.

 ISSN 2007-8102

Análisis de factores de riesgo psicosocial, en una empresa del sector industrial

R. L. P. E. Franco González[1], E. Contreras González[2], A. Zavala Martínez[3], M. E. Rabadán Serrano [4], L. Hernández García[5]
[1]Subdirección de Planeación e Igualdad de Género. Tecnológico Nacional de México/ TES de Cuautitlán Izcalli/e-mail: p.franco.ige@tesci.edu.mx Estado de México, México
[2]División de Ingeniería Mecatrónica, Tecnológico Nacional de México/ TES de Cuautitlán Izcalli/e-mail: dr.esteban.mec@tesci.edu.mx Estado de México, México
[3]División Contaduría Pública. Tecnológico Nacional de México/ TES de Cuautitlán Izcalli/e-mail: adrizavalamar@tesci.edu.mx Estado de México, México
[4]División Contaduría Pública. Tecnológico Nacional de México/ TES de Cuautitlán Izcalli/e-mail: martha_rabadan@tesci.edu.mx Estado de México, México
[5]División Ingeniería en Gestión Empresaria. Tecnológico Nacional de México/ TES de Cuautitlán Izcalli/e-mail: pfranco_833@hotmail.com Estado de México, México

***Área de participación**: Ingeniería Administrativa*

Resumen

Esta investigación es con base en la Norma Oficial Mexicana 035 Secretaría del Trabajo y Previsión Social, que obliga a las empresas a detectar y prevenir los riesgos psicosociales que se puedan presentar en las actividades diarias dentro de una organización, contemplando obligaciones: tanto para los patrones, como para los trabajadores; con base a la situación actual en la que se encuentra la empresa en la cual se realiza la investigación preliminar se pudo determinar que aún no han podido seleccionar una estrategia para aplicar la NOM-035 STPS-2018; derivado de ello se establece realizar una investigación descriptiva, con el objetivo de aplicarla, haciendo uso de las guías de referencia I y III; analizando los resultados para poder dar un seguimiento y dar posibles propuestas de mejora en las cuales todos los empleados de la empresa puedan participar y así mejorar tanto el aspecto psicosocial del individuo como el entorno organizacional y tener evidencia del cumplimiento a la NOM-035-STPS-2018.

***Palabras clave**: NOM-035-STPS-2018; Factores de Riesgo Psicosocial; Desarrollo Humano; Entorno Organizacional.*

Abstract

This research is based on the Official Mexican Standard 035 Ministry of Labor and Social Welfare, which obliges companies to detect and prevent psychosocial risks that may arise in daily activities within an organization, contemplating obligations: both for employers , as for the workers; Based on the current situation of the company in which the preliminary investigation is carried out, it was determined that they have not yet been able to select a strategy to apply NOM-035 STPS-2018; derived from this, it is established to carry out a descriptive research, with the aim of applying it, making use of reference guides I and III; analyzing the results to be able to monitor and give possible improvement proposals in which all company employees can participate and thus improve both the psychosocial aspect of the individual and the organizational environment and have evidence of compliance with NOM-035-STPS -2018.

***Key words**: NOM-035-STPS-2018; Psychosocial Risk Factors; Human Development; Organizational Environment.*

Introducción

La Norma Oficial Mexicana 035 Secretaría del Trabajo y Previsión Social [1] es una norma que obliga a las empresas a detectar y prevenir los riesgos psicosociales que se puedan presentar en las actividades diarias dentro de una organización y en caso de incumplimiento a esta norma, las multas pueden ser de más de 500 mil pesos (Quinientos mil pesos 00/100 M.N.).

Los factores de riesgo psicosocial en el trabajo son los aspectos psicológicos y sociales que pueden afectar negativamente a los trabajadores dentro de una organización, pueden ser, por ejemplo: estrés grave, ansiedad o trastornos del sueño de acuerdo al tipo de puesto, tipo de jornada laboral o a la exposición a eventos traumáticos severos. Asimismo, el entorno organizacional es aquel en el que se promueve el sentido de pertenencia de los trabajadores a la empresa; la formación para la adecuada realización de las tareas encomendadas; la definición precisa de responsabilidades para los trabajadores del centro de trabajo; la participación proactiva y comunicación entre trabajadores; la distribución adecuada de cargas de trabajo, con jornadas de trabajo regulares conforme a la Ley Federal del Trabajo, y la evaluación y el reconocimiento del desempeño [1].

En esta Norma, se establecen obligaciones tanto para los patrones, como para los trabajadores para cumplir con los lineamientos para la prevención y el control de esos factores en México. Con base a la situación actual en la que se encuentra la empresa en la cual se pudo determinar que aún no se ha aplicado una buena estrategia para aplicar la NOM-35 STPS-2018 la cual como ya se mencionó con anterioridad es obligatoria, se aplicaron los cuestionarios los cuales se analizan para poder dar un correcto seguimiento y dar posibles soluciones o propuestas de mejora en las cuales todos los empleados de la empresa puedan participar y así mejorar el entorno organizacional.

Revisión literatura

La Organización Internacional del Trabajo (OIT) fue fundada en 1919, con una visión de paz duradera y universal, que sólo puede ser alcanzada cuando está fundamentada en el trato decente de los trabajadores y en 1946 se convirtió en la primera agencia de las Naciones Unidas. En 1955 la Oficina Internacional del Trabajo y el Gobierno de México, firmaron un acuerdo para el establecimiento de una Oficina en la Ciudad de México, así el 5 de enero de ese año, abrió sus puertas [2].

Y alineada a las anteriores instituciones internacionales y nacionales, la NOM es una Norma Oficial Mexicana, siglas que hace referencia a la Normatividad Oficial Mexicana, en este caso se refiere a una Norma emitida por la Secretaría del Trabajo y Previsión Social (STPS), correspondiente a los “Factores de Riesgo Psicosocial en el Trabajo, Identificación, Análisis y Prevención”, con número 035 [1].

Con fecha 23 de octubre del 2018, es publicada la NOM-035-STPS-2018, con cobertura a nivel Nacional en la República Mexicana, que deberá implementarse en todos los centros laborales ubicados, ya sean públicos o privados, de salud, educación, de producción, de servicios, pequeña, mediana y gran empresa [1].

Plantea la necesidad de realizar un diagnóstico, análisis y prevención de los factores de riesgo psicosociales (FRP), existentes en toda organización; para promover un entorno organizacional favorable en el que los trabajadores desarrollan sus actividades. Con base en la NOM-035-STPS-2018 [1] se consideran FRP en el trabajo:

> “Aquellos que pueden provocar trastornos de ansiedad, no orgánicos del ciclo sueño-vigilia y de estrés grave y de adaptación, derivado de la naturaleza de las funciones del puesto de trabajo, el tipo de jornada de trabajo y la exposición a acontecimientos traumáticos severos o a actos de violencia laboral al trabajador, por el trabajo desarrollado”

Y se define entorno organizacional favorable:

> "Aquel en el que se promueve el sentido de pertenencia de los trabajadores a la empresa; la formación para la adecuada realización de las tareas encomendadas; la definición precisa de responsabilidades para los trabajadores del centro de trabajo; la participación proactiva y comunicación entre trabajadores; la distribución adecuada de cargas de trabajo, con jornadas de trabajo regulares conforme a la Ley Federal del Trabajo, y la evaluación y el reconocimiento del desempeño" [1].

Para el cumplimiento de la NOM-035-STPS-2018, las organizaciones tendrán que involucrar a todos los que laboran en el centro de trabajo; desde el más alto rango de la empresa como el nivel organizacional más básico y operativo de la misma; cabe mencionar que las organizaciones que cuenten con personal externo (proveedores, contratistas, personal de seguridad externa, personal de limpieza y/o personal outsourcing) deberán sus empresas cumplir con dicha NOM, donde la empresa contratante tendrá que vigilar el cumplimiento de la misma [3].

Se podría pensar que todo centro laboral ya está listo para recibir la visita de la STPS quien realizará la inspección de la aplicación de dicha Norma; sin embargo, la historia y tradición de nuestra idiosincrasia, es muy seguro que sigamos pensando en tener mucho tiempo todavía, para implementar los requerimientos obligatorios de la NOM 035 para octubre 23 de 2019 [3].

Cabe mencionar, que la importancia de esta norma es fundamental ya que generará un ambiente propicio y armonioso para que todos los que se desempeñan en ella cuenten con las condiciones favorables y con ello ser más productivos y sanos, física, mental, moral y psicológicamente. Asimismo, la esencia de la norma está en función de establecer los elementos para identificar, analizar y prevenir los factores de riesgo psicosocial, así como para promover un entorno organizacional favorable en los centros de trabajo, mediante programas muy precisos de intervención [3].

Seguramente se estarán planteando preguntas, como: ¿Qué empresas están obligadas a implementar dicha norma?, ¿Cómo medir el grado de los factores de riesgos psicosociales? ¿A quién de la organización le corresponde establecer o implementar esta norma? ¿Para el 23 de octubre del 2020, se debe cumplir con todos los requisitos establecidos en la norma?, etc.

La NOM-035-STPS-2018, otorgó un año para que toda empresa o centro laboral en la República Mexicana se diera a la tarea de implementar su ejecución; por lo tanto, a partir del 23 de octubre del 2020, toda organización tendrá que cumplir con cuatro elementos básicamente:

1. Publicar y difundir la Política de Prevención de Riesgos Psicosociales.
2. Identificación de los Factores de Riesgos Psicosociales a través de la aplicación de la Guía de Referencia I, a todo el personal existente en la organización.
3. Establecer un sistema de información, análisis y decisión de los casos de violencia laboral en la organización (puede ser un buzón de sugerencias, un sistema electrónico de denuncias anónimas, reuniones del comité de vigilancia, etc.)
4. Identificar y someter a tratamiento especializado al personal con acontecimientos traumáticos severos.

Metodología

Para aclarar las dudas como: ¿Qué empresas están obligadas a implementar dicha norma?, ¿Cómo medir el grado de los factores de riesgos psicosociales? ¿A quién de la organización le corresponde establecer o implementar esta norma? ¿Para el 23 de octubre del 2020, se debe cumplir con todos los requisitos establecidos en la norma?, etc; se procedió a brindar formación profesional a los directos responsables sobre la implementación de la norma en el centro laboral e inducir a todo el personal con programas preventivos o correctivos, buscando coadyuvar a toda organización en el cumplimiento de la NOM-035-STPS-2018.

Para cimentar las bases de la investigación de tipo descriptiva; donde se brinda en primer lugar capacitación sobre la NOM-035-STPS-2018, orientada al personal de Recursos Humanos, comisiones de seguridad, higiene o de salud de la organización para que conocieran alternativas para diseñar y elaborar las estrategias encaminadas a la concientización, el diagnóstico, análisis y toma de acciones para dar solución a los FRP (Factores de Riesgo Psicosocial) detectados en la organización. Revisando cada elemento de la NOM-035-STPS-2018 y conforme a las características de la organización, se diseñan y elaboran las acciones propicias para dar respuesta a los requisitos de dicha NOM.

Posteriormente, se procede a realizar un programa de actividades encaminadas a dar respuesta a los requerimientos de la NOM-035-STPS-2018; en donde se establecen las acciones a cumplir, las fechas límite de cumplimiento, responsables y estatus del cumplimiento. Esto vigilado por un comité, que en este caso se eligió al comité de seguridad e higiene existente en la empresa.

Dentro del programa de actividades, se establece realizar eventos de inducción o sensibilización a todo el personal, con el propósito de involucrarlos y con ello recibir su apoyo a la implementación y continuidad de la NOM, planteando la importancia y los resultados que se esperan obtener en atención a la cultura de mejora continua que posee la empresa.

La referida Norma, cuenta con sus propios instrumentos de evaluación y diagnóstico de los factores de riesgo, en forma estandarizada, lo cual permite mayor agilidad en su implementación e interpretación. Estos instrumentos son tres, se denominan Guías de Referencia, estas son:

Guía I. - Cuestionario para identificar a los trabajadores que fueron sujetos a acontecimientos traumáticos severos. Se aplica a todo el personal existente en la organización (Ver ilustración 1).

GUIA DE REFERENCIA I

CUESTIONARIO PARA IDENTIFICAR A LOS TRABAJADORES QUE FUERON SUJETOS A ACONTECIMIENTOS TRAUMÁTICOS SEVEROS

Marque una "X" a la respuesta que se le indica

Nombre

Sección / Pregunta	Respuesta SÍ	Respuesta No
I.- Acontecimiento traumático severo		
¿Ha presenciado o sufrido alguna vez, durante o con motivo del trabajo un acontecimiento como los siguientes:		
> ¿Accidente que tenga como consecuencia la muerte, la pérdida de un miembro o una lesión grave?		
> ¿Asaltos?		
> ¿Actos violentos que derivaron en lesiones graves?		
> ¿Secuestro?		
> ¿Amenazas?, o		
> ¿Cualquier otro que ponga en riesgo su vida o salud, y/o la de otras personas?		
II.- Recuerdos persistentes sobre el acontecimiento (durante el último mes):		
¿Ha tenido recuerdos recurrentes sobre el acontecimiento que le provocan malestares?		
¿Ha tenido sueños de carácter recurrente sobre el acontecimiento, que le producen malestar?		
III.- Esfuerzo por evitar circunstancias parecidas o asociadas al acontecimiento (durante el último mes):		
¿Se ha esforzado por evitar todo tipo de sentimientos, conversaciones o situaciones que le puedan recordar el acontecimiento?		
¿Se ha esforzado por evitar todo tipo de actividades, lugares o personas que motivan recuerdos del acontecimiento?		
¿Ha tenido dificultad para recordar alguna parte importante del evento?		
¿Ha disminuido su interés en sus actividades cotidianas?		
¿Se ha sentido usted alejado o distante de los demás?		
¿Ha notado que tiene dificultad para expresar sus sentimientos?		
¿Ha tenido la impresión de que su vida se va a acortar, que va a morir antes que otras personas o que tiene un futuro limitado?		
IV.- Afectación (durante el último mes):		
¿Ha tenido usted dificultades para dormir?		
¿Ha estado particularmente irritable o le han dado arranques de coraje?		
¿Ha tenido dificultad para concentrarse?		
¿Ha estado nervioso o constantemente en alerta?		
¿Se ha sobresaltado fácilmente por cualquier cosa?		

GR.I El cuestionario deberá aplicarse conforme a lo siguiente:

a) Si todas las respuestas a la Sección I Acontecimiento traumático severo, son "NO", no es necesario responder las demás secciones, y el trabajador no requiere una valoración clínica

b) En caso contrario, si alguna respuesta a la Sección I es "SÍ", se requiere contestar las secciones:
- II Recuerdos persistentes sobre el acontecimiento
- III Esfuerzo por evitar circunstancias parecidas o asociadas al acontecimiento
- IV Afectación, el trabajador requerirá atención clínica en cualquiera de los casos siguientes:
  - 1) Cuando responda "Sí", en alguna de las preguntas de la Sección II Recuerdos persistentes sobre acontecimiento
  - 2) Cuando responda "Sí", en tres o más de las preguntas de la Sección III Esfuerzo por evitar circunstancias parecidas o asociadas al acontecimiento
  - 3) Cuando responda "Sí", en dos o más de las preguntas de la Sección IV Afectación.

Ilustración 1 Guía I. Fuente: NOM-035-STPS-2018 [1]

 ISSN 2007-8102

Guía II. - Identificación y análisis de los factores de riesgo psicosocial. Se aplica a empresas de entre 0 a 50 trabajadores.

Guía III. - Identificación y análisis de los factores de riesgo psicosocial y evaluación del entorno organizacional en los centros de trabajo. Se aplica a empresas que tienen más de 51 trabajadores.

Como la empresa en la que se realiza la intervención tiene 72 colaboradores se procederá a aplicar la Guía I y la Guía III; para aplicar la Guía III la NOM-035-STPS-2018 establece que se puede aplicar a una población muestra que sea representativa al total de la población; sin embargo, se decide aplicar a toda la empresa para identificar claramente la situación de la misma en cuanto a FRP.

Se aplica un cuestionario a cada persona de acuerdo a la NOM-35-STPS ya que, conforme a la misma, existen dos diferentes cuestionarios, en este caso se aplicará el cuestionario para más de 50 personas ya que en la industria que se realiza la intervención organizacional para proponer la mejora continua, se encuentran colaborando exactamente 72 personas.

Y la forma más viable para que se agilice la aplicación de los cuestionarios tanto de la Guía I y III, es de forma electrónica, otorgando un plazo máximo de 1 semana para que respondan debido a la carga de trabajo que los empleados pudieran tener y se realiza mediante la aplicación denominada Google Forms y se les hace llegar con los respectivos responsables.

Ejerciendo el derecho a la confidencialidad del personal, la recolección de datos es realizada por integrantes de la comisión antes referida y los resultados de la Guía I, servirán para identificar a los trabajadores que sufrieron acontecimientos traumáticos severos y poder establecerle mediante un especialista, propuestas que les permita superar esa situación.

En cuanto a la Guía III, la metodología que se aplica para interpretar los resultados consiste en tabular los resultados pregunta por pregunta, posteriormente se esquematizan esos resultados en gráficas, para posteriormente interpretar los resultados por grupo de preguntas como lo establece la NOM-035-STPS-2018, obteniendo el promedio y al final se realiza una interpretación general para que los resultados permitan establecer propuestas de mejora que sirvan para mejorar el entorno organizacional.

Resultados y discusión

En cuanto a los resultados de aplicar la Guía I, se obtuvo que el 11% de los trabajadores fueron sujetos a acontecimientos traumáticos severos y que el 89% de los trabajadores no ha sido sujeto a acontecimientos traumáticos severos (Ver ilustración 2).

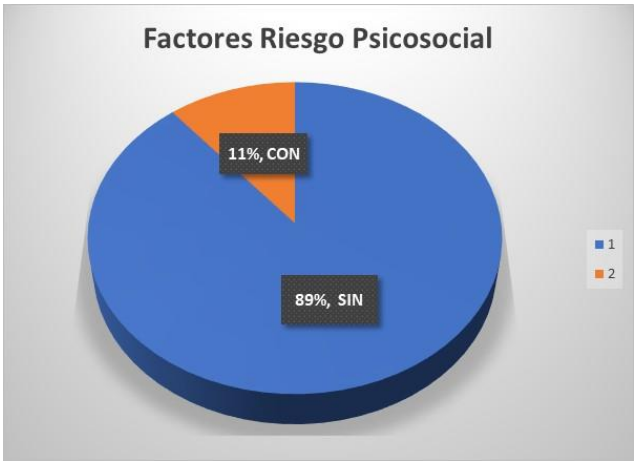


Ilustración 2 Resultados al aplicar la Guía I. Fuente: Elaboración propia.

 ISSN 2007-8102

En lo que se refiere a los resultados de la aplicación de la Guía III, se obtuvieron los siguientes resultados generales promedio (Ver ilustración 3).

GUÍA III

CUESTIONARIO PARA IDENTIFICAR LOS FACTORES DE RIESGO PSICOSOCIAL Y EVALUAR EL ENTORNO ORGANIZACIONAL EN LOS CENTROS DE TRABAJO

Para responder las preguntas siguientes considere las condiciones ambientales de su centro de trabajo.

		Siempre		Casi siempre		Algunas veces		Casi nunca		Nunca		Evaluación final
1	El espacio donde trabajo me permite realizar mis actividades de manera segura e higiénica	0	0	1		2		3		4		0
2	Mi trabajo me exige hacer mucho esfuerzo físico	4		3		2		1		0	0	0
3	Me preocupa sufrir un accidente en mi trabajo	4		3		2		1		0	0	0
4	Considero que en mi trabajo se aplican las normas de seguridad y salud en el trabajo	0	0	1		2		3		4		0
5	Considero que las actividades que realizo son peligrosas	4		3		2		1		0	0	0

Para responder a las preguntas siguientes piense en la cantidad y ritmo de trabajo que tiene.

		Siempre		Casi siempre		Algunas veces		Casi nunca		Nunca		Evaluación final
6	Por la cantidad de trabajo que tengo debo quedarme tiempo adicional a mi turno	4		3	3	2		1		0		3
7	Por la cantidad de trabajo que tengo debo trabajar sin parar	4	4	3		2		1		0		4
8	Considero que es necesario mantener un ritmo de trabajo acelerado	4		3	3	2		1		0		3

Las preguntas siguientes están relacionadas con el esfuerzo mental que le exige su trabajo.

		Siempre		Casi siempre		Algunas veces		Casi nunca		Nunca		Evaluación final
9	Mi trabajo exige que esté muy concentrado	4	4	3		2		1		0		4
10	Mi trabajo requiere que memorice mucha información	4		3	3	2		1		0		3
11	En mi trabajo tengo que tomar decisiones difíciles muy rápido	4		3		2	2	1		0		2
12	Mi trabajo exige que atienda varios asuntos al mismo tiempo	4		3	3	2		1		0		3

 ISSN 2007-8102

Las preguntas siguientes están relacionadas con las actividades que realiza en su trabajo y las responsabilidades que tiene.

		Siempre		Casi siempre		Algunas veces		Casi nunca		Nunca		Evaluación final
13	En mi trabajo soy responsable de cosas de mucho valor	4		3		2		1		0	0	0
14	Respondo ante mi jefe por los resultados de toda mi área de trabajo	4		3		2	2	1		0		2
15	En el trabajo me dan órdenes contradictorias	4		3		2	2	1		0		2
16	Considero que en mi trabajo me piden hacer cosas innecesarias	4		3		2	2	1		0		2

Las preguntas siguientes están relacionadas con su jornada de trabajo.

		Siempre		Casi siempre		Algunas veces		Casi nunca		Nunca		Evaluación final
17	Trabajo horas extras más de tres veces a la semana	4		3	3	2		1		0		3
18	Mi trabajo me exige laborar en días de descanso, festivos o fines de semana	4		3		2		1		0	0	0
19	Considero que el tiempo en el trabajo es mucho y perjudica mis actividades	4		3		2	2	1		0		2
20	Debo atender asuntos de trabajo cuando estoy en casa	4		3	3	2		1		0		3
21	Pienso en las actividades familiares o personales cuando estoy en mi trabajo	4		3		2		1	1	0		1
22	Pienso que mis responsabilidades familiares afectan mi trabajo	4		3		2		1		0	0	0

Las preguntas siguientes están relacionadas con las decisiones que puede tomar en su trabajo.

		Siempre		Casi siempre		Algunas veces		Casi nunca		Nunca		Evaluación final
23	Mi trabajo permite que desarrolle nuevas habilidades	0	0	1		2		3		4		0
24	En mi trabajo puedo aspirar a un mejor puesto	0	0	1		2		3		4		0
25	Durante mi jornada de trabajo puedo tomar pausas cuando las necesito	0		1		2	2	3		4		2
26	Puedo decidir cuánto trabajo realizo durante la jornada laboral	0		1		2		3		4	4	4
27	Puedo decidir la velocidad a la que realizo mis actividades en mi trabajo	0		1		2		3	3	4		3
28	Puedo cambiar el orden de las actividades que realizo en mi trabajo	0		1	1	2		3		4		1

Las preguntas siguientes están relacionadas con cualquier tipo de cambio que ocurra en su trabajo (considere los últimos cambios realizados).

		Siempre		Casi siempre		Algunas veces		Casi nunca		Nunca		Evaluación final
29	Los cambios que se presentan en mi trabajo dificultan mi labor	4		3		2	2	1		0		2
30	Cuando se presentan cambios en mi trabajo se tienen en cuenta mis ideas o	0	0	1		2		3		4		0
31	Me informan con claridad cuáles son mis funciones	0		1		2	2	3		4		2
32	Me explican claramente los resultados que debo obtener en mi trabajo	0		1	1	2		3		4		1
33	Me explican claramente los objetivos de mi trabajo	0		1	1	2		3		4		1
34	Me informan con quién puedo resolver problemas o asuntos de trabajo	0	0	1		2		3		4		0
35	Me permiten asistir a capacitaciones relacionadas con mi trabajo	0	0	1		2		3		4		0
36	Recibo capacitación útil para hacer mi trabajo	0	0	1		2		3		4		0

 ISSN 2007-8102

Las preguntas siguientes están relacionadas con el o los jefes con quien tiene contacto.

		Siempre		Casi siempre		Algunas veces		Casi nunca		Nunca		Evaluación final
37	Mi jefe ayuda a organizar mejor el trabajo	0		1		2		3	3	4		3
38	Mi jefe tiene en cuenta mis puntos de vista y opiniones	0		1	1	2		3		4		1
39	Mi jefe me comunica a tiempo la información relacionada con el trabajo	0		1		2		3	3	4		3
40	La orientación que me da mi jefe me ayuda a realizar mejor mi trabajo	0		1		2	2	3		4		2
41	Mi jefe ayuda a solucionar los problemas que se presentan en el	0		1	1	2		3		4		1

Las preguntas siguientes se refieren a las relaciones con sus compañeros.

		Siempre		Casi siempre		Algunas veces		Casi nunca		Nunca		Evaluación final
42	Puedo confiar en mis compañeros de trabajo	0	0	1		2		3		4		0
43	Entre compañeros solucionamos los problemas de trabajo de forma	0	0	1		2		3		4		0
44	En mi trabajo me hacen sentir parte del grupo	0	0	1		2		3		4		0
45	Cuando tenemos que realizar trabajo de equipo los compañeros colaboran	0	0	1		2		3		4		0
46	Mis compañeros de trabajo me ayudan cuando tengo dificultades	0	0	1		2		3		4		0

Las preguntas siguientes están relacionadas con la información que recibe sobre su rendimiento en el trabajo, el reconocimiento, el sentido de pertenencia y la estabilidad que le ofrece su

		Siempre		Casi siempre		Algunas veces		Casi nunca		Nunca		Evaluación final
47	Me informan sobre lo que hago bien en mi trabajo	0	0	1		2		3		4		0
48	La forma como evalúan mi trabajo en mi centro de trabajo me ayuda a mejorar mi desempeño	0	0	1		2		3		4		0
49	En mi centro de trabajo me pagan a tiempo mi salario	0	0	1		2		3		4		0
50	El pago que recibo es el que merezco por el trabajo que realizo	0	0	1		2		3		4		0
51	Si obtengo los resultados esperados en mi trabajo me recompensan o	0		1		2	2	3		4		2
52	Las personas que hacen bien el trabajo pueden crecer laboralmente	0	0	1		2		3		4		0
53	Considero que mi trabajo es estable	0	0	1		2		3		4		0
54	En mi trabajo existe continua rotación de personal	4		3		2	2	1		0		2
55	Siento orgullo de laborar en este centro de trabajo	0	0	1		2		3		4		0
56	Me siento comprometido con mi trabajo	0	0	1		2		3		4		0

Las preguntas siguientes están relacionadas con actos de violencia laboral (malos tratos, acoso, hostigamiento, acoso psicológico).

		Siempre		Casi siempre		Algunas veces		Casi nunca		Nunca		Evaluación final
57	En mi trabajo puedo expresarme libremente sin interrupciones	0	0	1		2		3		4		0
58	Recibo críticas constantes a mi persona y/o trabajo	4		3		2		1	1	0		1
59	Recibo burlas, calumnias, difamaciones, humillaciones o ridiculizaciones	4		3		2		1		0	0	0
60	Se ignora mi presencia o se me excluye de las reuniones de trabajo y en la toma de decisiones	4		3		2		1		0	0	0
61	Se manipulan las situaciones de trabajo para hacerme parecer un mal	4		3		2		1		0	0	0
62	Se ignoran mis éxitos laborales y se atribuyen a otros trabajadores	4		3		2		1		0	0	0
63	Me bloquean o impiden las oportunidades que tengo para obtener ascenso o mejora en mi trabajo	4		3		2		1		0	0	0
64	He presenciado actos de violencia en mi centro de trabajo	4		3		2		1		0	0	0

 ISSN 2007-8102

Las preguntas siguientes están relacionadas con la atención a clientes y usuarios.

En mi trabajo debo brindar servicio a clientes o usuarios:	**SÍ**	SI
	NO	

Si su respuesta fue "SÍ", por favor responda las preguntas siguientes. Si su respuesta fue "NO" pase a las preguntas de la sección siguiente.

		Siempre	**Casi siempre**	**Algunas veces**	**Casi nunca**	**Nunca**	**Evaluación final**
65	Atiendo clientes o usuarios muy enojados	4	3	2 2	1	0	2
66	Mi trabajo me exige atender personas muy necesitadas de ayuda o enfermas	4	3	2 2	1	0	2
67	Para hacer mi trabajo debo demostrar sentimientos distintos a los míos	4	3	2	1	0 0	0
68	Mi trabajo me exige atender situaciones de violencia	4	3	2 2	1	0	2

Soy jefe de otros trabajadores:	**SÍ**	SI
	NO	

Si su respuesta fue "SÍ", por favor responda las preguntas siguientes. Si su respuesta fue "NO", ha concluido el cuestionario.

Las preguntas siguientes están relacionadas con las actitudes de las personas que supervisa.

		Siempre	**Casi siempre**	**Algunas veces**	**Casi nunca**	**Nunca**	**Evaluación final**
69	Comunican tarde los asuntos de trabajo	4	3	2 2	1	0	2
70	Dificultan el logro de los resultados del trabajo	4	3	2	1 1	0	1
71	Cooperan poco cuando se necesita	4	3	2	1 1	0	1
72	Ignoran las sugerencias para mejorar su trabajo	4	3	2	1 1	0	1

Ilustración 3 Resultados generales promedio al aplicar la Guía III. Fuente: Elaboración propia.

 ISSN 2007-8102

Los resultados de cada cuestionario se evalúan conforme a los rangos establecidos en la NOM-035-STPS-2018, donde la empresa obtuvo una calificación de 79 lo que conforme al criterio para la toma de acciones de la NOM-035-STPS [1], es considerado Medio en cuanto a la prevención de riesgos psicosociales (Ver Ilustración 4).

GRUPO DE ITEMS POR DIMENSIÓN, DOMINIO Y CATEGORÍA

Categoría	Valor por Categoria	Dominio	Valor por Dominio	Dimensión	Ítems	Valor por Dimensión
Ambiente de trabajo	0	Condiciones en el ambiente de trabajo	0	Condiciones peligrosas e inseguras	1,3	0
				Condiciones deficientes e insalubres	2,4	0
Nulo		**Nulo**		Trabajos peligrosos	5	0
Factores propios de la actividad	46	**Cargas de trabajo**	34	Cargas cuantitativas	6,12	6
				Ritmo de trabajo acelerado	7,8	7
				Carga mental	9,10,11	9
				Cargas psicológicas emocionales	65, 66, 67, 68	6
				Cargas de alta responsabilidad	13,14	2
		Alto		Cargas contradictorias o inconsistentes	15,16	4
		Falta de control sobre el trabajo	12	Falta de control y autonomía sobre el trabajo	25,26,27,28	10
				Limitada o nula posibilidad de desarrollo	23,24	0
				Insuficiente participación y manejo del cambi	29,30	2
Alto		**Bajo**		limitada o inexistente capacitación	35,36	0
Organización del tiempo de Trabajo	9	Jornada del trabajo	3	Jornadas de trabajo extensas	17, 18	3
		Medio				
		Interferencia en la relación trabajo-familia	6	Influencia del trabajo fuera del centro laboral	19,20	5
Medio		**Bajo**		influencia de las responsabilidades familiares	21,22	1
Liderazgo y relaciones en el trabajo	20	**Liderazgo**	14	Escaza claridad de funciones	31, 32, 33, 34	4
		Medio		Características del liderazgo	37, 38, 39, 40, 41	10
		Relaciones en el trabajo	5	Relaciones sociales en el trabajo	42,43,44,45,46	0
		Nulo		Deficiente relación con los colaboradores que supervisa	69, 70, 71,72	5
		Violencia	1	Violencia Laboral	57, 58, 59, 60, 61, 62, 63, 64	1
Bajo		**Nulo**				
Entorno organizacional	4	**Reconocimiento del desempeño**	2	Escaza o nula retroalimentación del desempeño	47,48	0
		Nulo		Escaza o nulo reconocimiento y compensación	49, 50,51, 52	2
		Insuficiente sentido de pertenencia e inestabilidad	2	Limitado sentido de pertenencia	55, 56	0
Nulo		**Nulo**		Inestabilidad laboral	53, 54	2
	79		79			79
	Medio					

Ilustración 4 Resultados de cada cuestionario se evalúan conforme a los rangos. Fuente: Elaboración propia.

Discusión

Al aplicar la guía de referencia I, se propone que el 11% de los trabajadores que fueron sujetos a acontecimientos traumáticos severos, reciban atención especializada por parte de psicólogo, que le brinde al trabajador, propuestas que le permitan superar esa situación para que logre su propio desarrollo humano.

Al aplicar los cuestionarios de la guía de referencia III, la empresa obtuvo una calificación de 79 lo que conforme al criterio para la toma de acciones de la NOM-035-STPS, es considerado Medio y la norma plantea que se requiere revisar la política de prevención de riesgos psicosociales y realizar programas para la prevención de los factores de riesgo psicosocial, la promoción de un entorno organizacional favorable y la prevención de la violencia laboral, así como reforzar su aplicación y difusión, mediante un programa de intervención.

Conclusiones

Conforme la NOM-035-STPS se considera un resultado medio y a partir de ahí se plantea la propuesta de aplicar la mejora continua, integrando a las políticas organizacionales, políticas sobre la prevención de riesgos psicosociales; integrando al programa para la atención de los FRP las áreas de trabajo y/o los trabajadores. Las acciones están establecidas en el capítulo 8 de la NOM [1], con las siguientes recomendaciones:

- Conforme a la Norma se requiere que el resultado de la identificación y análisis de los FRP y la evaluación del entorno organizacional esté disponible para consulta de los trabajadores.
- Realizar cada dos años la identificación y análisis de los FRP y la evaluación del entorno organizacional.
- Realizar protocolo para el manejo de la información confidencial.
- Hacer un video introductorio difundiendo que la empresa está apegada a la NOM 035-STPS-2018 y transmitirlo a cada uno de los trabajadores y visitantes. Teniendo una lista donde firmen los trabajadores y visitantes de que vieron el video y se apegarán a él.
- Para prevenir la violencia impartir cursos de desarrollo humano.
- Brindar inducción a los colaboradores incluyendo el tema de la NOM-035-STPS-2018
- Fortalecer mediante capacitación el tema de la NOM-035-STPS-2018 entre los colaboradores.

Agradecimientos

Los investigadores agradecemos a la empresa y al Tecnológico Nacional de México / TES Cuautitlán Izcalli por permitir realizar y divulgar los resultados de la investigación.

Referencias

[1] Diario Oficial de la Federación, “NOM-035-STPS-2018”, 2018, [Online], Disponible: https://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5541828&fecha=23/10/2018

[2] Secretaría del Trabajo y Previsión Social, “Organización Internacional del Trabajo”, 2020, [Online], Disponible: https://www.gob.mx/stps/articulos/sabes-que-es-la-organizacion-internacional-del-trabajo.

[3] Secretaría del Trabajo y Previsión Social, “NOM-035-STPS-2018”, 2019, [Online], Disponible: https://www.gob.mx/stps/articulos/norma-oficial-mexicana-nom-035-stps-2018-factores-de-riesgo-psicosocial-en-el-trabajo-identificacion-analisis-y-prevencion

Impacto productivo de una empresa disminuyendo el producto no conforme

E. Covarrubias Ramírez[1], E. Cerda Rocriguez[2], B. Guerrero Vázquez[3], M. Gallegos López[3,] A.V. Velez.Martinez[4]*

[1]Departamento de Ciencias Económico-Administrativas, Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico de San Luis Potosí, Ave. Tecnológico S/N, Col. UPA, C.P. 78437, Soledad de Graciano Sánchez, San Luis Potosí,

[2]Departamento de Ciencias Básicas, Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico de San Luis Potosí, Ave. Tecnológico S/N, Col. UPA, C.P. 78437, Soledad de Graciano Sánchez, San Luis Potosí

[3]Departamento de Sistemas y Computación, Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico de San Luis Potosí, Ave. Tecnológico S/N, Col. UPA, C.P. 78437, Soledad de Graciano Sánchez, San Luis Potosí

[4]Estudiante de la carrera de Ingeniería en Gestión Empresarial, Departamento de Ciencias Económico-Administrativas, Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico de San Luis Potosí, Ave. Tecnológico S/N, Col. UPA, C.P. 78437, Soledad de Graciano Sánchez, San Luis Potosí,

**eliscova@yahoo.com.mx*

***Área de participación**: Ingeniería Administrativa*

Resumen

El presente proyecto se llevó a cabo en una empresa de acero en la Ciudad de San Luis Potosí, que produce varillas de 3/8", ½" y 5/8" para la construcción, como una propuesta para reducir la cantidad de varilla corrugada, que se envía como varilla de segunda por incumplimiento de los requerimientos del cliente, y en base a la norma NMX-B-506-CANACERO-2011; aplicando herramientas de control de calidad, para disminuir las mermas originadas por defectos; tomando muestras, identificando las no conformidades más frecuentes de acuerdo a la norma y analizando las causas que permitan determinar el impacto en la productividad de la empresa, y así lograr identificar la causa raíz para proponer la solución, implementando procedimientos, diagramas, ayudas visuales, y elaborando un AMEFP (Análisis de los Modos y Efectos de Fallas Potenciales), con el objetivo de reducir el producto no conforme y aumentar la productividad de la empresa.

Palabras clave: *Productividad, Varilla corrugada, Producto no conforme*

Abstract

This project was carried out in a steel company in the City of San Luis Potosí, which produces 3/8 ", ½" and 5/8 "rods for construction, as a proposal to reduce the amount of rebar , which is sent as a second-rate rod due to non-compliance with the client's requirements, and based on the NMX-B-506-CANACERO-2011 standard; applying quality control tools, to reduce losses caused by defects; taking samples, identifying the most frequent non-conformities according to the standard and analyzing the causes that allow to determine the impact on the productivity of the company, and thus identify the root cause to propose the solution, implementing procedures, diagrams, visual aids, and preparing an FMEA (Analysis of the Modes and Effects of Potential Failures), with the objective of reducing the non-conforming product and increasing the productivity of the company.

Key words: *Productivity, Corrugated rod, Nonconforming product*

Introducción

En México la industria de la construcción es una de las que más ha crecido en los últimos años. La diversidad de materiales de origen mineral o metálico que se utilizan para construir todo tipo de edificaciones es muy amplia. Las varillas fabricadas con acero con demasiadas impurezas no tendrán una buena adhesión con el concreto, lo que disminuirá la resistencia de la estructura. La corruga de las varillas influirán en el agarre con el concreto, dependiendo de la distancia entre las corrugas y el grosor de las mismas, será mayor o menor en agarre. Por tanto, se necesita saber cuál es el defecto más recurrente y con mayores reclamos, que se

presentan en la varilla. En nuestro país hay empresas expertas en la fabricación de varilla de acero para refuerzo de concreto. Tal es el caso de la empresa donde se desarrolló el proyecto, la cual fabrica varillas corrugadas para refuerzo de concreto en base a la norma NMX-B-506-CANACERO-2011, [1] en donde se establecen las dimensiones en diámetro y masa, así como su perímetro y área del segmento transversal.
En este proyecto se hace énfasis en la calidad de la fabricación de la varilla corrugada para refuerzo de concreto, desarrollando estrategias, las cuales permitan tener un mejor control de calidad. La varilla de acero corrugada se produce a partir de palanquillas o billet es una forma de acero semi-terminado que se utiliza para productos "largos": barras, canales u otras formas estructurales. [2]
El proceso de laminación que se lleva a cabo para la varilla de acero corrugada consiste en las siguientes actividades:

- Horno de recalentamiento (1,000°C - 2,000°C). Las fabricaciones de las varillas corrugadas deben laminarse en caliente a partir de palanquilla con identificación por colada, mediante un horno de recalentamiento (las palanquillas se introducen a una temperatura de 1,200° aproximadamente). [2]
- Tren de laminación que está constituido por: una o más cajas de laminación, repetidor, caja reductora y motor [3].
- Molinos de desbaste "DUOS del #1 al #100": Reducen el grosor de la palanquilla de un 80% a un 70%. la laminación consiste en la reducción de la sección transversal de un material, al hacerlo pasar entre dos rodillos cilíndricos que giran en sentido opuesto, estos cilindros producen la deformación plástica del material por medio de esfuerzos de compresión y corte, la unidad básica a través de la cual se realiza el proceso se denomina caja de laminación, está constituida por el bastidor, chumaceras, medios de accionamiento y sistemas de ajuste de la apertura de los rodillos, así como de otros elementos auxiliares tales como las guías de entrada y salida.
- Laminador o arreglo dúo, es la disposición más antigua, sencilla y versátil, ya que se emplea tanto en desbaste como en acabado, consiste en dos rodillos que giran en sentido opuesto, cuyo eje de rotación es horizontal, y están contenidos en un mismo plano vertical. [3].
- Mesa de enfriamiento: Brinda soporte a la caída de la varilla cada ciclo "colada" que termina cada 60 varillas. su función principal es enfriar la varilla corrugada de acero de 70m, a una temperatura ambiente, la mesa contiene tableros de control eléctrico; los cuales están compuestos por contactares, drives, terminales, cableado. [4]

El reto de la empresa es adquirir mayor competitividad a través de productos de alta calidad a bajo coste, para conseguir sus objetivos, que se podrían resumir en la máxima de hacer las cosas bien a la primera, es necesario aplicar nuevas técnicas de dirección que integren aspectos técnicos y humanos con la finalidad de reducir al mínimo los rechazos de material, repetición de trabajos, sobrecarga de inventarios, etc. [5]; también lograr una mayor Productividad que como menciona [6], es un indicador relativo que mide la capacidad de un factor productivo, para crear determinados bienes, y que al incrementarla se logran mejores resultados. Es usado como indicador para medir la situación real de la economía de una industria o de un país. Una mejora en la productividad puede reducir los precios, por lo que aumenta la demanda y por lo tanto mayores beneficios.
Otro de los objetivos, está relacionado con la calidad y es la 'satisfacción del cliente' [7], en este sentido, puede resultar difícil descubrir las necesidades y expectativas de los clientes, ya que quizás no se conozca en un principio cuáles son, y sólo identificarlas cuando ya se ha utilizado el producto o servicio. [8]

Las herramientas que se utilizaron en el desarrollo de este proyecto son:

- El diagrama de Pareto. Es utilizado para determinar prioridades para ciertas actividades que impulsen el control total de la calidad, que ordena las causas según su importancia de mayor a menor, lo que muestra claramente que algunas destacan mucho más que las otras. Es una gráfica de barra que muestra la frecuencia relativa de problemas en un proceso. [9]
- El Diagrama Causa Efecto. [10] Es una técnica sencilla, también conocido como diagrama de Ishikawa o de espina de pescado por la similitud de su apariencia física con la de un esqueleto de un pez, es el resultado de la implementación de la técnica de brainstorming en donde todos los miembros del grupo ofrecen ideas innovadoras sobre cómo mejorar un producto, proceso o servicio. [11]
- Diagrama de flujo. Diagramar es representar gráficamente hechos, situaciones, movimientos, relaciones o fenómenos de todo tipo por medio de símbolos que clarifican la interrelación entre diferentes factores y/o unidades administrativas, así como la relación causa-efecto que prevalece entre ellos. [12]
- Análisis de modo y efectos de falla potenciales "AMEFP", donde se identifican los requerimientos para cada proceso/función e identifica sus posibles fallas; los requerimientos son salidas o resultados de cada operación/paso, estos ofrecen una descripción de lo que debería lograrse ya que ofrece al equipo las bases para identificar modos de fallas potenciales. [13]

 ISSN 2007-8102

Metodología

Para el desarrollo de este proyecto, se llevaron a cabo las siguientes etapas:

1) Se realizó la recolección de datos en campo para hacer una comparativa en cuanto a los estándares establecidos en las normas NMX-B-506-CONACERO-2011, NMX-C407 y ASTM-A615, y así saber si el proceso cumple con los parámetros establecidos en dichas normas.
   También se identificaron las variables relevantes para confeccionar hojas o planillas de registro, tomando los datos de la producción de un mes como un diagnóstico y detección del defecto más recurrente en la varilla corrugada para refuerzo de concreto; se tabularon los datos, calculando la frecuencia acumulada en porcentaje para obtener el resultado del defecto que se repite en más ocasiones en cada una de las varillas que se fabrican. (Fig. 1, 2 y 3)

PRODUCTOS DEFECTUOSOS				
VARILLA DE 1/2				
TIPO DE DEFECTO	FRECUENCIA EN KG	%	ACUMULADO	% ACUMULADO
PUNTAS CORTAS	3,442	48%	3,442	48%
VARILLA LISA	2,211	31%	5,653	80%
COSTILLA GRANDE	1,450	20%	7,103	1
REBABA				
DESPOSTILLADO				
OVALADA				
TOTAL	7,103	100%		

Figura 1. Frecuencia y % de principales defectos de varilla de ½”

PRODUCTOS DEFECTUOSOS				
VARILLA DE 3/8				
TIPO DE DEFECTO	FRECUENCIA EN KG	%	ACUMULADO	% ACUMULADO
VARILLA LISA	46,531	60%	46,531	60%
REBABA	21,363	28%	67,894	88%
PUNTAS CORTAS	7,719	10%	75,613	98%
COSTILLA GRANDE	1,450	2%	77,063	100%
DESPOSTILLADO				
OVALADA				
TOTAL	77,063			

Figura 2. Frecuencia y % de principales defectos de varilla de 3/8”

PRODUCTOS DEFECTUOSOS				
VARILLA DE 5/8				
TIPO DE DEFECTO	FRECUENCIA EN KG	%	ACUMULADO	% ACUMULADO
DESPOSTILLADO	4,000	72%	4,000	72%
VARILLA LISA	1,564	28%	5,564	100%
PUNTAS CORTAS				
COSTILLA GRANDE				
REBABA				
OVALADA				
TOTAL	5,564			

Figura 3. Frecuencia y % de principales defectos de varilla de 5/8”

2) Se realizó un de diagrama de Pareto para cada tipo de varilla, para lo cual, se analizó el registro de la cantidad de varilla que se manda como segunda con los principales defectos de la varilla, para identificar el problema más recurrente y atacarlo de raíz. La varilla de 5/8” es la que se fabrica con menor frecuencia, por el grosor que es diferente al de las otras varillas, siendo el despostillamiento su mayor falla. En las de ½” el mayor defecto fueron las puntas cortas, seguido muy de cerca de la varilla lisa. (Fig. 4, 5 y 6)

En la de 3/8” el principal defecto es la varilla lisa, seguido de las que presentan rebaba.

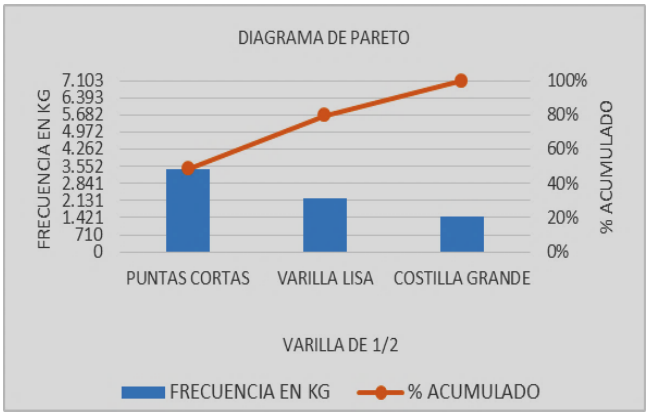


Figura 4. Principales defectos de varilla de ½”

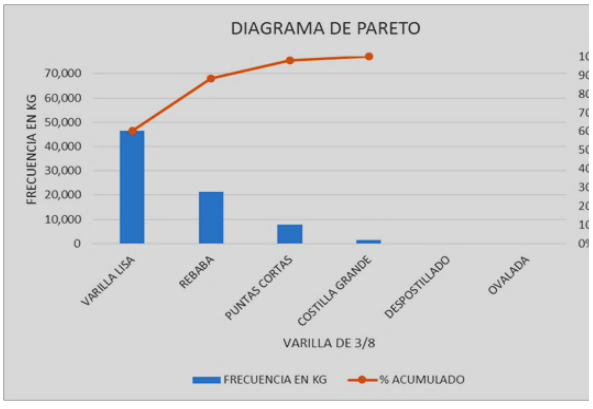


Figura 5. Principales defectos de varilla de 3/8”

 ISSN 2007-8102

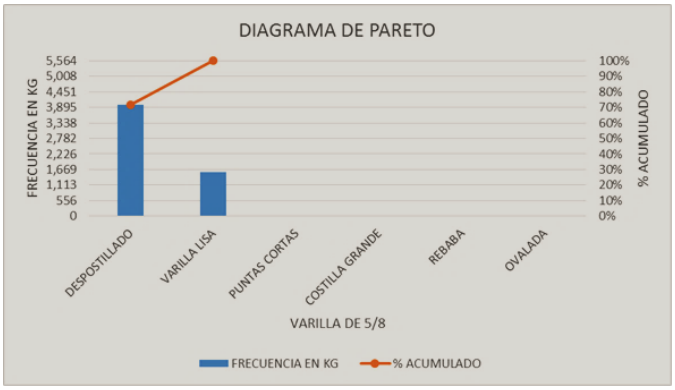


Figura 6. Principales defectos de la varilla de 5/8”

3) Se elaboró un diagrama de Ishikawa con todos los datos que se recabaron, para conocer la causa raíz de los problemas que se presentan en el proceso de fabricación de la varilla corrugada de acero para refuerzo de concreto, y, que nos ayuden a comprender de qué forma lo podemos evitar para que no siga ocurriendo. (Fig. 7)

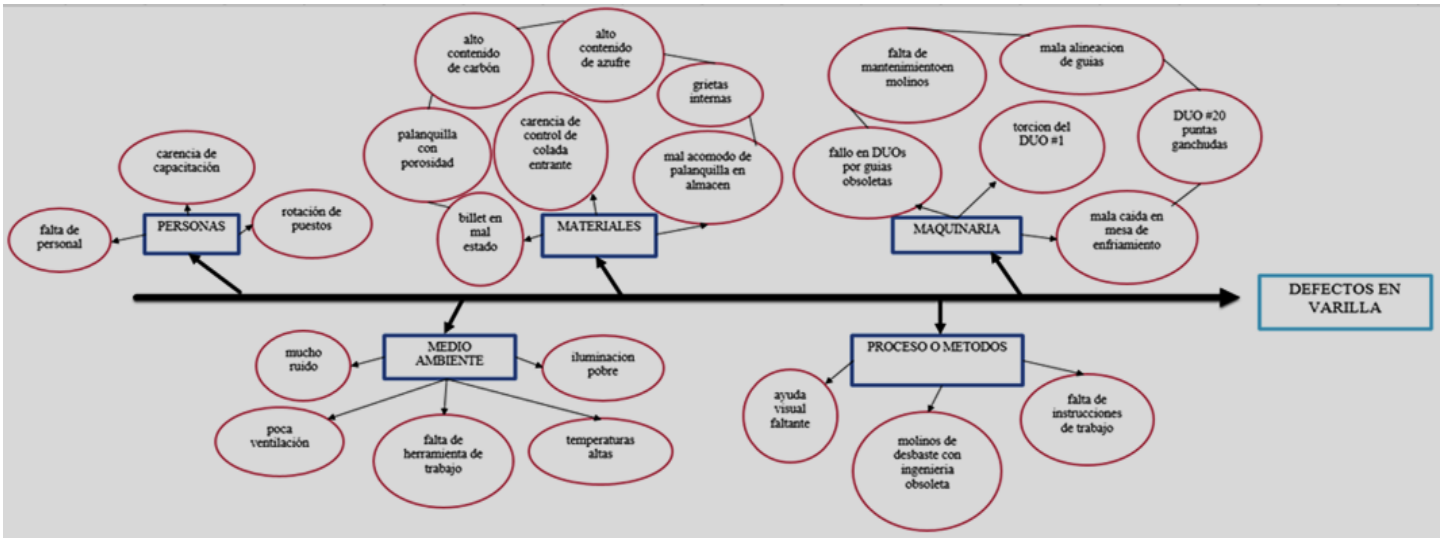


Figura 7 Diagrama de Ishikawa con las posibles casusas de defecto en el proceso de fabricación

4) Determinar cuáles son los parámetros que se presentan en cuanto a la medida del espesor de la costilla en varillas de 3/8”, ½” y 5/8”, por lo que se llevó a cabo la medición de 100 muestras de varilla de 10 cm de largo de cada uno de los calibres, que fueron tomadas de los registros que se llevan a cabo cada hora por auditores del departamento de Calidad. Elaborándose tablas de cada una y obteniendo las gráficas siguientes para poder identificar la variabilidad y ocurrencia de los defectos en cada uno de los calibres con los límites máximo, mínimo y la media, analizando los puntos críticos que aparecen en las gráficas. (Fig. 8,9 y 10)

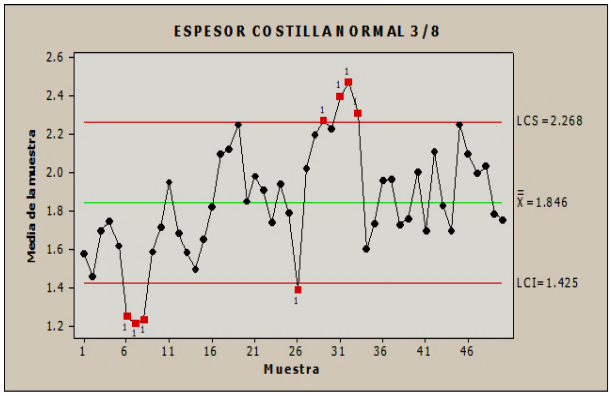


Figura 8 Resultados de la media, máximo y mínimo del espesor de costilla de varilla 3/8” normal, obtenidos de los datos de la tabla

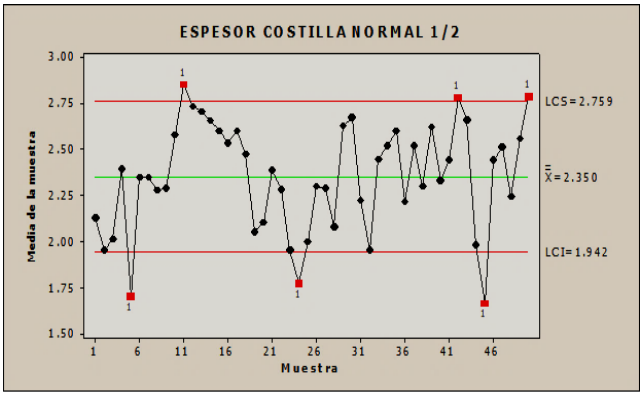


Figura 9 Resultados de la media, máximo y mínimo del espesor de costilla de varilla ½” normal, datos obtenidos de acuerdo a la tabla

 ISSN 2007-8102

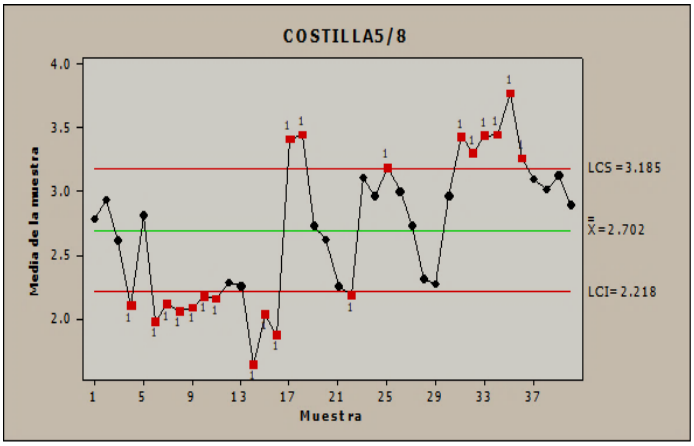


Figura 10 Resultados de la media, máximo y mínimo del espesor de costilla de varilla 5/8", obtenidos a partir de la tabla.

5) De acuerdo a los resultados obtenidos, se verificó si existían procedimientos en las áreas de calidad para que los auditores o supervisores los aplicaran, y como no existían se propusieron los siguientes cada uno con su diagrama:

- Procedimiento para la recepción de turno del analista (auditor de calidad),
- Procedimiento de las actividades del supervisor de dobladoras
- Procedimientos para la toma de muestras: por hora, de doblez y para pruebas de tensión

6) Se realizó una lista con todas las actividades del proceso de laminación que es una de las más importantes, con el objetivo de identificar de manera rápida y sencilla los puntos críticos donde surgen las principales problemáticas, durante el proceso de fabricación de varilla corrugada, se tuvieron que realizar los diagramas del proceso de laminación de varilla doblada y lineal dado que el departamento de Producción no cuenta con un procedimiento y diagrama de flujo de ambos. Por tanto, para poder hacer el AMEFP se recurrió a la creación y propuesta de procedimientos y diagramas de cada uno, presentando un ejemplo a continuación:

Proceso de laminación

1) Recepción de materia prima 'billet'.
2) Acomodo de billet en el almacén por proveedor y color.
3) Acomodo de palanquilla en el área de empuje del horno, por medio de personal de grúas.
4) Empuje de palanquilla al horno por parte de personal empujador.
5) Introducción del billet al horno con empujador hidráulico por parte del personal de pulpito.
6) Deshornador desplaza la palanquilla hacia los molinos de desbaste, a través del camino de rodillos.
7) La palanquilla es desplazada hacia los DUOS de desbaste del #1 al #10, presionada entre dos rodillos cilíndricos que giran en sentido opuesto.
8) Inspección del ancho y espesor por el operador 'laminador' 3 veces por turno.
9) El billet es desplazado hacia la cizalla cortadora 'despuntadora CV40'.
10) Por medio de un repetidor se cambia el sentido de la dirección hacia la entrada de DUOS acabadores del #13 al #14.
11) La palanquilla pasa por un bucle quita tensión.
12) Jefe de turno inspecciona el proceso de laminación, revisando el espesor, alargamiento y tensión.
13) El billet entra al DUO #15 hasta el DUO #16 de acabadores.
14) La palanquilla pasa por un bucle quita tensión,
15) El billet se desplaza hacia el DUO #17.
16) La palanquilla pasa por un bucle quita tensión.
17) El billet se desplaza hacia los DUOS #18, #19, y #20 este último le da el acabado final a la varilla.
18) La varilla con corruga, costilla y diámetro especificado, que sale del acabador #20 se transporta la varilla por medio de un camino de rodillos a la CV30 y es cortada con a una medida estándar cada 60m.
19) La varilla es colocada en la mesa de enfriamiento mediante el cursor.
20) Se transporta la varilla gracias a una mesa basculante hacia las cadenas transferidoras.
21) Se realiza una inspección de la varilla, midiendo el diámetro, altura de corruga, costilla, por parte del personal de Calidad.
22) La varilla se pasa a zona de dobladoras o lineal dependiendo el tipo de varilla.

 ISSN 2007-8102

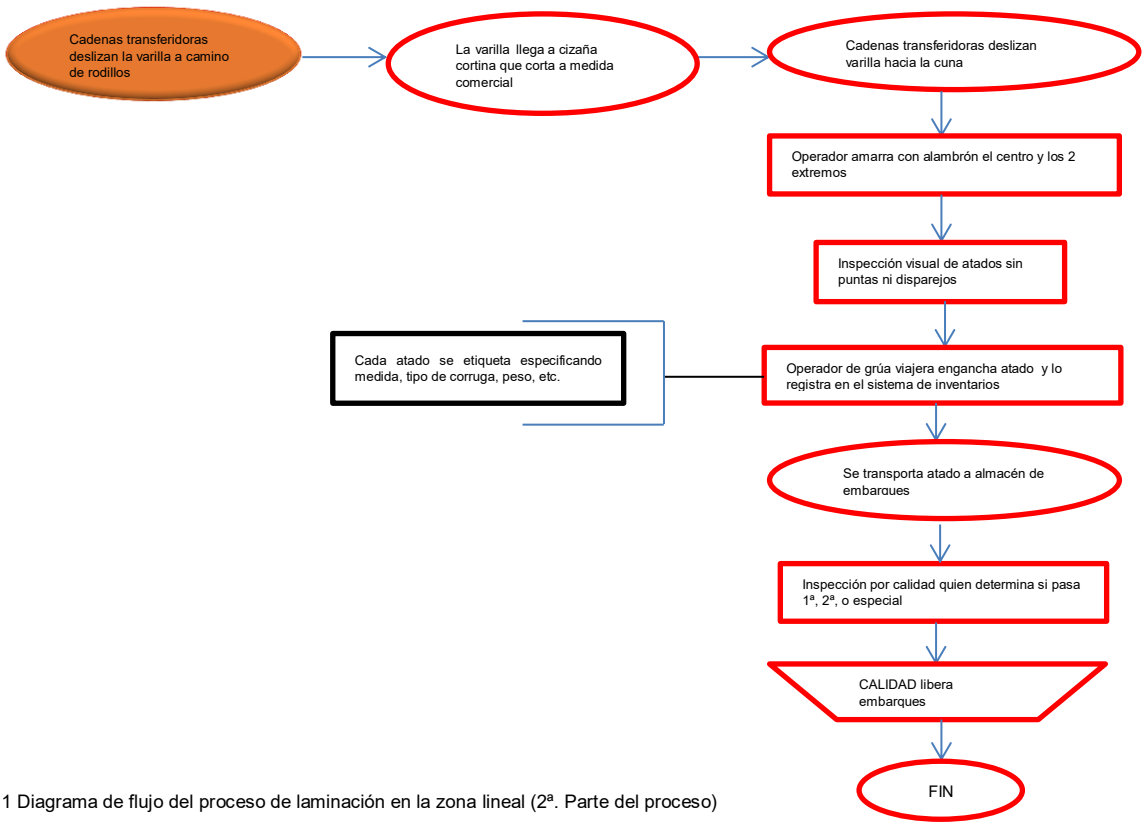


Figura 11 Diagrama de flujo del proceso de laminación en la zona lineal (2ª. Parte del proceso)

Con la realización de las actividades anteriores, se logró obtener rápidamente los puntos críticos y posibles modos de fallas potenciales; también, se obtuvieron del llenado de los formatos AMEFP tomando como base información real de la empresa y proponiendo mejoras para su implementación; se identificó la causa raíz del defecto por varilla lisa, que se encuentra en los DUOS #15 y #16; por lo tanto, al prestar atención a las problemáticas que se presentaron, y apoyándose en las propuestas de mejora, se logró disminuir en gran medida las varillas de segunda. En la figura siguiente, se presenta un ejemplo de los AMEFP's que se implementaron.

ANALISIS DE MODOS Y EFECTOS DE FALLAS POTENCIALES (AMEF DE PROCESOS).

Item:						Responsabilidades de proceso:						Numero de AMEF:					
Fecha programada de AMEF:																	
FUNCIÓN	REQUERIMIENTO	MODO DE FALLA POTENCIAL	EFECTOS POTENCIALES	SEVERIDAD	CLASIFICACIÓN	CAUSAS POTENCIALES DE LA FALLA	DISEÑO ACTUAL				RPN	ACCIONES RECOMENDADAS	RESPONSABILIDADES Y FECHAS DE TERMINACION	RESULTADO DE LAS ACCIONES			
							CONTROLES DE PREVEENCIÓN	OCURRENCIA	CONTROLES DE DETECCION	DETECCIÓN				SEVERIDAD	OCURRENCIA	DETECCIÓN	NPR
Introducción de billet al DUO #15 molino de desbaste.	La palanquilla debera llenar completamente el calibre entre los dos rodillos en forma de un rombo.	la palanquilla es introducida de pase a pase a cierta velocidad, esto provoca que los calibres se desgasten, por tanto tienden a perder su forma.	Los calibres del DUO #15 pierden la forma de rombo, al momento de pasar al DUO #16, el billet pierde su capacidad para enviar el material necesario.	8		No se verifica en la pantalla de pulpito el limite de barras que los calibres estan capacitados para laminar. No se realiza el cambio de calibre por parte del Jefe de turno por evitar un paro de producción. Diferencia de criterio entre los turnos. Falta de rutina organizada.	Revisar la pantalla del panel de control de pulpito, cuantas barras ha laminado cada par de rodillos, estas se cargan en el sistema por campaña de producción, el cual manda una alarma de vencimiento. No se debe permitir que el calibre se desgaste.	1	El desgaste de calibres se detecta en el muestreo con pedazos de barra, y se debe realizar cada cambio de turno.	7		Los rodillos se tienen que cambiar cuando lleguen al limite de barras laminadas, para conservar las figuras en dimensiones. Mejora de practicas operacionales y gestión de la rutina (control de pases de laminación, Check list operacional del tren de laminacuión, estandarización de parametros).	Departamento de producción. Jefe de turno. Laminador.	8	1	7	56

Figura 12 Formato de AMEFP - Análisis de los Modos y Efectos de Fallas Potenciales. (Creación propia)

 ISSN 2007-8102

Imagen	Defecto	Causa	Solución	Status
	Material liso	*Falta de material *Calibre acabador desgastado	*Regular material *Cambiar cable de acabador	Segunda
	Marca de tubo de salida Duo 20	*Desgaste en acabadores por tubo pegado a calibre	*Ajustar acabadores	Segunda
	Corruga lisa	*Desgaste de acabador	*Ajuste de acabador	Segunda
	Porosidad en varilla	*Falta de agua en el acabador	* Regular agua en acabador	Segunda
	Desfasada	*Rodillos del acabador desfasado	*Ajustar rodillos del acabador	Segunda
	Material volteado	*Se abre la caja del acabador	*Paro para cambio de acabador	Segunda

Figura 13 Tabla de defectologia de varilla de 2ª. (Creación propia)

7) Se creó una ayuda visual de defectologia del producto, en donde se explican los defectos de la varilla corrugada para refuerzo de concreto, y se tiene una causa, una solución y sobre todo el status que se le asignara para el control del producto terminado. Es aplicable a “varillas en todos sus calibres”.

Resultados y discusión

En la siguiente tabla se hace el comparativo de la varilla de segunda durante seis meses, en la fila marcada con color amarillo, se tiene el tonelaje por mes de varilla corrugada que se manda como segunda por defectos de laminación como lo son: varilla por despostillamiento, varilla lisa y puntas cortas, se detectó que al haber aplicado las mejoras propuestas en este proyecto, las cuales fueron en primera instancia, la detección del defecto encontrado en los 3 tipos de varilla en base al diagrama de Pareto y a partir del diagrama de Ishikawa, fue *varilla lisa*, seguido por el *despostillamiento* en un alto porcentaje en la verilla de 5/8 los cuales se han reducido mes con mes, con un promedio de 4.366 toneladas menores al mes anterior.

BILLET 2019

MES	PRODUCCION VARILLA 2 DA.	PRECIO DE VARILLA 2 DA POR TON	PRECIO VARILLA ($$) POR MES	DIFERENCIA DE VARILLA 1RA POR 2 DA POR TON	PRECIO VARILLA ($$) POR MES
junio	62.077	$ 11,450.00	$ 710,781.65	$ 760.00	$ 47,178.52
julio	56.837	$ 10,730.00	$ 609,861.01	$ 1,320.00	$ 75,024.84
agosto	51.597	$ 10,890.00	$ 561,891.33	$ 730.00	$ 37,665.81
septiembre	46.878	$ 10,620.00	$ 497,844.36	$ 640.00	$ 30,001.92
octubre	39.964	$ 9,910.00	$ 396,043.24	$ 920.00	$ 36,766.88
noviembre	35.876	$ 9,930.00	$ 356,248.68	$ 580.00	$ 20,808.08
TOTALES	293.23	$ 63,530.00	$3,132,670.27	$ 4,950.00	$ 247,446.05

Figura 14 Cierre de semestre en cantidades monetarias de varilla de segunda

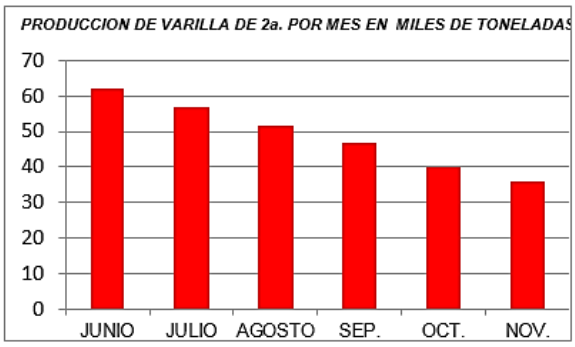


Figura 15 Producción e toneladas por mes en varilla de 2ª.

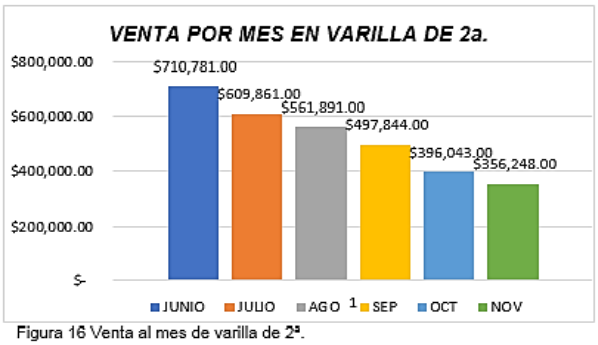


Figura 16 Venta al mes de varilla de 2ª.

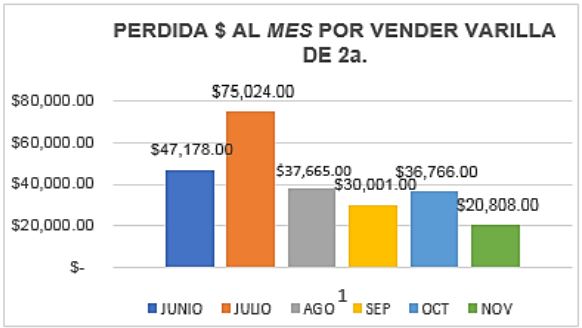


Figura 17 Pérdida al mes por vender varilla de 2ª. comparada con la de 1ª

Con la implementación de las acciones señaladas en el concentrado de los AMEFP’s (Fig.18) y la elaboración del manual de cómo colocar las guías y su capacitación correspondiente, así como la verificación cada mes por los departamento de calidad, eléctrico y mantenimiento y de los auditores por turno según corresponda, como se muestran en los AMEFP’s en cada una de las áreas de oportunidad; todo esto en base a la norma NMX-B-506-CONACERO-2011, aplicando los procedimientos desarrollados e implementados de las pruebas de doblez, y el procedimiento para realizar las pruebas de tensión en el laboratorio de Calidad, nos lleva a una mejora en el proceso de producción, y una reducción de producto no conforme como se muestra en las gráficas. Aplicándose también un Layout de la zona de dobladoras para una mejor distribución y control de los atados con el fin de rescatar la varilla de atados disparejos que son recuperables, separando los atados con

puntas cortas o defectos de laminación para así marcar la menor cantidad posible de atados de segunda. Todo lo anterior con el objetivo de mejorar la productividad de la empresa.

FUNCION	FALLAS	CAUSAS	CONTROLES	ACCIONES	RESPONSABLES
Empujador de palanquilla que alimenta al horno	Fuga de aceite. Aceite caliente Falla motor por quemaduras	Falta de Mantenimiento. Mala instalación. Se queda sin aceite	Verificar c/mes: fusibles, arrancador eléctrico, motor, válvula direccional	Calidad verifica Mantenimiento. del Depto. Eléctrico por medio de un check list	Jefes de los departamentos de Calidad y Eléctrico
Introducción de palanquilla y acomodo en almacén	Palanquilla con alto contenido de carbono y poco manganeso	No se inspeccionaron los certificados de químicos por parte de calidad	Revisar los certificados de químicos por proveedor y colada, que se encuentren dentro del parámetro	Antes de introducir el billet a almacén revisar los químicos en el área de bascula. Llevar registro de la palanquilla que se va a introducir al horno p/tener un control de coladas e identificar billet en mal estado y su proveedor	Jefe de departamento de calidad. Personal de calidad. Personal gruista Personal de bascula
Introducción de billet al DUO 15 molino de desbaste	Los calibres se desgastan y pierden su forma por la introducción de la palanquilla a cierta velocidad	No se verifica en la pantalla de pulpito que los calibres están capacitados p/laminar. No se realiza en cambio de calibre en cada turno p/evitar un paro. Diferencia de criterios entre turnos	El desgaste der calibre se detecta en el muestreo con pedazos de barra, y se debe realizar cada cambio de turno	Los rodillos se deben cambiar al llegar al límite de barras laminada para conservar las figuras en sus dimensiones. Mejorar las practicas operacionales y gestión de la rutina (control de pases de laminación, Check list operacional del tren de laminación, estandarización de parámetros	Departamento de producción. Jefe de turno Laminador
Introducción de billet al DUO 16 molino de desbaste	Las guías pueden estar desalineadas. Las 4 rodajas internas de la guía pueden quedar flojas o apretadas. Diferencia de revoluciones muy pronunciada entre pase y pase la varilla se ondea	Guías desalineadas Rodajas en mal estado Las dimensiones del material están mal calibradas al abrir y cerrar los pases. No es la misma persona quien calibra las guías	La mala alineación de guías se detecta en el muestreo con pedazos de barra y se debe realizar cada cambio de turno	Verificar que las quías estén fijas, con un escantillón o probeta, se puede medir la forma del pase y verificar que las rodajas estén bien ajustadas. Elaborar un manual de como colocar las guías correctamente	Departamentos de: Guías Producción, Jefe de Turno, Laminador

Figura: 18 Concentrado de los 4 AMEFP's elaborados con las acciones implementadas y los responsables de cada una

Conclusiones

Al estar aplicando los procedimientos y sus diagramas correspondientes, por cada auditor de calidad, así como los AMEFP's con sus acciones propuestas, y registrando todas las pruebas necesarias según lo marca la norma NMX-B-506-CONACERO-2011, así como tener bien identificado las fallas en la producción de varilla mediante la tabla de defectologia que le permita identificar en donde se encuentran los problemas y tener comunicación con el área de producción para que los laminadores realicen los ajustes correspondientes.

Al aplicarse estas técnicas, los procedimientos y las ayudas visuales se logró una reducción promedio de 4,366 toneladas al mes de varilla de 2ª pasando a ser varilla de 1ª, logrando reducir cada mes la producción de varilla de segunda, con el consecuente aumento en las ventas de varilla de primera a un mejor precio aumentando la productividad de la empresa.

Referencias

[1] C. N. d. l. I. d. H. y. d. Acero, Norma Mexicana NMX-B-506-CANACERO-2011, México: Organismo Nacional de Normalización, 2011.

[2] R. Coda, «Proceso de laminación, PDF de curso impartido a Grupo Acerero San Luis Potosí,» Porto Alegre, Brasil, 2018.

[3] L. Manriquez Narváez, Laminación en caliente para productos no planos, San Luis Potosí, México: Universidad Autónoma de San Luis Potosí, 1977.

[4] F. C. Carrillo, «Fabrique en inoxidable. ABC del inoxidable. Gráficos Laser Print.,» *Obtenido de https://iminox.org.mx/wp-content/uploads/2019/03/ABC_LIBRO-A.pdf,* 2012.

[5] L. Cuatrecasas, Gestión integral de la calidad, implantación, control y certificación, Barcelona: Profit, 2010.

[6] J. Miranda y L. Toirac, «INDICADORES DE PRODUCTIVIDAD PARA LA INDUSTRIA DOMINICANA,» *Ciencia y Sociedad,* vol. XXXV, nº 2, pp. 235-290, 2010.

[7] C. R. &. D. J. Gryna F., Método Juran, Análisis y planeación de la calidad. 5ª. Edición, Mexico, D.F.: McGraw-Hill, 2007.

[8] &. B. Revees, «La calidad del servicio y la satisfacción del consumidor,» *Revista Brasileira de Marketing,* p. 18, 1994.

[9] J. J. Guilló, «Calidad total, fuente de ventaja competitiva,» España; San Vicente del Raspeig: Universidad de Alicante: Departamento., 2000.

[10] K. Ishikawa, Introduction to Quality Control, Japan and North America: Chapman & Hall, 1989.

[11] &. G. G. D. Carro Paz Roberto, Administración de la calidad total, Argentina: Balnearia Bnaerense: Universidad Nacional del Mar del Plata., Sin Fecha.

[12] C. S. &. G. T. Camisón César, Gestión de la calidad: conceptos, enfoques, modelos y sistemas., Madrid: Pearson Educación, 2006.

[13] F. M. C. Chrysler LLC, Análisis de modos y efectos de fallas potenciales. 4ª. Edicion., AIAG, 2008.

La utilización del marketing 2.0 para el fomento de las ventas en las empresas restauranteras del centro de Tecomán

A. S. Cárdenas Villalpando[1], F. Preciado Álvarez[1], O. Mares Bañuelos[1], E. Macías Calleros[1], A. Arcega Ponce[1]

[1]Facultad de Contabilidad y Administración de Tecomán, Universidad de Colima, Carretera Colima-Manzanillo Kilómetro 40, Col. La Estación, C. P. 28934, Tecomán, Col., México.

*pime@ucol.mx

***Área de participación**: Ingeniería Administrativa*

Resumen

La presente investigación realiza una serie de encuestas a diversos restaurantes que se encuentran situados en la zona centro de Tecomán Colima, con el fin de identificar si conocen y aplican las estrategias del marketing 2.0. De esta manera, se presenta un diseño de investigación aplicada y un objeto de estudio descriptivo, no experimental, transversal y deductivo, y análisis de datos cualitativos. Se trabajó con una muestra de 95 restaurantes del centro de Tecomán. Los resultados nos indican que la mayoría de los restauranteros no conocen las herramientas del marketing 2.0, ni de lo que estas pueden llegar a ser de gran utilidad para los negocios, sin embargo, algunos de estos encuestados aplican algunas de estas estrategias sin saber que pertenecen a la rama del marketing 2.0, como lo son las redes sociales.

Palabras clave: *Estrategias de marketing, herramientas, actualización, conocimiento, investigación.*

Abstract

This research carries out a series of surveys to various restaurants that are located in the downtown area of Tecomán Colima, in order to identify whether they know and apply marketing 2.0 strategies. In this way, an applied research design and a descriptive, non-experimental, cross-sectional and deductive study object and qualitative data analysis are presented. We worked with a sample of 95 restaurants in the center of Tecomán. The results indicate that most of the restaurateurs do not know the tools of marketing 2.0, or what they can be very useful for businesses, however, some of these respondents apply some of these strategies without knowing that they belong to the branch of marketing 2.0, such as social networks.

***Key words**: Marketing strategies, Tools, Updating, Knowledge, Research.*

Introducción

En años recientes derivado de actividades profesionales, crecimiento poblacional y económico en el estado de Colima y propiamente en el municipio de Tecomán cada vez más se acrecienta el número de personas con diferentes hábitos de consumo y cambiantes necesidades de comer fuera de casa como resultado de ello el incremento de restaurantes y una competencia cada vez mayor entre ellos. En esta carrera por ganar la preferencia del consumidor los dueños o gerentes de los restaurantes deben considerar factores como el ambiente físico que se refiere a las facilidades físicas para ofrecer el nivel percibido de calidad de servicio que provee un restaurante según Stevens [34], la calidad de los alimentos que se refiere al sabor y la frescura que provee el restaurante Mostila [29], la orientación al cliente, precios competitivos y los niveles de comunicación e interacción entre restaurantes y clientes y viceversa. En todos estos factores se ve inmerso el Marketing para favorecer o fomentar las ventas. Es de mencionar que a través del tiempo las tecnologías de la información y comunicación han estado en constante evolución, las diversas formas de comprender el marketing en las empresas se han caracterizado por ser estratégicamente un beneficio para estas misma para Maqueira y Bruque [24] .Más allá de las técnicas que como empresa aplican para darse a conocer o para incrementar el número de ventas, existen nuevas estrategias por lo que, en este trabajo de investigación, se abordara el tema 'La utilización del marketing 2.0 para el fomento de las ventas en las empresas restauranteras del centro de

Tecomán''. El término marketing 2.0 es introducido para denominar una nueva forma de marketing que persigue construir con los clientes relaciones duraderas basadas en la confianza en dos niveles distintos: como primera parte en el nivel racional, mediante buenos productos, que posean la calidad y el precio adecuado, en segundo, basado en el nivel emocional, mediante una comunicación interactiva de doble vía que permita establecer y fortalecer esta relación de confianza con los clientes [24]. Pero que tanto conoce o utiliza el empresario restaurantero de Tecomán, colima esta tendencia ya diseminada ampliamente en el mundo, generando la pregunta de investigación del presente artículo ¿Qué técnicas o herramientas del marketing 2?0 utilizan las empresas del municipio de Tecomán? Con la finalidad de brindar asistencia profesional y académica de ser requerido, procurando una mayor competitividad en el sector.

Planteamiento del problema

En esta era digital y de un cambiante entorno económico, es deber de las empresas indagar en los gustos de los clientes, realizar investigaciones de mercados y saber las actuaciones de la competencia con el objetivo principal de lanzar productos y servicios que les generen mayores ingresos. El conocimiento de los productos y servicios que se ponen a la venta es una de las tareas más importantes para las personas que desean venderlos. La venta es una herramienta eficaz en determinadas etapas del proceso de compra, especialmente para llevar al consumidor a la fase de preferencia, convicción y compra. Los avances tecnológicos a partir del año 1989 punto de inflexión para la globalización, e inflexión para el marketing, porque los ordenadores personales habían entrado en el mercado de masas, y a principios de la década de los noventa, nace el Internet como complemento de ese gran potencial, el uso generalizado de ordenadores, el nacimiento de internet, los smartphones, la interconectividad e incluso la geolocalización han generado que las empresas comiencen a desarrollar estrategias y tácticas para que sus campañas de marketing lleguen a las personas clientes a través de los diferentes dispositivos en cualquier momento y lugar, buscando como objetivo vender sus productos y dar un mejor servicio e información detallada, en todos los canales disponibles. Recalcada la importancia de las ventas para las empresas se decidió realizar la investigación dentro de las empresas del municipio de Tecomán, ya que es importante que empleen el uso del marketing 2.0, para implementar el mayor número de ventas y clientes, ya que es una opción eficiente. Hoy en día se identifica el internet como una herramienta que permite acercar a las empresas a una mayor cantidad de clientes. Es importante conocer al menos conceptos generales del marketing en línea, puesto que puede influir en el posicionamiento de la empresa, la mayoría de las empresas que hacen uso adecuado de estas técnicas, herramientas y estrategias, se encuentran ya posicionadas de manera satisfactoria en sus mercados ABC [1].

Objetivo general

Determinar la utilización del marketing 2.0 empleado por las empresas restauranteras del centro de la Ciudad de Tecomán, Colima.

La empresa en el entorno del Valle de Tecomán

Una empresa cuya misión tiene fines económicos para satisfacer las necesidades de bienes y servicios de la sociedad, es también aquella entidad conformada por un capital social, que a su vez puede contratar a un cierto número de trabajadores, cuyo objetivo lucrativo se basa en la prestación de servicios o en actividades mercantiles e industriales, En el año de 1993 según Chiavenato [14], define que una empresa es una organización social, ya que es una asociación de personas, para la explotación de un negocio, que tiene un objetivo la atención de una necesidad social. Se refiere a una organización o institución, que se dedica a la producción o prestación de bienes o servicios que son demandados por los consumidores; obteniendo de esta actividad un rédito económico, es decir, una ganancia. Para el correcto desempeño de la producción estas se basan en planificaciones previamente definidas, estrategias determinadas por el equipo de trabajo. La autora Gloria M. Delgado [16] en el año 2009, menciona que hay una clasificación que determina los tipos de empresa que existen, como se constituya cada una de ellas, por lo que a continuación, se redactan los diferentes tipos de organismos comerciales: Unipersonal, Sociedad colectiva, Cooperativas, Comanditarias, Sociedad de responsabilidad limitada (S.R.L.), Sociedad anónima (S.A.), Microempresa, Pequeñas empresas, Medianas empresas, Grandes empresas

Sectores económicos comerciales

Los sectores económicos marcan la división de la actividad económica de un territorio un estado e incluye etapas de exploración de los recursos naturales, la industrialización, la preparación para el consumo, la distribución, y la comercialización de bienes y servicios (Hierro, 2000). Meza y Martín (1990) mencionan la clasificación de los sectores económicos comprende cómo se relacionan todas las áreas de producción y comercio, así como comprender el impacto de las políticas económicas de un estado sobre sectores específicos de la economía que ha clasificado en los siguientes sectores económicos: Sector primario, Sector secundario, Sector terciario, Sector cuaternario, Sector quinario, Sector público, Sector privado, Sector externo.

Marketing

El marketing plantea al igual que la guerra, estrategias diseñadas para cada tipo de mercado, comprendiendo sus fuerzas y debilidades para realizar un plan adecuado y tener éxito (Ries y Trout, 1990). El marketing se concentra en analizar lo justo de los consumidores, pretende satisfacer sus necesidades y deseos e influir su comportamiento para que adquieran los bienes ya existentes de forma, que se desarrollan distintas técnicas encaminadas para crear las necesidades en los consumidores y a su vez puedan adquirir un determinado producto Stanton [37]. El marketing es una herramienta enfocada en el cliente, el cual es definido como la gestión de relaciones redituables con los clientes a través del cual se buscan mantener a los compradores actuales y atraer a nuevos a los que se les promete la entrega de un valor superior a la competencia a través de su compra según Kotler y Armstrong [23]. El marketing analiza la gestión comercial de las empresas con el objetivo de captar, retener y finalizar a los clientes a través de la satisfacción de sus necesidades, el marketing ha sido inventado para satisfacer las necesidades del mercado de beneficios para las empresas. Es una herramienta que sin lugar a duda es estrictamente necesaria para conseguir el éxito en los mercados a nivel local e internacional. En otras palabras, marketing son los diversos procesos que se realizan en una empresa cuyo objetivo primordial es generar valor y satisfacer las necesidades y deseos de los clientes y los diferentes grupos de interés (stakeholders), a través de la creación, comunicación, oferta y entrega de productos y servicios, generando fidelización con la marca.

Marketing 2.0

El Marketing Digital nace de las nuevas tecnologías que han ido apareciendo en los últimos años, siendo las tecnologías de información y comunicación las que han desempeñado un papel importante en el desarrollo de nuevas formas de venta, haciendo la comunicación más interactiva entre las empresas y los clientes Figueroa [11]. El marketing 2.0 consiste en todas las estrategias de mercadeo que realizamos en la web para que un usuario de nuestro sitio concrete su visita tomando una acción que ha sido planeado de antemano. Va mucho más allá de las formas tradicionales de ventas y mercadeo que conocemos e integra estrategias y técnicas muy diversas y pensadas exclusivamente para el mundo digital. Parte de conocimientos varios sobre comunicación, mercadeo, publicidad, relaciones públicas, computación y lenguaje. Además, está presente no solo en la web, sino en la telefonía digital, la televisión digital y las consolas de videojuegos para Selman. El marketing 2.0 constituye un proceso de planificación para la promoción de bienes y servicios a través de las redes sociales, en términos de establecer y gestionar relaciones entre clientes, sobre plataformas o soportes electrónicos.

Big data

Para McKinsey Global Institute [25] Big data se refiere a los conjuntos de datos cuyo tamaño está más allá de las capacidades de las herramientas del software de bases de datos típicas para capturar, almacenar, gestionar y analizar. Big data es la estrategia organizacional, tecnológica y táctica que facilita capturar, almacenar, procesar y analizar los grandes volúmenes de datos generados en toda la cadena de valor de la empresa, que varía según el sector, la industria y las necesidades de cada compañía. “La aplicación del Big Data a las redes sociales consiste en la monitorización y medición de los datos que circulan por las redes de una empresa” (CIO América Latina, 2014, párr. 2). Igualmente, se espera que con big data las compañías puedan obtener información detallada de su target y basadas en su análisis puedan mejorar la toma de decisiones estratégicas en sus departamentos de marketing.

Metodología

El presente trabajo de investigación se realizó con el fin de determinar la utilización del marketing 2.0 en las empresas restauranteras de la zona centro de la ciudad de Tecomán Colima. Con fundamento en lo anterior, se desarrolló un método de inducción Se decidió usar un análisis de datos cualitativos ya que mediante la información investigada se puede ordenar, clasificar y comparar aquellas empresas restauranteras que sí han obtenido beneficios al utilizar la herramienta marketing 2.0

Calculo de la muestra

El instrumento de recolección de datos está enfocado a las empresas restauranteras en la zona centro de la ciudad de Tecomán colima. Realizada la investigación se han identificado un total de 99 restaurantes, obtenida esta información en la base de datos INEGI, 2019. Para la realización del presente trabajo de investigación, no fue necesario determinar el tamaño de la muestra, debido a que la población es de tan solo 99 unidades económicas, así que se llegó a la determinación de aplicar el instrumento a la totalidad de los restaurantes de la zona centro de la ciudad de Tecomán, Colima. El tamaño de la muestra repercute directamente sobre la precisión de las estimaciones. Esta precisión de cada resultado también depende de la varianza poblacional respecto a cada variable, es decir, de la heterogeneidad de la población (Carvajal, 2013)e = representa el límite aceptable de error muestral, generalmente va del 1% (0.01) al 9% (0.09), siendo 5% (0.05) el valor estándar usado en las investigaciones, para el estudio sería de 10% considerando (0.1).



Las Empresas de servicio dedicadas a la preparación de alimentos, se encuentran ubicadas en el siguiente perímetro, área y radio en la zona centro de la ciudad de Tecomán.

Figura 1: Satelital de la zona centro Tecomán



Fuente: Google Maps

Instrumento

Determinar la utilización del marketing 2.0 empleado por las empresas restauranteras del centro de la cuidad de Tecomán, Colima. Utilización del marketing 2.0 para el fomento de las ventas en las empresas restauranteros del centro de Tecomán"

1.	¿Cuánto tiempo lleva operando su restaurante?
2.	¿Conoce o ha escuchado sobre la herramienta del marketing 2?0 plataformas digitales de publicidad?
3.	¿Lo ha tratado de implementar o lo está implementando en su negocio?
4.	¿Qué medios digitales ha utilizado como publicidad?
5.	¿Cuáles son las que más le han funcionado?
6.	¿Mencione el motivo principal por el cual lo ha implementado?
7.	¿Ha notado un incremento en el número de clientes a raíz del uso del marketing 2.0?
8.	¿Ha notado un incremento en sus ventas a raíz del uso de marketing 2.0?
9.	¿Ha notado un incremento en el reconocimiento de su establecimiento a raíz del uso del marketing 2.0?
10.	¿Mantiene contacto con sus clientes a través de las herramientas de marketing 2.0?
11.	¿Hace cuánto tiempo utiliza el marketing 2.0 en su restaurante?
12.	¿Identifica la diferencia entre mercadotecnia y publicidad?

Tabla 1. Instrumento aplicado a la muestra poblacional

 ISSN 2007-8102

Resultados y discusión

Recordando que en el presente trabajo se identifica el nivel de uso que se está dando al marketing 2.0 y a partir de ello se generan estrategias para hacer sus empresas más competitivas, aprovechando las herramientas e instrumentos que propone el marketing 2.0. Últimamente se ha incrementado la utilización de internet para satisfacer la necesidad de intercambiar bienes y servicios. Las empresas se han volcado rápidamente a internet y utilizan sus herramientas, como sitios web, redes sociales, email marketing, google, entre otras, para mostrar y comercializar sus productos, Martínez [38]. Tecomán cuenta con una amplia variedad de restaurantes, lo que hace a las organizaciones más vulnerables ante la situación económica que enfrenta el país. Es por eso que la tendencia de la sociedad en los últimos años ha demostrado una inclinación significativa hacia la búsqueda de alternativas prácticas como la tecnología a la hora de ofrecer, promocionar, comercializar y posicionar un producto en el mercado. Esta investigación permitió resaltar la importancia del marketing 2.0 en el mercado actual e identificar los medios y estrategias apropiados para posicionar una empresa en el mercado e incrementar las ventas.

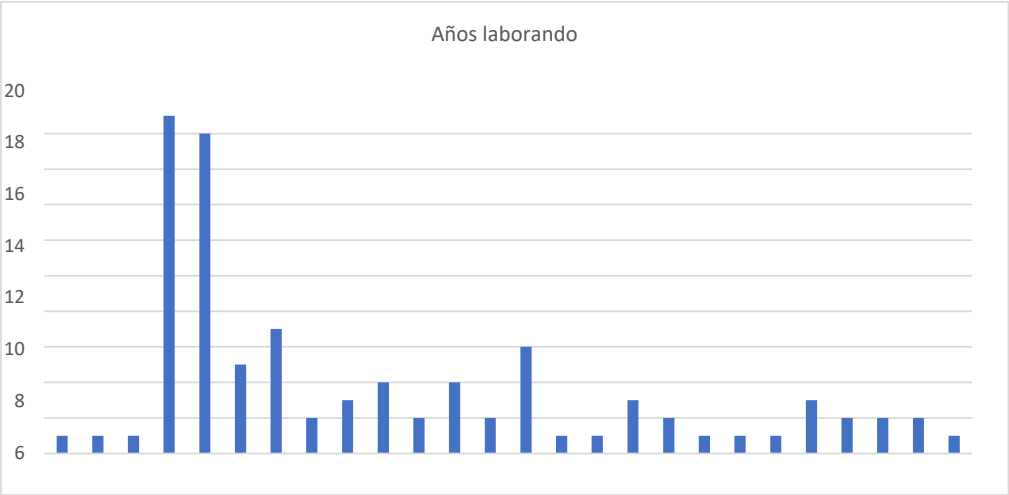


Gráfico 2. Instrumento aplicado a la muestra poblacional,SPSS

Como se puede observar en la figura 1, se cuantifico el tiempo para determinar los años en que los empresarios llevan laborando en sus restaurantes, con la finalidad de analizar si estos llevan poco tiempo establecidos, o si tienen años de antigüedad, obtuvimos un promedio mayor de 37 restaurantes que se encuentran en la escala de 2 a 3 años laborando, mientas los demás se encuentran en escalas variables, esto nos indica que la mayoría de los restaurantes de la zona centro de Tecomán llevan poco tiempo establecidos .

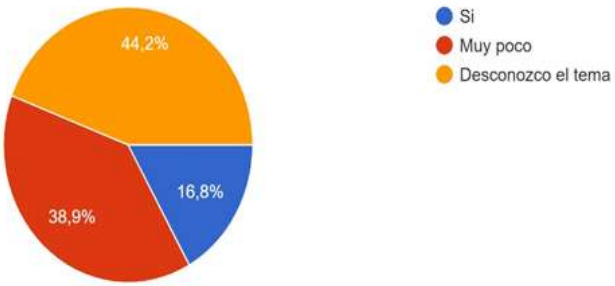


Gráfico 2. Conocimiento de las empresas sobre Marketing 2.0, SPSS

Se determina el reconocimiento en porcentajes esta herramienta, cual se obtuvo un resultado mayor de 44.2% que indica que la mayoría de los dueños de los restaurantes desconocen esta herramienta, el 38.9% lo conocen muy poco, mientras un menor parte el 16.8% indica que si conocen esta herramienta.

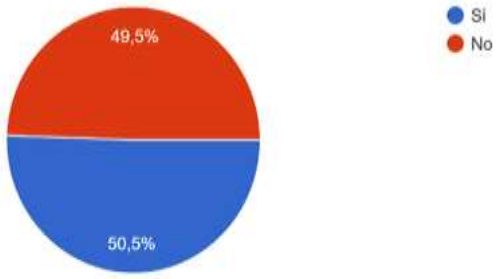


Gráfico 3. Empleo del Marketing 2.0 por los empleados, SPSS

Se indica a los dueños de los restaurantes que, si han implementado esta herramienta, se obtuvo un resultado de en porcentajes 50.5% que si lo han implementado y un 49.5% no lo han implementado esto se concluye en un total de 48 restaurantes que si aplican esta herramienta y 47 restaurantes no la han aplicado.

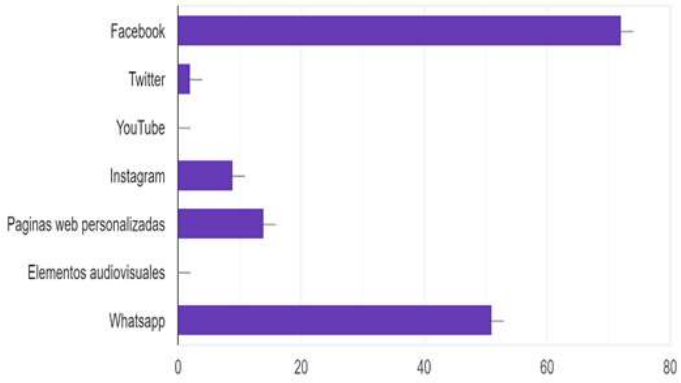


Gráfico 4. Empleo del Marketing 2.0 por los empleados, SPSS

Se muestran los medios digitales que más se utilizan por los dueños de los restaurantes, como se puede observar la red social Facebook es la más utilizada con un porcentaje mayor, después sigue WhatsApp, y en las escalas más bajas se encuentra páginas web, Instagram, twitter, por último, YouTube y elementos audiovisuales.

Conclusiones

La evolución del marketing desde la revolución industrial ha traído en la actualidad nuevos enfoques y tendencias donde en un inicio el marketing se enfocaba en el producto y la producción en masa hasta el marketing actual -donde la prioridad es el consumidor, sus necesidades y las diversas tendencias tecnológicas- ha repercutido directamente en la generación de un tipo de cliente que algunos autores lo denominan Cliente 2.0. Ortiz Joyanes [31] que se caracteriza por su interconectividad, su capacidad de opinión y criterio, su disponibilidad a conocer productos, marcas y personas, al igual que difundir, movilizar y co-crear. El marketing en la era digital se basa principalmente en los gustos, deseos y tendencias de las personas clientes, quienes -a través de los diferentes servicios de la Web 2.0, productos wearables, internet de las cosas y otros tendencias tecnológicas- proporcionan información para que las empresas -realizando un análisis de datos- sean capaces de lanzar productos y/o servicios personalizados e innovadores, al igual que campañas de marketing enfocadas y llevadas a cabo en el momento justo.

Por otra parte al concluir el estudio, se tienen elementos de juicio para determinar el nivel de conocimiento de las herramientas del marketing 2.0 en la zona centro de Tecomán, Colima y que es una ventaja en la actualidad para las empresas y los clientes, ya que por tratarse de una población grande que hace uso de ella con frecuencia y se convierten en consumidores potenciales que pudieran fidelizarse a las empresas restauranteras, así como también, que el público al que van dirigido los productos y servicios de las empresas, son personas

jóvenes y profesionales. Pero, por otro lado, algunas empresas de Tecomán han podido desempeñar un buen uso a las herramientas y darle un mejor funcionamiento, el cual los medios digitales que más se utilizan por los dueños de los restaurantes, es la red social Facebook y WhatsApp, debido a que implementa la venta digital por medios de publicaciones que promocionen sus productos, y a su vez utilicen estas herramientas para darles mejor servicio a sus clientes de manera más cercana y así estar al pendiente de sus necesidades, y tomando en cuenta que el principal motivo por el cual los restaurantes utilizan el marketing 2.0 es para el implemento de sus ventas. Sin embargo, los empresarios de los restaurantes aún no se arriesgan a utilizarlas en su totalidad, ya que guardan cierta desconfianza hacia el uso de herramientas digitales, ya sea por desconocimiento o porque lo consideran costoso y difícil de poder implementar en sus negocios. A pesar del gran potencial que tiene el internet y las herramientas del marketing digital que se han desarrollado a través de los años, no les están dando el funcionamiento adecuado e incluso no las están utilizando por completo y de la manera más adecuada y correcta. De esta forma algunas de las empresas no tienen el conocimiento de lo que es el marketing 2.0, puesto que no conocen la diferencia de dicho concepto, ya que creen que son lo mismo, por lo tanto las que si tiene conocimiento de ella, no les han podido dar un uso adecuado, pero sobre todo por falta de asesoría técnica y les permite potenciar e incrementar las ventas de su negocio.

Trabajo futuro

Uno de los problemas que tuvieron los restauranteros es que desconocen el tema del marketing 2.0 por significado, más sin embargo si han aplicado herramientas de este mismo, esto se debe a la poca información que se ha fomentado acerca de este tema. Los dueños de los restaurantes no tienen la iniciativa de conocer e investigar más sobre el tema, esto se debe a diferentes factores, desde el poco tiempo que tienen disponible y sobre la falta de conocimiento al poder manejar ventas en línea, se sugiere atender esta problemática.

Referencias

[1] ABC. (2019). Marketing digital, el elemento indispensable para tu negocio. Madrid: Recuperado de: https://www.abc.es/economia/abci-marketing-digital-elemento- indispensable-para-negocio-201911060143_noticia.html

[2] Alejandro Domínguez Doncel, Gemma Muñoz Vera. (2010). Métricas del marketing.Madrid: ESIC Editorial.

[3] Allen, William R. y Gilmore, Harold L. What Managers Do. American Management Association, 1993.

[4] Alzina, R. B. (2004). En R. B. Alzina, Metodología de la investigación educativa. Madrid: La Muralla, pág 93.

[5] American Marketing Asociation. (2016). Definición de Venta. octubre 29, 2019, de Dictionary of Marketing Terms Sitio web: http://www.marketingpower.com/

[6] Andrés, M. y Jéssica, P. (2015). Plan de Marketing Digital 2014 para la empresa Corporación de Servicios TBL S.A. de la Ciudad de Guayaquil. (Tesis de pregrado). Universidad politécnica Salesiana Guayaquil, Ecuador.

[7] Ángel A, Alicia D y Marcos S. (2014). Curso de Marketing Online. Learn. https://books.google.com.mx/books?id=OEWiCgAAQBAJ&pg=PT50&dq=herramientas+del+marketing+tradicional&hl=es419&sa=X&ved=0ahUKEwid2eXK05_mAhUFPq0KHYQeDX8Q6AEIRjAE#v=onepage&q=herramientas%20del%20marketing%20tradicional&f=false

[8] Bisquerra, R. (2009). Metodología de la investigación educativa. Madrid, España: Editorial La Muralla, S.A.

[9] Calderón, J. P. (2010). Guía de elaboración de proyecto de investigación e investigación final para el logro de grados y diplomas. Lima - Perú: Instituto Científico Tecnológico del Ejército.

[10] Carlos Durón García. (2008). El restaurante como empresa. México: Trillas.

[11] Carlos Figueroa. (2012). Estrategias de diseño y marketing 2.0: elementos claves en la competitividad GHMovistar en el Mercado de telefonía móvil venezolano. Universidad de Palermo.

[12] Carvajal, L. (2013). Lizardo Carvajal. Obtenido de Lizardo Carvajal.

[13] Cesar Agusto Bernal torres. (1998). investigación descriptiva p.11. En métodos de investigación.

[14] Chiavenato, I. (1993). Administración de recursos humanos. México: McGraw-Hill.

[15] CIO Perú. (2014). *SAP: Los decisores tienen dificultades para sacar provecho de Big Data*. Recuperado de http://cioperu.pe/articulo/17305/sap-los-decisores-tienen-dificultades-parasacar-provecho-de-big/

[16] Delgado, G. (2009) México. Estructuras política, económica y social. México: Pearson Educación.

[17] Enrique, B, Franklin. (2007). Auditoria Administrativa - Gestión Estratégica del Cambio. México: Pearson Educación.

[18] Francisco, H. (2004). Modelos de gestión para médicos de familia. España. Díaz de Santos.

[19] García, F. (2004). La tesis y el trabajo de tesis: Recomendaciones metodológicas para la elaboración de los trabajos de tesis. México: Limusa.

[20] Greif Venezuela C.A. 2019 (Tesis de pregrado). Universidad José Antonio Páez, Venezuela.

[21] Habyb, S. (2017). Marketing Digital. Legales, Ibukku.

[22] José Lozada. (2014). investigación aplicada. 2019, de dialnet recuperado de: https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6163749.

[23] Kotler. y Armstrong. (2013). Aplicación del Marketing 2.0 como herramienta de exportación, internacionalización y crecimiento económico para las PYMES de Guayaquil. (Tesis de pregrado). Universidad católica de Santiago de Guayaquil, Guayaquil, Ecuador.

[24] Maqueira M. y Sebastián B. C. (2009). Marketing 2.0. El nuevo Marketing en la Web de las Redes Sociales. México: Alfaomega.

[25] McKinsey Global Institute. (2011). Big data: The next frontier for innovation, competition, and productivity. Recuperado de http://www.mckinsey.com/insights/business_technology/big_data_the_next_frontier_for_innovation

[26] María, C. y Erick, L. (2014). Plan estratégico de marketing para el mejoramiento de las ventas de la empresa Mizpa S.A. distribuidora de tableros de madera para construcción y acabados en la ciudad de Guayaquil. (Tesis de pregrado). Universidad politécnica Salesiana Ecuador, Guayaquil, Ecuador.

[27] Martínez, M. (2014). Plan de marketing digital para PYME. México: CÓRDOBA.

[28] Moya, G. y Javier, E. (2, abril-junio, 2017,). Tendencias del uso de las tecnologías y conducta del consumidor tecnológico. Ciencias Holguín, vol. 23, pp. 1-17.

[29] Mostila. A.(2001). Emotional bording and restaurant loyalty. The Cornell Hotel andRestaurant Administration Quaterly, 73-79

[30] Nathaly, P. y Daniel, V. (2016). Aplicación del Marketing 2.0 como herramienta de exportación, internacionalización y crecimiento económico para las PYMES de Guayaquil. (Tesis de pregrado). Universidad católica de Santiago de Guayaquil, Ecuador.

[31] Ortiz, M.,Joyanes, L., Giraldo, L.(2016). Los desafíos del marketing en la era del big data. Revista e-Ciencias de la Información. Volumen 6, número 1.

[32] Perdigón R., Viltres H. y Madrigal I. R. (2018). Estrategias de comercio electrónico y marketing digital para pequeñas y medianas empresas. diciembre,05,2019, de Revista Cubana de Ciencias Informáticas Sitio web: https://rcci.uci.cu/

[33] Rodríguez. (2011). Plan estratégico para aumentar las ventas de la empresa Fuller Interamericana C.A. tomando en cuenta el mercado de clientes reales y potenciales. Universidad Tecnológica del Centro: IUTI.).

[34] Stevens, P., Knutson, B. & Patton, M. (1995). DINESERV: a tool for measuring service quality in restaurants. The Cornell Hotel and Restaurant Administration Quartely. Journal of Retailing, 36(2), 55-60

[35] Vanessa, C. y Quintero, A. (2012). Estrategias de marketing 2.0 como herramienta para mejorar la participación en el mercado e incrementar las ventas de la empresa Greif.

[36] Venezuela C.A. 2019 (Tesis de pregrado). Universidad José Antonio Páez, Venezuela.

[37] William, J. Stanton. Michael J, Etzel. Bruce J. Walker. (2007). Fundamentos de Marketing. México, D.F.: McGraw-Hill Interamericana.

[38] Zapata Domínguez, Álvaro; Murillo Vargas, Guillermo y Martínez Crespo, Jenny. Organización y Management, Universidad del Valle, 2006, p.64

Salud emocional. Una mirada desde sus tipos en instituciones de previsión social

E. García Rincón[1], E. Perozo Martínez[2] y J. Batista Ojeda[3]

[1]Facultad de Ciencias Experimentales, División de Postgrado, Universidad del Zulia, Maracaibo, Venezuela
[2] Facultad de Ingeniería, Departamento de Investigación, Universidad de la Guajira, Colombia
[3]Facultad de Ciencias Económicas y Administrativas, Departamento de Investigación, Universidad de la Guajira, Colombia
elizabethgar17@gmail.com;

Área de participación: Ingeniería administrativa

Resumen

El presente artículo tuvo como finalidad identificar los tipos de salud emocional en instituciones de previsión social del estado Zulia, Venezuela. Bajo un paradigma positivista con enfoque cuantitativo y de tipo descriptiva, se adoptó un diseño de investigación de campo, no experimental y transeccional con una población conformada por 36 sujetos, integrados por gerentes y colaboradores de las instituciones de previsión social del estado. Se utilizó un cuestionario de 50 ítems, validado por 10 expertos. Se aplicó una prueba piloto a 5 personas diferentes a la población y se calculó el coeficiente Alfa de Cronbach que arrojó una confiabilidad de 0.93 (muy alta). Los resultados evidenciaron que la mayoría de las personas dentro de las instituciones de previsión social saben reconocer sus emociones, las expresan de forma adecuada y tienden a asumir, mayormente, emociones positivas lo cual los convierte en personas sanas.

Palabras clave: *salud emocional, emociones positivas, emociones negativas, instituciones de previsión social*

Abstract

The purpose of this article was to identify the types of emotional health in social welfare institutions in the state of Zulia, Venezuela. Under a positivist paradigm with a quantitative and descriptive focus, a field, transectional and non-experimental research design was adopted with a population conformed by 36 subjects integrated by Managers and Collaborators of the Social Welfare institutions of the state. A questionnaire of 50 items was used, validated by 10 experts. A pilot test was applied to 05 different people in the population, calculating the Cronbach's Alpha coefficient that gave a reliability of 0.93 (high). The results showed that the majority of people within Social Welfare institutions know how to recognize their emotions, express them adequately and tend to assume, mostly, positive emotions which makes them healthy people.

Key words: *emotional health, positive emotions, negative emotions, social welfare institutions*

Introducción

Desde épocas remotas, se creía que el éxito laboral de una organización se media por las aptitudes técnicas, actitudes y conocimiento que tuvieran sus trabajadores. Se pensaba que las personas eran seres totalmente racionales y que los resultados de esos trabajadores no estaban relacionados con las emociones o sentimientos que pudieran tener. En la actualidad, las emociones son consideradas como la principal fuente sobre la cual se asienta tanto la conquista de la felicidad como la salud. Cuando el cuerpo físico enferma, las emociones también pueden enfermarse, provocando no solo un deterioro en nuestra calidad de vida, en las relaciones y la autoestima, sino también enfermedades físicas. De allí que, la salud emocional sea imprescindible para poder llevar una vida placentera, feliz y en armonía con el autocontrol de las emociones ya que, tanto las emociones como los sentimientos negativos ocasionan graves problemas de salud y enfermedades en los seres humanos.

Bajo esta premisa, el presente estudio se fijó como meta identificar los tipos de salud emocional en instituciones de previsión social del estado Zulia, Venezuela en los cuales, según información aportada por medio de las entrevistas realizadas a los gerentes de Recursos Humanos, se pudo conocer que existe entre los colaboradores: baja motivación, falta de comunicación entre los diferentes departamentos y entre ellos mismos, estrés, ansiedad, entre otras situaciones que interferirían en el goce de buena salud física del personal para desempeñar sus tareas de manera productiva. Cabe destacar que de continuar con este contexto, dentro de estas instituciones, se correría el riesgo de contar con un personal poco entusiasta en el trabajo y con ansiedad, conviviendo laboralmente en los rumores. Todo lo cual conduciría a la aparición de excesivos permisos, pérdida de horas-hombre, entre otros.

Por lo antes expuesto se justifica la realización de este estudio que pretende indagar sobre los cambios y nuevas estrategias laborales que permitan lograr un buen funcionamiento del capital humano en torno a: la capacidad de regular sus emociones, reducir los conflictos, mejorar la falta de comunicación entre el personal, y la motivación laboral con el fin de fomentar un crecimiento emocional e intelectual que repercuta en optimizar la forma de pensar de cada uno. Para el alcance del objetivo propuesto se estudian los supuestos teóricos relacionados con la salud emocional y las emociones positivas y negativas.

En cuanto a la salud emocional y las emociones, la primera según Sánchez [1] es el estado emocional (psicológico) al nivel de eficacia óptima que permite al individuo tener el autocontrol de sus emociones y sentimientos en armonía con el medio que te rodea. Es decir, es el estado de equilibrio entre una persona con su entorno socio cultural lo que garantiza su participación intelectual y de relaciones, alcanzando un bienestar y calidad en su vida emocional. Para Bettoni [2] las emociones son agitaciones o estados de ánimos que se originan por ideas, recuerdos, deseos, sentimientos, pasiones, entre otras. Son reacciones físicas a determinados estímulos. Se aprecian claramente cuando: lloramos de tristeza o alegría, transpiramos las manos de nervios o miedo, se nos hace un nudo en la garganta o en el estómago por una pena importante, nos quedamos fríos por una sorpresa, se enrojece nuestro rostro por la vergüenza, entre otros.

En lo que respecta al tipo de emociones, aun cuando no se ha podido verificar el número exacto de las mismas, para efectos de este estudio se clasificaron en positivas y negativas, por considerar que es la clasificación más actualizada y porque según Fredrickson [3] aborda y abarca la mayoría de las taxonomías discutidas por diversos autores. Según Vivas, Gallego y González [4], las emociones positivas son aquellas que implican sentimientos agradables y valoración de la situación como beneficiosa, su duración temporal es muy corta y movilizan escasos recursos para su afrontamiento. Ej.: la felicidad, entusiasmo, amor, alegría, exaltación, entre otras. La tabla 1, resume la definición de las emociones consideradas en este estudio, bajo la óptica de los autores que se citan en el mismo.

Tabla 1. Definición de emociones positivas

Tipo de Emoción	Definición
Alegría	La alegría es un sentimiento grato y vivo que suele manifestarse con signos exteriores. Palabras, gestos o actos con que se expresa el júbilo [5].
Felicidad	Es el estado de ánimo que se complace en la posesión de un bien. Satisfacción, gusto, contento [5].
Estrés bueno o Eustrés	El estrés bueno o eustrés aparece cuando respondemos de manera positiva a los diferentes cambios de la vida, desarrollando capacidades y destrezas al mismo tiempo que se adquiere experiencia. Es un estado de atención. Acción y pensamiento que ayuda a las personas a enfrentar los retos que se nos presenten de forma armoniosa y adecuada [6].
Entusiasmo	El entusiasmo es la exaltación y fogosidad del ánimo, excitación por algo que lo admire o cautive [5].

Según Carr [7] las emociones negativas, como el miedo o la ira, son nuestra primera línea de defensa contra las amenazas y acostumbramos a concentrar nuestra atención en el origen de estas amenzazas. Nos movilizan para luchar o escapar, facilitan el pensamiento crítico y la toma de decisiones. Vivas, Gallego y González [4]

indican que las emociones negativas: implican sentimientos desagradables, valoración de la situación como dañina y la movilización de muchos recursos para su afrontamiento. Ej.: el miedo, la ira, la tristeza y el asco. A continuación la tabla 2, define las emociones negativas estudiadas en este trabajo.

Tabla 2. Definición de emociones negativas

Tipo de Emoción	Definición
Ira	Es una emoción primaria negativa que se desencadena ante situaciones que son valoradas como injustas o que atentan contra los valores morales y la libertad personal; situaciones que ejercen un control externo o coacción sobre nuestro comportamiento [4].
Envidia	La envidia nos transforma en seres intolerantes respecto del éxito de los demás. Se sufre por tener menos dinero, menos felicidad que el otro [8].
Estrés malo (Distrés)	Cuando el estrés se ve acompañado con desorden fisiológico o enfermedades se habla de distrés, ya que cuando se produce se liberan hormonas que hace que el organismo pierda su equilibrio [9].
Celos	Los celos surgen por miedo a perder a algo y, en este caso, intervienen tres personas; el celoso, el objeto o la persona que se teme perder y el que viene a robar ese algo o alguien que se posee [8].
Rumor	El rumor comienza cuando alguien da crédito a una información y la considera lo bastante importante como para compartirla con otras personas. La fuente del rumor no es la oficial o la original; justamente un rumor existe cuando circula información no ofrecida por las fuentes oficiales [8].
Ansiedad	Se deriva cuando se siente la amenaza sobre algo o alguien y es como el cuerpo le va hacer frente a la situación, la misma puede ocasionar muchos problemas de salud y emocionales si se mantiene por mucho tiempo, y estos afectar a todos los ámbitos de la persona [8].

Metodología

La presente investigación se inserta dentro del enfoque positivista, con un método cuantitativo de tipo descriptivo ya que comprende el análisis e interpretación de hechos tomados de la realidad. Igualmente se señala que el actual trabajo contó con un diseño no experimental, ya que no se manipuló la variable salud emocional y sus tipos, sino que se observó en su contexto natural para luego ser analizada. En el mismo contexto se destaca que el estudio tuvo un diseño transversal o transeccional porque se recolectan datos en un solo momento, en un tiempo único. Su propósito es describir variables y analizar su incidencia o interrelación en un momento dado, es como tomar una fotografía de algo que sucede, tal como lo sostienen Hernández, Fernández y Baptista [10].

Población

La población de esta investigación estuvo constituida por el personal de las instituciones de previsión social que se describen en la tabla 3, a continuación.

Tabla 3. Población de la investigación

Siglas	Instituciones
IPSPUDO	Instituto de Previsión Social del Personal Docente y de Investigación de la Universidad de Oriente
IPASME	Instituto de Prevención y Asistencia Social del Ministerio de Educación, Cultura y Deportes
IPSFA	Instituto de Prevención Social de las Fuerzas Armadas
IPSPUCV	Instituto de Previsión del Profesorado de la Universidad Central de Venezuela
IPSPUCO	Instituto de Previsión de los Profesores de la UCLA
IPSP	Instituto de Previsión Social del Periodista
IPSEZ	Instituto de Previsión Social de los Funcionario y Empleados del Ejecutivo del estado Zulia
IPPLUZ	Instituto de Previsión Social del Personal Docente y de Investigación de la Universidad del Zulia
IPSIUTM	Instituto de Previsión Social del Instituto Universitario Tecnológico, Maracaibo

Muestra Intencional

De acuerdo con lo expuesto por Namakforoosh [11] en el muestreo intencional todos los elementos muéstrales de la población serán seleccionados bajo estricto juicio del investigador quien tiene previo conocimiento de los elementos poblacionales. En este sentido, se consideraron los siguientes criterios de selección: institutos de previsión social del estado Zulia, con características fundamentales, tales como: que fueran todos los institutos de previsión de salud y seguridad, ubicados en la ciudad de Maracaibo-estado Zulia (lugar de residencia de los autores) y que contaran con sus propios médicos u odontólogos dentro de sus instalaciones. Igualmente se señala que las unidades informantes seleccionadas para efecto del presente trabajo de investigación fueron los gerentes y los colaboradores del departamento de Recursos Humanos de cada institución porque es en este departamento donde reposan, se recogen y manejan todas las inquietudes y quejas del personal. Bajo estos criterios, la muestra se conformó con el personal antes descrito proveniente del IPPLUZ, IPSFA, IPASME, IPSEZ y del IPSIUTM, tal como se muestra en la tabla 4.

Tabla 4. Muestra Intencional

Instituciones	Gerentes	Colaboradores
IPPLUZ	01	01
IPSFA	01	-
IPASME	01	09
IPSEZ	01	02
IPSIUTM	01	19
Subtotal	05	31
Total	**36**	

Es importante destacar que, a la hora de aplicar el instrumento, no se pudo acceder a la información de la empresa IPPLUZ, por la burocracia que existe en la institución. Igualmente, ocurrió en el IPASME a la hora de aplicar los instrumentos, un (01) colaborador se encontraba de reposo y otro de vacaciones. De la misma forma, en el IPSIUTM, ocho (08) personas no respondieron, por lo cual el total de unidades informantes sumó cuatro (04) gerentes y veinte (20) colaboradores.

Técnica e Instrumento de Recolección de Datos

La técnica de recolección de datos fue la encuesta tipo cuestionario con 50 reactivos o preguntas cerradas, utilizadas para medir los tipos de salud emocional. Las razones que fundamentan la selección de este tipo de medición se deben, principalmente, a la facilidad que brinda al informante esta clase de instrumento a la hora de responderlo y al poco tiempo que pueda invertir. En este instrumento se incluyeron cinco (05) opciones de respuestas con su respectiva puntuación en la escala de estimación Likert. Estas opciones variaron desde (5)

siempre hasta (1) nunca. La validez del instrumento de recolección de datos se obtuvo por medio del juicio de diez (10) expertos en el área metodológica y en la variable de estudio. Para obtener la confiabilidad se administró una (01) prueba piloto a sujetos con las mismas características de la población. Seguidamente, se aplicó la fórmula Alfa de Cronbach, por medio del programa Office Microsoft Excel 2013, la cual arrojó una confiabilidad de 0.93, considerada por Ruiz [12] como muy alta.

Análisis y Procesamiento de Datos

Para el análisis y procesamiento de los datos se utilizó una matriz de doble entrada, colocándose en las columnas los sujetos (personas encuestadas) y en las filas los ítems (número de preguntas realizadas con su puntaje). El tratamiento estadístico se llevó a cabo mediante la frecuencia absoluta (FA), frecuencia relativa, (FR%), promedio aritmético, mediana y desviación estándar, utilizándose para ello el programa Microsoft Office Excel 2013.

Resultados y discusión

Tal como se mencionó en el apartado anterior, los resultados obtenidos tras la aplicación del cuestionario empleado se presentan a través de tablas que dan cuenta de la estadística descriptiva utilizada. Las tablas 5, 6 y 7 reportan los resultados de las subdimensiones: salud emocional positiva, salud emocional negativa y los tipos de salud emocional, respectivamente.

Tabla 5. Salud emocional positiva

Alternativas de Respuesta		Siempre		Casi siempre		A veces		Casi nunca		Nunca		TOTAL	
Indicadores	**ITEMS**	**FA**	**FR %**	**FA**	**FR %**	**FA**	**FR %**	**FA**	**FR %**	**FA**	**FR %**	**FA**	**FR %**
Alegría	**33-36**	15	**63,54**	2	**9,38**	5	**20,83**	1	**3,13**	1	**3,13**	**24**	**100**
Felicidad	**37-40**	8	**34,38**	8	**32,29**	5	**20,83**	1	**3,13**	2	**9,38**	**24**	**100**
Estrés bueno	**41-44**	12	**47,92**	7	**29,17**	4	**15,63**	1	**4,17**	1	**3,13**	**24**	**100**
Entusiasmo	**45-48**	11	**45,26**	6	**26,32**	3	**11,58**	3	**12,63**	1	**4,21**	**24**	**100**
Total Subdimensión		11	**47,78**	6	**24,28**	4	**17,23**	1	**5,74**	1	**4,96**	**24**	**100**
Mediana		**3,3750**											
Desviación Estándar		**4,0814**											
Promedio		**4,7875**											

Al analizar la tabla 5 de la subdimensión emociones positivas se puede constatar que para el indicador alegría el 63,54% de los encuestados contestó que su trabajo siempre le produce un sentimiento grato, las relaciones con sus compañeros de trabajo le generan satisfacción, sienten alegría cuando realizan sus proyectos laborales y le son reconocidos. El 20,83% reportó a veces y 3,13% casi nunca y nunca. Seguidamente, para el indicador felicidad el 34,38% afirmó que siempre se sienten a gusto con su ambiente laboral y con el trato que brindan sus superiores, que se consideran satisfechos a nivel laboral con sus compañeros, se sienten a gusto y felices con su salario. El 32,29% indicó casi siempre, el 20,83% a veces, el 9,38% nunca y el 3,13% casi nunca.

En el indicador estrés bueno el 47,92% de los encuestados manifestó que siempre se siente estimulado con los nuevos retos que le imponen sus superiores, son capaces de desarrollar destrezas cuando se le asignan nuevas tareas para realizarlas adecuadamente, son capaces de enfrentar retos de forma adecuada y el tiempo para desarrollar su trabajo y cumplir sus objetivos es el adecuado. El 29,17% casi siempre, el 15,63% a veces, el 4,17% casi nunca y 3,13% nunca. Igualmente, para el indicador entusiasmo el 45,26% de los encuestados manifestó que siempre los reconocimientos obtenidos aumentan su entusiasmo por el trabajo y los motivan a realizar nuevos proyectos, les emociona trabajar en equipo y sienten emoción cuando le plantean nuevos retos. El 26,32% indicó casi siempre, el 12,63% casi nunca, el 11,58%a veces y el 4,21% nunca. Finalmente, en el total de la subdimensión emociones positivas la tendencia estuvo hacia siempre con 47,78%, el 24,28% para casi siempre, 17,23% a veces el 5,74% casi nunca y 4,96% nunca. La mediana de la subdimensión fue de

3,3750, mientras que la desviación estándar fue de 4,0814 y el promedio de 4,7875.

Tabla 6. Salud emocional negativa

Alternativas de Respuesta		Siempre		Casi Siempre		A Veces		Casi Nunca		Nunca		TOTAL	
Indicadores	**Ítems**	**FA**	**FR %**	**FA**	**FR %**	**FA**	**FR %**	**FA**	**FR %**	**FA**	**FR %**	**FA**	**FR %**
Ira	**49-52**	2	**8,33**	3	**12,50**	6	**25,00**	4	**16,67**	9	**37,50**	**24**	**100**
Envidia	**53-56**	1	**4,17**	2	**8,33**	3	**12,50**	3	**12,50**	16	**66,67**	**24**	**100**
Estrés malo	**57-60**	1	**4,17**	2	**8,33**	6	**25,00**	4	**16,67**	12	**50,00**	**24**	**100**
Celos	**61-64**	4	**16,67**	2	**8,33**	2	**8,33**	2	**8,33**	16	**66,67**	**24**	**100**
Rumor	**65-68**	2	**8,33**	1	**4,17**	5	**20,83**	2	**8,33**	14	**58,33**	**24**	**100**
Ansiedad	**69-72**	1	**4,17**	1	**4,17**	5	**20,83**	5	**20,83**	12	**50,00**	**24**	**100**
Total Subdimensión		**2**	**7,64**	**2**	**7,64**	**5**	**18,75**	**3**	**13,89**	**13**	**54,86**	**24**	**100**
Mediana		**3,0000**											
Desviación Estándar		**4,4939**											
Promedio		**4,9333**											

Tal como se observa en la tabla 6 de la subdimensión emociones negativas se puede evidenciar que para el indicador ira el 37,50% de los encuestados respondió que nunca siente rabia cuando sus meritos no son reconocidos, ni cuando son sancionados por una falta cometida. Tampoco reaccionan con violencia cuando no existe consenso entre sus ideas y la de los demás, y si tienen un impase con su jefe jamás lo descargan con sus compañeros. El 25% indicó a veces, el 16,67% casi nunca, el 12,50% casi siempre, y 8,33% siempre. Seguidamente para el indicador envidia el 66,67% de los encuestados respondió que nunca comparan el logro de sus metas con la de sus compañeros, no desean ocupar la posición de algunos de sus compañeros, nunca les niegan el asesoramiento a sus colegas para impedir sus éxitos, y nunca les han dicho a sus jefes cuando sus colaboradores cometen algún error. El 12,50% contestó casi nunca y a veces, el 8,33% casi siempre y el 4,17% siempre.

De la misma forma, para el indicador estrés malo el 50% de los encuestados expuso que nunca el desempeño de su trabajo le ha ocasionado alguna enfermedad o alteraciones del sueño, no han sentido que los problemas personales afecten su trabajo, ni cuando tiene poco tiempo para realizar cualquier actividad le produce enfermedad. El 25% contestó a veces, el 16,67% casi nunca, el 8,33% casi siempre y 4,17% siempre. En cuanto al indicador celos se evidencia que el 66,67% de los encuestados nunca siente que lo pueden desplazar o perder su trabajo cuando entra una nueva persona al equipo o se le pide adiestrar a alguien nuevo, nunca se sienten mal cuando a otros se les da prerrogativas y a él no; el 16,67% expresó siempre, el 8,33% casi siempre, a veces y casi nunca.

En el indicador rumor se evidenció que para el 58,33% de los encuestados nunca el rumor del cierre de la empresa, cambios en los procedimientos o cambios importantes en la empresa le produce problemas de salud o inquietud, ni cuando se escucha que habrá reducción de personal le afecta anímicamente. El 20,83% respondió a veces, el 8,33% casi nunca y siempre y el 4,17% casi siempre. Por último, para el indicador ansiedad el 50% de los encuestados expuso que nunca la pérdida de su puesto de trabajo o el hecho de ser supervisado le produce inquietud, que nunca cuando llega el día de pago sienten agitación, y el trabajo no le produce ansiedad. El 20,83% indicó a veces y casi nunca, y el 4,17% siempre y casi siempre. Finalmente, en el total de la sub dimensión emociones negativas la tendencia fue de 54,86% para nunca, 18,75% a veces, 13,89% casi nunca, y 7,64% para siempre y casi siempre. La mediana de la subdimensión fue de 3,0000 mientras que, la desviación estándar fue de 4,4939 y el promedio de 4,9333.

Tabla 7. Variable: Salud emocional, **Dimensión:** Tipos de salud emocional

Alternativas de	Siempre	Casi	A Veces	Casi	Nunca	TOTAL

 ISSN 2007-8102

Respuesta				Siempre				Nunca					
Indicadores	ITEMS	FA	FR %	FA	FR %	FA	FR %	FA	FR %	FA	FR %	FA	FR %
Emociones positivas	33-48	11	45,83	6	25,00	4	16,67	1	4,17	1	4,17	24	100
Emociones negativas	49-72	2	8,33	2	8,33	5	20,83	3	12,50	13	54,17	24	100
Total Dimensión		7	27,08	4	16,67	5	18,75	2	8,33	7	29,17	24	100
Mediana		3,5000											
Desviación Estándar		3,9446											
Promedio		4,8000											

En la tabla 7 que presenta la dimensión tipos de emociones se observa que para la subdimensión emociones positivas el 45,83% de los encuestados siempre posee o sabe expresar esas emociones positivas. Tal como se advierte en sus indicadores: el 25% casi siempre, el 16,67% a veces, el 4,17% casi nunca y nunca. De la misma forma, para la subdimensión emociones negativas el 54,17% de los encuestados nunca tiene este tipo de emociones, no afectan su trabajo y sus relaciones interpersonales, el 20,83% a veces, el 12,50% casi nunca, y el 8,33% siempre y casi siempre. Finalmente, en el total de la dimensión la inclinación estuvo hacia nunca con el 29,17%, 27,08% siempre, 18,75% a veces, 16,67% casi siempre y 8,33% casi nunca. La mediana de la dimensión fue de 3,5000 mientras que, la desviación estándar fue de 3,9446, y el promedio de 4,8000.

Para dar respuesta al objetivo central del estudio el cual consistió en identificar los tipos de emociones en instituciones de previsión social, se pudo apreciar que: el trabajo realizado por la población encuestada siempre le produce un sentimiento grato, las relaciones con sus compañeros de trabajo le causan satisfacción, sienten alegría cuando realizan sus proyectos laborales y le son reconocidos. Lo expuesto guarda relación con lo aludido en [5] cuando indica que la alegría es un sentimiento grato y vivo que suele manifestarse con signos exteriores. Asimismo, la mayoría de la población expresó que siempre se siente a gusto con su ambiente laboral y con el trato que brindan sus superiores, que se sienten satisfechos a nivel laboral con sus compañeros, se sienten a gusto y felices con su salario, lo que también coincide con [5] cuando explica que la felicidad es el estado de ánimo que se complace en la posesión de un bien.

De igual manera, la población expresó que siempre se sienten estimulados con los nuevos retos que le imponen sus superiores, son capaces de desarrollar destrezas cuando se le asignan nuevas tareas para realizarlas adecuadamente y de enfrentar retos de forma adecuada en el tiempo requerido. Estos resultados se vinculan con lo indicado por [6] quien explica que el estrés bueno o eustrés aparece cuando respondemos de manera positiva a los diferentes cambios de la vida, desarrollando capacidades y destrezas al mismo tiempo que se adquiere experiencia.

Por otro lado, se determinó que la mayoría de la población nunca siente rabia cuando sus meritos no son reconocidos, ni cuando son sancionados por una falta cometida, tampoco reaccionan con violencia cuando no existe consenso entre sus ideas y la de los demás, y si tienen un impase con su jefe jamás lo descargan con sus compañeros. Esta actitud es opuesta a lo planteado por [4] quien sostiene que la ira es una emoción primaria negativa que se desencadena ante situaciones que son valoradas como injustas o que atentan contra los valores morales y la libertad personal.

En cuanto a la envidia, la mayoría de la población nunca compara el logro de sus metas con la de sus compañeros, no desean ocupar la posición de algunos de sus compañeros, nunca les niegan el asesoramiento a sus colegas para impedir sus éxitos, y nunca le han dicho a sus jefes cuando sus colaboradores cometen algún error. Esto contradice lo indicado por [8] quien expresa que la envidia es una emoción que intoxica nuestras relaciones, nuestra forma de conectar con quienes nos rodean.

De la misma forma, para el estrés malo los encuestados expusieron que nunca el desempeño de su trabajo le ha ocasionado alguna enfermedad o alteraciones del sueño, no han sentido que los problemas personales afecten su trabajo, ni cuando tiene poco tiempo para realizar cualquier actividad le produce enfermedad. Al igual que las anteriores emociones, estos resultados también contradicen lo planteado por [9] al expresar que cuando el estrés se ve acompañado con desorden fisiológico o enfermedades se habla de distrés, producido por la liberación de hormonas que hace que el organismo pierda su equilibrio.

Por otra parte, se demostró que la mayoría de la población nunca siente que pueden desplazarla o perder su trabajo cuando entra una nueva persona al equipo o se le pide adiestrar a alguien nuevo, nunca se sienten mal cuando a otros se les da prerrogativas y a ellos no. Es decir, no se sienten celosos, lo que resulta distinto a lo expuesto por [7] cuando sostiene que los celos se dan por miedo a perder a algo. Con relación al indicador vinculado con el rumor se comprobó que la mayoría de la población nunca le teme al cierre de la empresa, a cambios en sus procedimientos o cuando se escucha que habrá reducción de personal. Esta situación no le produce problemas de salud o inquietud, ni le afecta anímicamente, lo cual es diferente a lo explicado por [8] cuando indica que el rumor comienza cuando alguien da crédito a una información y la considera lo bastante importante como para compartirla con otras personas. Vale acotar que lo mismo ocurrió con el indicador ansiedad.

Trabajo a futuro

Dada las limitaciones que surgieron al momento de la aplicación del instrumento en las empresas IPPLUZ, IPASME y el IPSIUTM, los estudios a futuro se enrumbarán en dos sentidos. En primer lugar, se destinarán a encuestar a la porción de la muestra faltante cuya opinión pudiera contradecir los resultados arrojados. En el segundo estudio se procederá a la selección de un tipo de muestra del tipo aleatoria o probabilística donde todos los sujetos que forman parte de estas instituciones tengan la misma probabilidad de ser escogidos. Esto último también permitirá corroborar los hallazgos aquí presentados.

Conclusiones y recomendaciones

Quedó demostrado que los gerentes y colaboradores de los institutos de previsión social estudiados conocen y se sienten bien con las emociones positivas, siendo las más usadas, reconocidas y mostradas la alegría y el estrés bueno, ya que se consideran a gusto y se sienten satisfechos con su trabajo. Pueden equilibrar sus sentimientos para usarlos cuando los necesiten sin que les afecte su ámbito familiar y laboral y mucho menos causarles enfermedades. Se evidenció también que los informantes conocen, saben manejar y equilibrar las emociones negativas para que las mismas no perturben sus relaciones personales y laborales. Dentro de estas emociones, las que saben controlar con mayor efectividad son la envidia, los celos y el rumor. Por lo antes expuesto, se recomienda difundir la información aquí recolectada en lo referente a los tipos de salud emocional y las consecuencias que acarrean las emociones negativas, tanto en el ámbito personal como laboral. Esta difusión debería ser promocionada por la alta gerencia, a través de talleres o congresos con especialistas en el tema, para que el personal de estas instituciones esté actualizado sobre la información novedosa derivada de esta variable.

Referencias

[1] A. Sánchez, *Salud Emocional,* [En línea], Disponible en: www.alfonsoelpidio.com., 2011
[2] R. Bettoni, *Armonía Emocional,* España, Ediciones Roninbook, 2006
[3] B. L. Fredrickson, “Cultivating positive emotions to optimize health and well-being”, *Prevention & Treatment, 3* (1), Article 1. https://doi.org/10.1037/1522-3736.3.1.31a, 2000.
[4] M. Vivas, B.Gallego y D. González, *Educar a las emocion*es, Madrid, Librería-editorial Dykinson, 2006.
[5] Real Academia Española (RAE), [En línea], Disponible en: https://www.rae.es/, 2013.
[6] E. Bravo, *El estrés bueno*. [En línea], Disponible en: http://www.inspirulina.com/el-estres-bueno.html. 2013.
[7] A. Carr, *Psicología positiva: la ciencia de la felicidad,* Barcelona, Editorial Paidós, 2007.
[8] B. Stamateas. *Emociones tóxicas*. Ediciones Barataria. Caracas, Venezuela, 2012.
[9] A. Sequera. *Eustrés o Distrés ¿Cuál es el tuyo?* [En línea], Disponible en: http://www.inspirulina.com/eustres- distres.html, 2013.
[10] R. Hernández, C., Fernández y Baptista, P. *Metodología de la Investigación,* México, McGraw Hill Interamericana, 2014.
[11] M. Namakforoosh, *Metodología de la Investigación,* México, Limusa, 2005.
[12] J. Ruiz, *Metodología de la Investigación Cualitativa*, Bilbao, Deusto, 2012.

Gestión de la Información 4.0 a través de Machine Learning en Empresas del Sector Automotriz

M. Sánchez Galván, J. P. González Farías, M. T. de la Garza Carranza y E. Guzmán Soria.*

Departamento de Ciencias Económicas Administrativas, Tecnológico Nacional de México, Antonio García Cubas 1200, Fovissste, 38010 Celaya, Gto.

**m1903081@itcelaya.edu.mx*

***Área de participación**: Gestión empresarial*

Resumen

En la región del Bajío, la Industria 4.0 ha formado parte de las estrategias del ramo automotriz para garantizar su posición en el mercado. Particularmente *el machine learning* se encuentra desempeñando un papel fundamental para impulsar su competitividad. En el presente artículo, se muestra un instrumento de evaluación para vislumbrar la realidad del sector automotriz a través de una muestra de cinco empresas con relación a la eficiencia en sus procesos en la Gestión de Información, y determinar si éstas cuentan con las bases para implementar *machine learning* para estar a la vanguardia tecnológica que demanda la competitividad del mercado. El instrumento evalúa las competencias digitales del personal, las condiciones organizacionales con respecto a los avances tecnológicos en el sector y los procesos de análisis de datos para generar información confiable en la toma de decisiones a nivel gerencial.

***Palabras clave**: Industria 4.0, Gestión de la Información, Machine Learning.*

Abstract

In the Bajío region, Industry 4.0 has been part of the strategies of the automotive industries to guarantee their position in the market. Machine learning is playing a fundamental role in boosting its competitiveness. In this article, an evaluation instrument is shown to glimpse the reality of the automotive sector through a sample of five companies in relation to the efficiency of their processes in Information Management, and determine if they have the bases to implement machine learning to be at the technological forefront demanded by the competitiveness of the market. The instrument assesses the digital competencies of the personnel, the organizational conditions with respect to technological advances in the sector and the data analysis processes to generate reliable information in decision-making at the managerial level.

***Key words**: Industry 4.0, Information Management, Machine Learning.*

Introducción

La Industria 4.0, puede definirse según Castillo, Davila y Sánchez (2018), como un nuevo modelo de organización y control, combinando ambientes virtuales de información con los procesos de manufactura. La Industria 4.0 ha formado parte de las nuevas tendencias clave para transformar el presente y se encuentra desempeñando un papel fundamental para impulsar la competitividad de las empresas y las economías de la región (Castro y Hernández, 2018).

Existen ciertos aspectos que caracterizan a la Industria 4.0, uno de ellos es en el flujo de datos (Aldakin, 2017), que ha tendido a ser más eficiente gracias a las redes de comunicación, pues se han reducido los tiempos de reacción a los cambios del entorno y en la toma de decisiones. Pero no todas las organizaciones se están adaptando a buen ritmo a los nuevos métodos de esta Industria, ya sea por el coste en la inversión o la velocidad en la que evolucionan estas tecnologías impidiendo el amplio conocimiento y la adopción de sus metodologías.

Para analizar más a detalle esta problemática se seleccionó un ramo de la Industria 4.0 para evaluar las causas y/o deficiencias en algunas empresas del sector automotriz a la hora de incursionar en estas nuevas tecnologías. Por ende, uno de los principales enfoques de esta investigación es el uso de Machine Learning (**ML**) aplicado específicamente en la Gestión de la Información (**GI**).
La principal característica de ML en relación con la GI, es a través de las grandes cantidades de datos (Valdez, 2017), ya que ML es capaz de extraer patrones y relaciones entre estos para predecir comportamientos, esta información generada es de gran utilidad en la toma de decisiones, uno de los principales enfoques de la GI.

Para dar a conocer la raíz de este problema se aplicó un instrumento con una muestra por conveniencia en diferentes empresas de la región, se optó por medir las condiciones organizacionales y en materia de GI, y las competencias personales en la industria 4.0 con enfoque en ML.

Teniendo como finalidad en esta investigación, evaluar los requerimientos necesarios para que las empresas del ramo automotriz en Celaya Guanajuato cuenten con las bases al implementar ML enfocado en la GI.

Metodología

Para definir la metodología de la investigación se utilizó como base los criterios planteados por Hernández, Fernández y Baptista (2010), para establecer que:

El enfoque de investigación es cuantitativo, secuencial y probatorio; miden la relación entre variables para conocer la influencia del ML en la GI de las organizaciones del sector automotriz donde se implemente el muestreo.

El diseño de la investigación es no experimental porque se realiza sin la manipulación deliberada de variables y en ellas sólo se observan los fenómenos en su ambiente natural para después analizarlos; de manera más específica, en relación con la investigación se estudia el comportamiento de las variables planteadas para realizar un análisis, pero no se influye sobre la GI de la organización y mucho menos en la metodología de ML.

Por la forma de recoger la información, tiene un enfoque transversal, porque se recolectan datos en un tiempo único con el propósito de describir las variables y analizar su incidencia e interrelación de las condiciones reales en las que se encuentra el sector automotriz para implementar ML, la GI de las empresas y sus características actuales.

Es de tipo correlacional, pues tiene el propósito de describir relaciones entre dos o más categorías, conceptos o variables en un momento determinado. En esta investigación se planea indagar en la relación que existe entre las nuevas tecnologías 4.0, como ML y la GI con un enfoque hacia la digitalización, competencias del personal y el clima organizacional inherente al implementar estas tecnologías en las organizaciones del sector automotriz.

Resultados y discusión

Elaboración del instrumento

El instrumento que se aplicó es de elaboración propia y se basa en los siguientes cuestionarios para su elaboración:

El cuestionario de Arévalo y Padilla (2016), titulado como “Medición de la Confiabilidad del Aprendizaje del Programa RStudio Mediante Alfa de Cronbach”; en el cual mediante pruebas de normalidad se busca identificar si la muestra obtenida cumple con esta premisa para luego poder aplicar el análisis de consistencia interna Alfa de Cronbach. Lo que se desea determinar es la confiabilidad en el proceso de aprendizaje de los estudiantes de la carrera de Economía que utilizan el software RStudio para hacer sus análisis estadísticos o econométricos.

Con respecto a la investigación, nos presenta un panorama de las variables a medir, como el uso del software, la facilidad de aprendizaje, entre otras, las cuales se ven reflejadas en el apartado de competencias 4.0.

El cuestionario publicado por Horvitz, Kamar, Kossmann y Nushi (2017) se titula: “Sobre intelecto humano y fallas de la máquina: Solución de problemas de sistemas integrales de aprendizaje automático”. En este artículo se estudian las posibles fallas entre la interacción humana y ML planteando variables significativas en el ámbito digital de la presente investigación.

El cuestionario de Cruz, Díaz, & Ruiz (2018), “Instrumento de diagnóstico y autoevaluación para medir las condiciones organizacionales hacia la nueva revolución industrial 4.0”. En el cual se plantea el mejoramiento del ambiente organizacional a través de un instrumento de diagnóstico y autoevaluación orientado hacia la industria 4.0.

Este instrumento aporta a la investigación algunos reactivos relevantes en el campo digital para entender a través del diagnóstico la situación actual en el contexto automotriz con respecto a ML.

Por último, el cuestionario de Athos, Francesco, Mummolo y Wagner (2019) “Model to evaluate the Industry 4.0 readiness degree in Industrial Companies” se aborda un panorama global sobre la industria 4.0, sobre la literatura y las consultas que se han realizado en lo últimos años con respecto al grado de preparación de las empresas para la implementación de esta.

Aportando a la presente investigación reactivos significativos con respecto a las competencias y condiciones organizacionales sobresalientes de la industria 4.0 en relación con la GI.

Dimensiones del instrumento

Con base en los trabajos originales de Arévalo y Padilla (2016), Horvitz, Kamar, Kossmann y Nushi (2017), Cruz, Díaz y Ruiz (2018) y Athos, Francesco, Mummolo y Wagner (2019), es posible identificar tres dimensiones fundamentales en la investigación, para la elaboración del instrumento: Condiciones Organizacionales, Condiciones en materia de Gestión de Información y Competencias del personal, todo en materia de Industria 4.0. La descripción de cada una de dichas dimensiones se presenta en la Tabla 1.

El instrumento resultante tiene como objetivo de ayudar a las empresas a identificar las áreas de oportunidad con relación a la industria 4.0 y sus avances tecnológicos dentro de los procesos de gestión de información para una correcta implementación de ML.

Tabla 1. Dimensiones para la evaluación de implementación de ML en la GI.

Dimensión	Descripción
Datos Generales	Se recaban los datos del encuestado con el fin de identificar el sujeto de análisis.
Condiciones Organizacionales	Se recaban datos de esta dimensión con la finalidad de conocer los elementos o la situación relacionada con la empresa en materia de infraestructura, personal y recursos en materia de Industria 4.0.
Condiciones en materia de Gestión de Información	Se recaban datos de esta dimensión con la finalidad de conocer la situación relacionada con la organización, control y gestión de datos para el uso de información digital en materia de Industria 4.0, en la empresa.
Competencias del personal	Se recaban datos de esta dimensión con la finalidad de conocer la situación relacionada con las capacitaciones, inducciones, cursos o habilidades del personal en materia de Industria 4.0, en la empresa.

Las preguntas están relacionadas con la infraestructura y/o condiciones organizacionales, la gestión de datos y las competencias digitales para la promoción de una cultura tecnológica encaminada hacia la industria 4.0 con enfoque en ML.

Con el fin de determinar la validez del contenido del instrumento de medición, en sesión científica se realizó una consulta de expertos utilizando el método de Lawshe modificado (Tristán, citado por Cavazos Arroyo, Cervantes Benavides, Máynez Guaderrama, & Vargas Salgado en 2016), el cual propone un modelo que consiste en organizar un panel de evaluación, integrado por especialistas en la tarea a evaluar; estos emiten su opinión, clasificando en tres categorías los indicadores propuestos: esencial, útil pero no esencial, no esencial.

Los valores de la razón de validez de contenido (**CVR**) de cada uno de los ítems se muestran a continuación en la Tabla 2.

Tabla 2. Valores de la Razón de Validez de Contenido, del método de Lawshe modificado.

	EXPERTO 1	EXPERTO 2	EXPERTO 3	EXPERTO 4	EXPERTO 5	EXPERTO 6	CVR
ITEM 1	1	3	1	2	3	1	0.000
ITEM 2	3	3	1	2	3	3	0.667
ITEM 3	1	3	2	1	3	3	0.333
ITEM 4	3	3	3	3	3	3	1.000
ITEM 5	3	3	1	3	3	3	0.667
ITEM 6	3	3	3	3	3	3	1.000
ITEM 7	3	3	2	2	3	3	1.000
ITEM 8	3	3	3	2	3	3	1.000
ITEM 9	3	3	3	2	3	3	1.000
ITEM 10	3	3	3	3	1	3	0.667
ITEM 11	3	3	2	2	3	3	1.000
ITEM 12	3	3	3	2	3	3	1.000
ITEM 13	3	3	2	2	3	3	1.000
ITEM 14	3	3	3	2	3	3	1.000
ITEM 15	3	3	3	2	3	3	1.000
ITEM 16	3	3	3	2	3	3	1.000
ITEM 17	3	3	3	2	3	3	1.000
ITEM 18	1	2	2	3	1	3	0.333
ITEM 19	3	3	2	3	3	3	1.000
ITEM 20	3	3	1	3	3	3	0.667

ITEM 21	3	3	2	3	2	3	1.000
ITEM 22	3	3	2	3	3	3	1.000
ITEM 23	3	2	2	2	3	3	1.000
ITEM 24	3	3	2	3	3	3	1.000
ITEM 25	3	2	2	3	3	3	1.000
ITEM 26	3	2	2	2	3	3	1.000
ITEM 27	3	2	1	3	3	3	0.667
ITEM 28	3	2	2	3	3	3	1.000
ITEM 29	3	3	1	3	3	3	0.667
ITEM 30	3	3	3	2	3	3	1.000
ITEM 31	3	2	3	3	3	3	1.000
ITEM 32	3	2	3	2	3	3	1.000
ITEM 33	3	2	3	3	3	3	1.000
ITEM 34	3	2	3	2	3	3	1.000
ITEM 35	3	3	3	3	3	3	1.000
ITEM 36	3	3	3	3	3	3	1.000
ITEM 37	3	3	3	3	3	3	1.000
ITEM 38	3	3	3	2	3	3	1.000
ITEM 39	3	2	3	3	3	3	1.000
ITEM 40	3	2	3	3	3	3	1.000
ITEM 41	3	3	3	3	3	3	1.000
PROMEDIO TOTAL							0.894

Los resultados obtenidos en la tabla 2 demuestran que la mayoría de los ítems se consideran aceptables dado que los valores superan el punto de corte mínimo de 0.58. Se puede observar que los ítems 1, 3 y 18 se encuentran por debajo del valor aceptado; también se puede apreciar que el índice de validez global es de 0.894 o 89.4%, haciendo valido el instrumento.
Con base en los resultados obtenidos, se procedió a la eliminación de ítems del instrumento, en aquellos casos en que su valoración fue menor de 0.58, manteniendo todos aquellos ítems en los que su valor superó el punto de corte mínimo. En la versión final, el instrumento quedó integrado por 38 ítems de 41.

Trabajo a futuro

Se espera en un mediano plazo terminar de aplicar los instrumentos en las cinco empresas sujeto de estudio y realizar el análisis estadístico inferencial mediante pruebas no paramétricas, en las que se incluyen las prueba de chi-cuadrado Pearson, el análisis del ANOVA de un factor, análisis Binominal, la prueba de Mann-Whitney, la prueba de Kruskal-Wallis, la prueba de la mediana de Mood y la Prueba de Friedman, para la comprobación de las hipótesis se utilizarán la correlación de Spearman y la Correlación Ordinal.

Esto permitirá determinar las condiciones y los requerimientos necesarios por las empresas sujeto de estudio en la adopción del ML para la optimización de sus procesos.

Aplicación del instrumento

Se aplicó el instrumento en cinco empresas del sector automotriz, tomando como muestra significativa a 84 sujetos de estudio hasta el momento, de las empresas: Toyota 36 sujetos de estudio; CIE Celaya 23 sujetos de estudio; GKN Driveline 12 sujetos de estudio; Honda 9 sujetos de estudio y PEMSA 4 sujetos de estudio, hasta el momento.

 ISSN 2007-8102

Remarcando que la muestra es por conveniencia, en esta se incluyen a distintos departamentos con relación al manejo de información y a las competencias del personal, así como las condiciones organizacionales para adecuar esta metodología, tomando como muestra mandos operativos, mandos medios y gerenciales.

En la Figura 1 se muestra la estadística descriptiva.

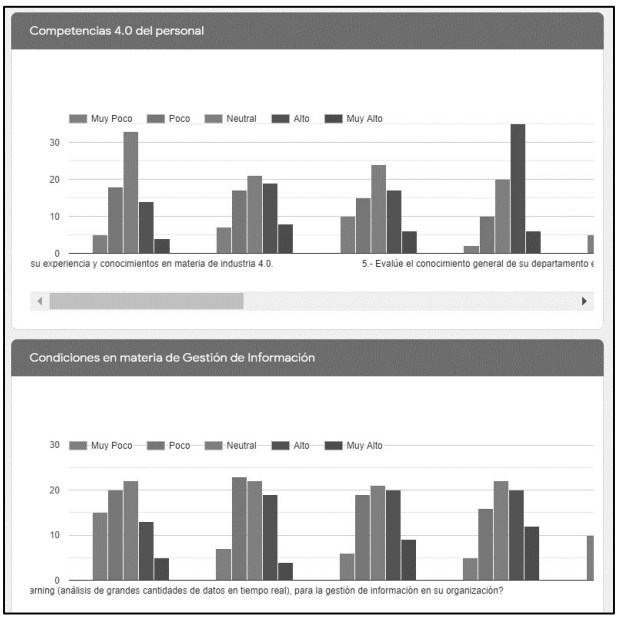


Figura 1. Distribución porcentual de datos para conocer las competencias del personal y las condiciones en materia de GI.

Conclusiones

Se puede inferir con base en los resultados preliminares que las empresas sujeto de estudio han presentado dificultades al asimilar la Industria 4.0. aun siendo el Estado de Guanajuato pionero en la implementación de procesos digitales encaminados a la cuarta revolución industrial, liderado por el sector automotriz en la implementación de estas tecnologías para optimizar sus procesos.
Si bien nuevas tecnologías ya se están aplicando en gran parte del mundo, en México se continúa aún un proceso de mejora, los resultados del presente estudio facilitarán esta transición digital que llego para quedarse, y permitirá conocer la realidad y los requisitos para su implementación, permitiendo conocer los esfuerzos económicos, operativos y tecnológicos para la estandarización de los procesos para su adopción.

Referencias

[1] Aldakin, «Industria 4.0. Qué es, ventajas e inconvenientes,» 23 octubre 2017. [En línea]. Available: http://www.aldakin.com/industria-4-0-que-es-ventajas-e-inconvenientes/.

[2] A. R. Valdez Alvarado, «Introducción al Machine Learning con BigML,» ResearchGate, San Andres, 2017.

[3] R. Hernández, C. Fernández y M. Baptista, Metodología de la Investigación, México, D.F.: Mc Graw Hill, 2010.

[4] D. Arévalo y C. Padilla , «Medición de la Confiabilidad del Aprendizaje del Programa RStudio Mediante Alfa de Cronbach,» Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, Ecuador, 2016.

[5] E. Horvitz, E. Kamar, D. Kossmann y B. Nushi, «On Human Intellect and Machine Failures: Troubleshooting Integrative Machine Learning Systems,» ETH Zurich, Department of Computer Science, Switzerland, WA, USA, 2017.

[6] A. Cruz, M. Díaz y H. Ruiz , «Instrumento de diagnóstico y autoevaluación para medir las condiciones organizacionales hacia la nueva revolución industrial 4.0,» *RIIT,* p. 14 páginas, 2018.

[7] P. Athos, F. Francesco, G. Mummolo y C. Wagner, «Model to evaluate the Industry 4.0 readiness degree in Industrial Companies,» ELSEVIER, Sao Paulo, 2019.

[8] J. Cavazos Arroyo, L. E. Cervantes Benavides, A. I. Máynez Guaderrama, y M. Vargas Salgado, «Validez de contenido de un instrumento de medición para medir el liderazgo transformacional,» IBFR, Ciudad Juárez, 2016.

[9] E. Castro y L. Hernández, «Industria 4.0 Revoluciona al Sector Manufacturero,» 30 Marzo 2018. [En línea]. Available: https://www.mexicoindustry.com/es/news/guanajuato/industria-4-0-revoluciona-al-sector-manufacturero.

[10] D. Castillo Giraldo, J. Davila Gilede y P. J. Sánchez Caimán, «Industria 4.0 y Tendencias en la Ingeniería Industrial,» ResearchGate, Colombia, 2018.

Gestión Estratégica: experiencia para un alto desempeño en una Institución de Educación Superior

L. Venegas Michel, O. F. Guzmán, N.E. Rodríguez Maya, B. Ortuño Vaca*
División de Estudios de Posgrado e Investigación, Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico de Zitácuaro, Av. Tecnológico 186, Manzanillos, C.P. 61534, Zitácuaro, Michoacán
*noel.rm@zitacuaro.tecnm.mx
***Área de participación**: Ingeniería Administrativa*

Resumen

Hasta el año 2016, el Tecnológico Nacional de México, Campus Zitácuaro, atendía principalmente actividades de licenciatura dejando a un lado actividades sustantivas de investigación y posgrado. Para atender las necesidades de investigación y posgrado, a finales del año se implementaron estrategias de alto impacto delineándose los siguientes objetivos: obtención de perfil deseable, cuerpos académicos, proyectos de investigación, movilidad, creación de posgrados y reconocimiento del SNI. En el presente trabajo se describen las principales actividades, objetivos y metas definidos en un marco de gestión estratégica para fortalecer los indicadores institucionales de investigación y posgrado. Con las estrategias establecidas, en menos de 3 años se han obtenido los siguientes resultados: 24 PTCs con perfil deseable, creación de 7 cuerpos académicos, 11 proyectos de investigación, 24 estudiantes y 4 docentes en movilidad nacional e internacional, creación de 2 programas de posgrado y reconocimiento de 2 docentes en el SNI.

***Palabras clave**: IES, indicadores institucionales, gestión estratégica, alto desempeño.*

Abstract

Until 2016, the National Technological Institute of Mexico, Campus Zitacuaro, mainly attended undergraduate activities, leaving aside substantive research and postgraduate activities. To meet the research and postgraduate needs, at the end of the year high impact strategies were implemented outlining the following objectives: obtaining desirable profile, academic groups, research projects, mobility, creation of postgraduate degrees and recognition of the SNI. In this work are described the main activities, objectives and goals defined in a framework of strategic management to strengthen de institutional indicators of research and postgraduate. With the established strategies, in less than 3 years the following results have been obtained: 24 PTCs with desirable profile, creation of 7 academic groups, 11 research projects, 24 students and 4 teachers in national and international mobility, creation of 2 postgraduate programs and recognition of 2 teachers at the SNI.

***Key words**: IES, institutional indicators, strategic management, high performance.*

Introducción

En el año 2016, el Tecnológico Nacional de México (TecNM), Campus Zitácuaro, a 25 años de su creación, y, pese a varios esfuerzos realizados, no había podido incursionar en las áreas de Investigación, Extensión y Vinculación, debido principalmente al desconocimiento, la inexperiencia, la falta de autoconfianza y un liderazgo efectivo, que fueron, durante varios años, áreas de oportunidad que se establecieron de manera profunda en la Institución. Aunado a esto se cuenta con una limitada plantilla de personal docente —72 profesores(as), 42% de Tiempo Completo (PTC) y el 58% de Asignatura (PTP)— cuyas actividades se dirigían exclusivamente a la atención de estudiantes de licenciatura en el aula, además de la existencia de tan solo de 3 docentes con el grado de doctorado. A pesar de contar con una matrícula de licenciatura 2,164 estudiantes distribuidos en 7 Programas Educativos, y de haber experimentado varios procesos de evaluación por parte de organismos acreditadores y de gestión de calidad, los siguientes indicadores en el rubro particular de Investigación presentaban un avance mínimo, no sistemático o nulo [7]:

- Generación de productos académicos de alto impacto (artículos, capítulos de libro, libros, desarrollos tecnológicos, ponencias, entre otros).
- Incremento de los profesores con el grado de maestría y doctorado.
- Mayor participación en el reconocimiento de perfil deseable y generación de cuerpos académicos.
- Definición de las Líneas de Generación y Aplicación del Conocimiento por programa educativo.
- Participación en la generación de proyectos de investigación con financiamiento.
- Establecimiento de un programa de movilidad nacional e internacional para estudiantes y docentes.
- Participación en el reconocimiento del Sistema Nacional de Investigadores.
- Generación de programas educativos de posgrado.

En sus 25 años de vida, el ITZ cuenta con un total de 1,500 egresados de los diferentes programas educativos. La planeación y operación de las actividades a realizarse cada año en la institución, son plasmadas en el Programa de Trabajo Anual, a través de metas agrupadas por procesos estratégicos: académico, vinculación, planeación, calidad y administración de los recursos. De los procesos estratégicos que más impactan en temas de investigación y posgrado, se encuentra el proceso académico y el de vinculación. El proceso académico define metas relacionadas con investigación y posgrado (por ejemplo número de PTCs con estudios de posgrado, PTCs con perfil deseable, participación de estudiantes en eventos de creatividad, emprendedores y ciencias básicas, entre otros). De la misma manera el proceso estratégico de vinculación define metas alineadas a las actividades de investigación y posgrado (por ejemplo registro de propiedad intelectual, adopción de modelos de incubación de empresas, entre otros). Estos indicadores no se habían estado cumpliendo completamente, siendo necesario un análisis y definición de estrategias que permitieran el incremento y consolidación [7, 8].

La educación continua, la divulgación de científica y tecnológica, y la oferta de programas de posgrado son necesidades ineludibles que la sociedad zitacuarense y de la región oriente del estado demanda de manera urgente. En ese sentido, se han ofertado cursos de titulación para egresados de diferentes carreras, se han impartido cursos de actualización para egresados y público en general, se han impartido ponencias en foros en donde se imparten conferencias, talleres y foros de debate en el marco de la Semana Nacional de Ciencia y Tecnología. De la misma manera se generó una propuesta de posgrado 'Maestría en Planificación de Empresas y Desarrollo Regional' la cual presentó avances importantes.

En la actualidad, y ante una generación de millennials, pareciera ser que los estudiantes han perdido la capacidad de asombro, de explorar nuevos conocimientos, la curiosidad por descubrir y por entender; es por esto que la formación profesional y la investigación constituyen un binomio perfecto para afrontar los retos actuales de entornos cada vez más cambiantes.

En este trabajo se define como objetivo general: utilizar la gestión estratégica para incursionar en el área de Investigación e incrementar los indicadores institucionales del ITZ. Las preguntas que dirigen la investigación son: ¿qué estrategias son las más óptimas para alcanzar de forma efectiva y eficiente indicadores en el rubro de la investigación?, ¿cómo situar al Campus Zitácuaro en un estatus de "desarrollo" en el contexto de la educación superior tecnológica?, ¿qué acciones realizar para incursionar en nuevas áreas de actuación académica?, ¿cómo lograr resultados en el área de investigación, con capital humano reducido, recursos financieros limitados y falta de infraestructura TIC?, ¿cómo motivar a aquellos docentes cuyas plazas se encuentran en el nivel más alto de su categoría para realizar un mayor esfuerzo?, ¿cómo motivar al personal docente de asignatura y con grado de doctor, cuando no se tienen los recursos necesarios para compensar de manera justa su colaboración y esfuerzos?. Como se puede observar, son varias las interrogantes planteadas, previéndose complejo el liderar y llevar a un estatus de en "Desarrollo" a una Institución de Educación Pública de Nivel Superior, con carencias y recursos limitados o nulos. Las condiciones en que se desarrollan los procesos educativos no siempre son favorables, sin embargo, una reflexión compartida sobre la mejora de procesos y la implementación de estrategias clave para una formación integral y de calidad de los estudiantes, debe ser el punto de partida para adoptar como una constante, la función de investigación, tanto formativa como científica.

Gestión Estratégica

Ante realidades sociales, económicas, medioambientales y tecnológicas, cada vez más cambiantes y diversas, así como la generación de nuevos conocimientos que constituyen una plataforma sobre la cual se asienta la competitividad internacional, resulta indispensable para cualquier Institución de Educación Superior (IES) brindar a la sociedad ciudadanas y ciudadanos del mundo con competencias que permitan responder a estos desafíos con éxito. Por esta razón el Tecnológico Nacional de México, Campus Zitácuaro, está convencido de que su capacidad académica y formativa está en función de su competencia científica, es decir, en función de su potencial para construir nuevos conocimientos; desde esta perspectiva, es imperante incursionar tanto en la investigación científica como en la investigación aplicada o tecnológica, pues ambas son productoras de conocimiento; por otra parte, la investigación formativa también impacta de forma directa en los procesos de enseñanza - aprendizaje.

Aunado a lo anterior, la evaluación de organismos acreditadores, para reconocer la calidad de los programas educativos, resalta la función de Investigación como un compromiso ineludible de cualquier IES que se precie de contar con este reconocimiento.

Para tener una actuación de gran competitividad o de alto desempeño, es necesario que las IES reflexionen en torno a su gestión estratégica, reconociéndola más que un ejercicio anual obligatorio, en una función diaria que busca de forma innovadora estrategias y tácticas que cambien las organizaciones y logren un posicionamiento de éxito al adaptarse de forma flexible a su entorno. Los cambios más trascendentales que ha experimentado el TecNM Campus Zitácuaro en los últimos 5 años, son producto de una atinada Gestión Estratégica, entendida ésta por Uzcátegui [9] como el proceso armónico que procura la eficacia, vinculando la planificación estratégica con otros sistemas de gestión y que involucra a todos los responsables para su desarrollo e implementación.

También, la gestión es la disposición y organización de los recursos de un individuo o grupo para obtener los resultados esperados [5].

Y para Hernández y Pulido [3], la gestión es un proceso intelectual, creativo para diseñar y ejecutar directrices y procesos estratégicos y tácticos de un Organismo Social Productivo (OSP), también coordina los recursos para alcanzar los objetivos de ese OSP.

Cabe resaltar en cada una de estas definiciones, la actuación y presencia indispensable de las estrategias; el diseño creativo, flexible y humanista de éstas configuran escenarios de gran realidad para el logro de una visión prospectiva, es decir, una proyección positiva, de crecimiento, de mejorar día con día, a pesar de los retos y entornos cambiantes que puedan presentarse en cualquier IES.

Para el Instituto de Prospectiva Estratégica de España (1999):

La prospectiva es una disciplina con visión global, sistémica, dinámica y abierta que explica los posibles futuros, no sólo por los datos del pasado sino fundamentalmente teniendo en cuenta las evoluciones futuras de las variables (cuantitativas y sobretodo cualitativas) así como los comportamientos de los actores implicados, de manera que reduce la incertidumbre, ilumina la acción presente y aporta mecanismos que conducen al futuro aceptable, conveniente o deseado.

Esta definición, sorprendería a cualquier estratega o gestor, que optara ponerla en ejecución, debido a que cada término identificado en la gestión estratégica del Tecnológico Nacional de México, Campus Zitácuaro, hizo posible (aunado a otros elementos) el logro de diversos indicadores institucionales, es decir, el trabajar a diario, partiendo de un pensamiento estratégico, holístico, sistémico, dinámico y humanista, con la certeza de alcanzar un futuro deseado, impregna de motivación y entusiasmo al personal de cualquier organización.

Una vez que se ha establecido y compartido —de forma clara— una visión prospectiva del nivel al que se desea llegar, surgen los siguientes cuestionamientos, ¿qué hacer? y ¿cómo hacerlo?, es el momento preciso de resaltar la actuación de uno de los actores principales de este escrito, las estrategias, mismas que son las clave para el logro de los indicadores de investigación en el ITZ, así mismo, constituyen el agente que permitió coordinar y gestionar los recursos humanos, tangibles e intangibles.

Aunque el alcance de esta ponencia solo se circunscribe al rubro de Indicadores Institucionales de Investigación, es imperante mencionar que el crecimiento generado por las estrategias implementadas, no solo impactó esta área, sino fue más allá, diversos indicadores se aglutinaban, generando una sinergia positiva para el logro de la estrategia organizacional. El presente

documento no pretende exponer un modelo de administración estratégica, únicamente, su alcance radica en compartir una experiencia en el desarrollo del Tecnológico Nacional de México, Campus Zitácuaro, lograda en un tiempo record (4 años) mediante diversas herramientas de la Gestión Administrativa.

Partiendo de la Dirección en una IES, considerada como un proceso intelectual que planea, organiza, dirige y controla los esfuerzos de una organización, sin dejar de lado, la orientación, motivación y mejora continua con repercusiones directas en el proceso enseñanza-aprendizaje. Se dice que un directivo pasa la mayor parte de su tiempo tomando decisiones, sin duda alguna, pero una acción primordial, lo constituye la formulación de estrategias.

Para grupo Albe Consultoría [2]:

Una estrategia organizacional, fija su atención en ambos sentidos —efectividad y eficiencia— y requiere no solo del conocimiento de la realidad que vive la organización, sino también de la intuición que sólo da la experiencia en el negocio, es por esto que es de suma importancia combinar tanto la planeación formal como la planeación intuitiva.

Desde el punto de vista de Mintzberg [6], la estrategia conduce también a algunos de los aspectos fundamentales sobre las organizaciones como instrumentos de percepción y acción colectivas.

Por lo tanto, ante un plan intuitivo y con gran experiencia como fue el caso del ITZ, aunado a un comportamiento colectivo, llámese docentes, estudiantes, personal administrativo, y públicos interesados, la estrategia, como perspectiva, demanda la difusión de las intenciones del cuerpo directivo, para que éstas sean compartidas como normas y valores sociales.

Metodología

Como punto de partida, la estrategia organizacional seguida en la Institución, fue la mejora de procesos; en cada acción, actividad, procedimiento y proceso, se identificó un impacto; desde los niveles de eficiencia, eficacia, productividad y competitividad, hasta en la cultura del ITZ. Para WorkMeter [10], los procesos conforman el ADN de nuestro negocio, y mejorarlos de forma continua ha de ser una de nuestras premisas.

Otra de las estrategias utilizadas fue el benchmarking, con escasos recursos y siempre como limitante el tiempo, la Institución no podía hacer mejor uso de esta herramienta, en poco tiempo y con el mínimo de recursos, atrapar el conocimiento y llevarlo al Campus para implementarlo de acuerdo a su contexto, fue algo que se realizó en repetidas ocasiones.

Con la firme premisa de mejorar todo lo que se tenía como prospectiva, y aún más, lo que no estaba planeado y “sólo pasaba frente a la alta Dirección como un área de oportunidad”, en gran medida, se concretó en realidades, gracias a un liderazgo efectivo, tenaz y con gran sentido humanista de la Dirección.

Según [4] entendiendo al liderazgo como:

La capacidad de influir en las personas para que se esfuercen voluntaria y entusiastamente en el logro de las metas del grupo. Esta definición supone cuatro aspectos: 1) Capacidad para usar el poder (autoridad formalmente delegada por la institución) de modo responsable, 2) Capacidad para comprender que los seres humanos tenemos diferentes fuerzas de motivación en distintos momentos y situaciones, 3) Capacidad para inspirar (el objetivo) y 4) Capacidad para actuar en forma tal que se propicie un ambiente de respuesta a las motivaciones y fomento de éstas.

Sin embargo, para ejercer un liderazgo efectivo en una Institución Educativa de carácter público —en donde la plantilla de personal es muy limitada debido al nulo crecimiento de plazas tanto docentes como administrativas pero no así la matrícula, el incrementarla pareciera ser el indicador más importante, sin considerar programas suficientes para la infraestructura, las becas, el financiamiento, entre otros— se requieren competencias y valores muy particulares como: conocer el sector, el sistema al cual pertenece la Institución, la normatividad aplicable, entender los problemas de forma no lineal, trabajar en equipo, capacidad para relacionarse con los demás, aprender de la experiencia y de los errores, orientar, animar, ser empático, conducirse con honestidad, ser tenaz, actuar con rapidez, ser asertivo, así como generar una memoria organizacional, principalmente.

Si fuera necesario puntualizar el tipo de liderazgo desarrollado en los últimos 4 años en el ITZ para incursionar en nuevas áreas de actuación académica, lograr resultados en el área de investigación, con poco capital humano, recursos financieros limitados y falta de TIC, motivar a los docentes, al

personal administrativo y estudiantes, para definir óptimas estrategias, alcanzar de forma efectiva y eficiente indicadores en el rubro de la investigación planteados desde las condiciones e intelecto de cada directivo y de cada docente, y, por ende, situar al Campus Zitácuaro en un estatus de "desarrollo" en el contexto de la educación superior tecnológica definitivamente se destacaría un liderazgo transformacional impregnado de un pensamiento estratégico, holístico, sistémico, pero sobre todo humano.

No fue sencillo, el implementar cambios en cualquier organización resulta un gran reto, un aprender día a día, un esfuerzo cada mañana, cada noche, dar confianza hasta a los más escépticos, implementar objetivos, planes, estrategias, programas, actividades, acciones.

De acuerdo con [1], el proceso de planeación estratégica implementado en el ITZ, se integró por:

1. La definición de objetivos estratégicos.
2. Verificación de la situación actual frente a los objetivos, para saber en dónde se está y qué se debe hacer.
3. Desarrollo de premisas sobre las condiciones futuras.
4. Análisis de las alternativas de acción.
5. Selección de un curso de acción entre las diversas alternativas.
6. Implementación del plan y evaluación delos resultados.

Lo anterior, en suma con una estrategia de mejora de procesos y de benchmarking fueron los elementos esenciales que le permitieron al Tecnológico Nacional de México, Campus Zitácuaro, en poco tiempo y con limitados recursos, incursionar en el área de la Investigación.

Implementación del proceso para el Impulso a la Investigación en el ITZ

A finales del año 2016 se implementó el Programa de Impulso a la Investigación, en donde se delinearon los objetivos y se implementaron estrategias para el impulso a la obtención del Perfil Deseable PRODEP, la creación de Cuerpos Académicos, la participación en proyectos de investigación ante instancias nacionales e internacionales y la obtención del reconocimiento del Sistema Nacional de Investigadores.

a) **Perfiles deseables PRODEP:** Como parte de las acciones para que los docentes pudieran acceder al reconocimiento y apoyo de Perfil Deseable de PRODEP, a inicios del año 2017 se capacitó a funcionarios y docentes por parte de expertos en la materia: Dra. Ma. Rosario González Mota del Instituto Tecnológico de Aguascalientes y Dr. Gerardo Loreto Gómez del Instituto Tecnológico Superior de Uruapan. En el año 2018, se continuó con las acciones de seguimiento y fortalecimiento de las actividades de capacitación de funcionarios y docentes de las reglas de operación PRODEP, contando con la participación e impulso del Dr. Arturo Torres Bugdug de la Universidad Autónoma de Nuevo León. Es importante mencionar que el Dr. Torres fue contactado en una de las conferencias que el ANFEI organiza año con año en la reuniones nacionales, gracias al trabajo activo de estas organizaciones es como pueden aprovecharse los talentos y las experiencias de otras Instituciones Educativas de Nivel Superior.

b) **Cuerpos académicos:** Como parte de la necesidad de trabajo colaborativo y colegiado por parte de los docentes-investigadores, en el año 2017 se sometieron para evaluación 6 Cuerpos Académicos ante PRODEP, resultando beneficiados 5 Cuerpos Académicos en Formación: Ciencia y Tecnología Agroalimentaria, Gestión e Innovación Tecnológica Sustentable, Las Ciencias en las Competencias Profesionales, Procesos Industriales Sustentables y Sistemas Computacionales. Atendiendo los programas educativos de: Ingeniería en Industrias Alimentarias, Contador Público, Licenciatura en Administración, Ingeniería en Gestión Administrativa, Ingeniería Industrial, Ingeniería Electromecánica e Ingeniería en Sistemas Computacionales.

c) **Proyectos de investigación:** A partir del año 2017 se comenzó la participación de docentes-investigadores y Cuerpos Académicos en convocatorias de proyectos de investigación con financiamiento y sin financiamiento. Anualmente se incrementó la participación de los docentes-

 ISSN 2007-8102

investigadores y cuerpos académicos en diferentes convocatorias nacionales, teniendo como siguiente objetivo el sometimiento de proyectos de investigación a nivel internacional.

d) **Sistema Nacional de Investigadores (S.N.I.):** En la convocatoria 2019 del Sistema Nacional de Investigadores (SNI) aplicaron 3 docentes-investigadores. De tal manera que Tecnológico Nacional de México, Campus Zitácuaro, cuente con sus primeros investigadores(as) con este reconocimiento.

Para lograr este tipo de retos, se requieren directivos con un perfil profesional, a la altura de la complejidad de los procesos a coordinar, liderar y dirigir; sobre todo líderes que impulsen la mejora continua con una visión de calidad pero también de calidez.

Resultados y discusión

Los siguientes resultados son consecuencia directa de la implementación de diversas estrategias efectivas, de una serie de programas ágiles y de una atención personalizada a cada uno de los actores implicados en el proceso educativo de nuestra Institución, y, principalmente, son origen de un pensamiento directivo impregnado de un gran sentido humano, de mejora continua e innovación constante. Dichos logros responden a los retos estratégicos, a la demanda y necesidades de los diversos grupos de interés: estudiantes, personal, comunidad, sector productivo y Dirección General del TecNM. Con la finalidad de exponer de una manera clara y objetiva los resultados obtenidos por el Tecnológico Nacional de México, Campus Zitácuaro en los últimos cuatro años, se presentan de forma gráfica los indicadores institucionales que han permitido a este Tecnológico alcanzar un alto rendimiento en poco tiempo. Cabe señalar que se incluyen otros indicadores de productividad académica, no menos importantes, que son productos subyacentes a los temas medulares del presente escrito. La Figura 1 muestra la cantidad de productos académicos generados en el periodo 2015 a 2019; se aprecia que el mayo volumen de productos se encuentra en las memorias de congreso seguido por la generación de publicaciones en revistas indexadas y arbitradas. Algunos de los productos académicos que también se han estado generando son: libros, capítulos de libro, propiedad intelectual y divulgación de la ciencia.

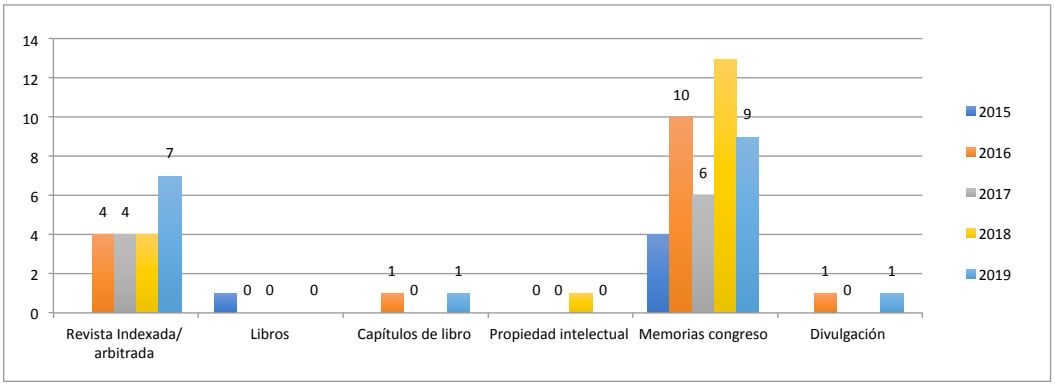


Figura 1. Productos académicos de alto impacto generados en el periodo 2015 a 2019.

En el año 2016 el 53% de los PTCs contaba con posgrado, para el año 2019 se incrementó a 57% de los PTCs. Como se puede observar en la Figura 2, en el periodo 2017 a 2019 se ha incrementado notablemente el número de PTCs con el reconocimiento de perfil deseable; en el año 2018 se alcanzó un total 14 PTCs lo que representó el 46% de PTCs con el reconocimiento, reconociendo al ITZ como el 4º lugar a nivel nacional en el contexto del TecNM.

 ISSN 2007-8102

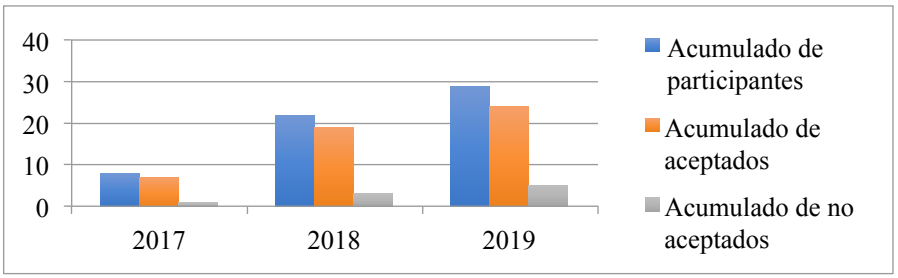


Figura 2. Total de participaciones en el reconocimiento de Perfil Deseable.

A la par de perfil deseable, también se han establecido cuerpos académicos reconocidos por PRODEP; en el año 2017 se contaba con 5 cuerpos y en el año 2019 con un total de 7 cuerpos académicos. En el año 2017 se definen las Líneas de Generación y Aplicación del Conocimiento por programa educativo (ver Figura 3), quedando finalmente complementadas en el 2019 con la inclusión de las programas educativos de reciente creación (Ingeniería en Innovación Agrícola Sustentable, Maestría en Gestión Administrativa y Maestría en Sistemas Computacionales).

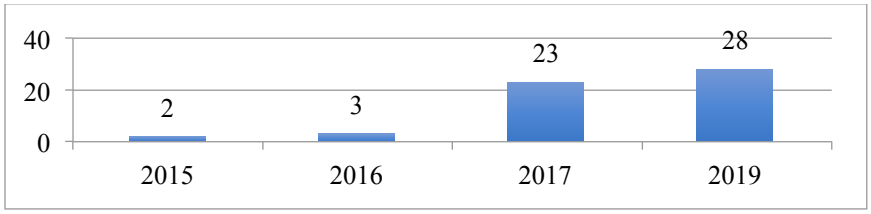


Figura 3. Líneas de investigación por año.

Como se puede apreciar en la Figura 4, el número de proyectos sometidos se ha incrementado significativamente lo cual ha beneficiado de manera directa los proyectos de investigación de los cuerpos académicos.

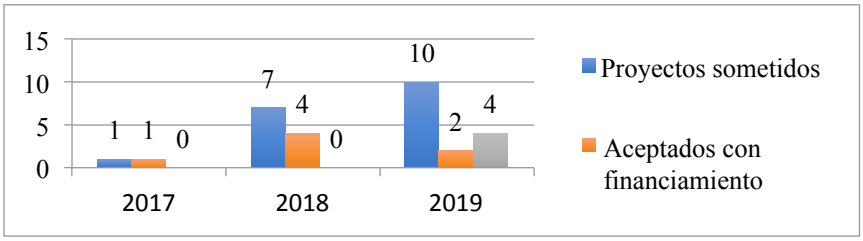


Figura 4. Proyectos aceptados con y sin financiamiento en el periodo 2017-2019.

En el año 2018 se estableció en el instituto el programa interinstitucional para el fortalecimiento de la investigación y el posgrado del pacífico (Delfín), al mismo tiempo se definió el programa de Internacionalización como estrategias para atender la movilidad de estudiantes y docentes a nivel nacional e internacional. Como se puede observar en la Figura 5, se ha tenido un notable incremento del número de estudiantes y docentes que participan en los programas de movilidad nacional e internacional.

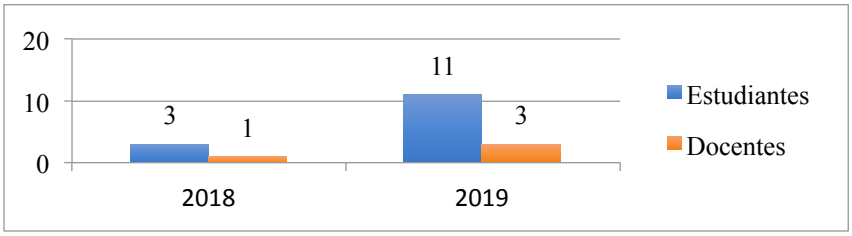


Figura 5. Total de estudiantes y docentes que participaron en programas de movilidad.

En el año 2019 participaron un total de 3 docentes investigadores en la convocatoria de reconocimiento de SNI obteniendo los resultados mostrados en la Tabla 1.

Tabla 1. Profesores que sometieron candidatura en convocatoria de SNI.

Año	*Área*	*SNI nivel*	*Resultado*
2019	Área I. Físico matemáticas y ciencias de la tierra	Candidato	No aceptado
2019	Área VI. Biotecnología y ciencias agropecuarias	I	Aceptado
2019	Área VI. Biotecnología y ciencias agropecuarias	I	Aceptado

En el mes de abril del año 2018 se integraron 2 propuestas de programas educativos de posgrado ante la Dirección de Posgrado Investigación e Investigación del TecNM (Tabla 2), después de un proceso exhaustivo se cumplieron todos los requisitos para finalmente obtener el registro en febrero del año 2019 para ingreso de la primer generación en agosto de 2019.

Tabla 2. Programas de posgrado sometidos ante TecNM.

Año	*Programa de posgrado*	*Aceptado*
2015	Maestría en Planificación de Empresas y Desarrollo Regional	No
2018	Maestría en Gestión Administrativa	Si
2018	Maestría en Sistemas Computacionales	Si

Conclusiones

El uso de herramientas de gestión estratégica en conjunto con liderazgo con sentido humano y la participación decidida de los principales actores de la institución (docentes, administrativos y funcionarios) ha permitido alcanzar indicadores instituciones de investigación y posgrado que en etapas anteriores era difícil si quiera comenzar a trabajarlos. La gestión estratégica es una forma de aprendizaje organizacional, es una actividad que obliga a estar pensando y repensando sobre la Organización, con el fin de modificar lo incorrecto y mejorar todo aquello que pensamos que está bien. Compartir esta experiencia del Tecnológico Nacional de México, Campus Zitácuaro, no sólo es la puesta en acción de diversas herramientas de Administración, sino el compartir con otras IES que las posibilidades de crecimiento, a pesar de los recursos limitados, del tiempo, de la ubicación y del tamaño de cualquier Institución Educativa de nivel Superior. No es la totalidad de indicadores institucionales alcanzados, tampoco es una tarea concluida pues quedan muchas reflexiones e interrogantes como: ¿Cuál es la percepción de los estudiantes, del personal, de la sociedad?, ¿qué tecnologías disruptivas apoyan la innovación y transformación de las IES?, ¿qué riesgos representan la mayor amenaza?

Referencias

[1] Chiavenato, I. *Introducción a la teoría general de la administración.* Colombia: Mc Graw-Hill. 2006.

[2] Grupo Albe Consultoría. *Estrategia empresarial, definición y conceptos relacionados*. Recuperado de (2020): Https://Www.Grupoalbe.Com/Productos-De-Consultoria/Planeacion-Estrategica/Definicion-De-Estrategia-Empresarial-Y-Conceptos-Relacionados/

[3] Hernández, S. y Pulido A. *Fundamentos de Gestión Empresarial, un Enfoque Basado en Competencias*. México: Mc Graw Hill. 2011

[4] Loera, A. *Para fortalecer el trabajo directivo.* Módulo de Apoyo. México: Sep/Pec. 2003.

[5] Martínez de León, R. Gestión del Coordinador en el Nivel Universitario e Impacto en los Resultados Académicos. Recuperado de (2014): https://Atenas.Reduniv.Edu.Cu/Index.Php/Atenas/Article/View/118/206

[6] Mintzber, H. Las cinco P's de la estrategia. Recuperado de (1987): http://Libroweb.Alfaomega.Com.Mx/Book/385/Free/Data/Materiales/Capitulo07/Las5ps.Pdf

[7] N.E. Rodríguez. Análisis del estado actual de investigación y posgrado en el Instituto Tecnológico de Zitácuaro. Informe técnico, Instituto Tecnológico de Zitácuaro. 2016.

[8] N. E. Rodríguez Maya, E. López Sandoval, C. Gallegos López, A. Torres Bugdud. Medición de Desempeño Académico con el uso de Indicadores de Productividad PRODEP. Journal CIM Science, Technology and Educational Research. Volumen 6, Número 1, pp. 1973-1980, Octubre 2018. ISSN: 2007-8102.

[9] Uzcátegui, E. *Gestión Estratégica.* Recuperado de (2012): Http://Ever-Uzcategui.Over-Blog.Es/Article-Gestion-Estrategica-105023101.Html

[10] Workmeter. Mejora continua de procesos: el método Kaizen. Recuperado de (2012): Https://Es.Workmeter.Com/Blog/Bid/246575/Mejora-Continua-De-Procesos-El-M-Todo-Kaizen).

Propuesta de Modelo para un Sistema de Acuaponía en la región de Pátzcuaro Michoacán.

M. Tapia Salazar[1], M. Villanueva Pimentel[2], L. Adame Rodríguez[3], A. Soto Castro[4]*
[1]Departamento de Ingeniería en Gestión Empresarial, [2]Departamento de Desarrollo Comunitario y [3]Departamento de Ingeniería en Gestión Empresarial, [4]Departamenro de Ingeniería Ambiental: Instituto Tecnológico Superior de Pátzcuaro, Av. Tecnológico no.1, Zurumutaro, C.P. 61615, Pátzcuaro, Michoacán, México.
**mtapia@itspa.edu.mx*

***Área de participación**: Ingeniería Administrativa.*

Resumen

Las problemáticas en temas de sustentabilidad y sostenibilidad a las que se enfrenta la zona lacustre de Pátzcuaro, Michoacán son diversas, el involucramiento de instituciones en la atención de dichas problemáticas es fundamental para generar alternativas que contribuyan en la mejora de las condiciones de vida. Y debido a su importancia, investigadores del Instituto Tecnológico Superior de Pátzcuaro (ITSPA), vinculados con investigadores del Centro Regional de Investigación Acuícola y Pesquera Pátzcuaro (CRIAP) de INAPESCA, participan de manera colaborativa con el objetivo de desarrollar una propuesta de modelo para un sistema de acuaponía que pueda ser replicado en las comunidades de la zona lacustre de Pátzcuaro, Michoacán. Con este modelo se atienden dos problemas principales; por un lado el impacto ambiental a través de un sistema de circulación para el cuidado del agua; por otro lado, el impacto económico-social y de salud con una alternativa la alimentación con alto valor nutrimental.

***Palabras clave**: Acuaponía, Cuidado del agua, Sustentabilidad*

Abstract

The issues in sustainability and sustainability that the lake area of Pátzcuaro, Michoacán faces are diverse, the involvement of institutions in addressing these issues is essential to generate alternatives that contribute to the improvement of living conditions. And due to its importance, researchers from the Higher Technological Institute of Pátzcuaro (ITSPA), linked with researchers from the Pátzcuaro Regional Center for Aquaculture and Fisheries Research (CRIAP) of INAPESCA, participate in a collaborative way with the objective of developing a model proposal for a aquaponics system that can be replicated in the communities of the lake area of Pátzcuaro, Michoacán. With this model, two main problems are addressed; on the one hand, the environmental impact through a circulation system for water care; on the other hand, the economic-social and health impact with an alternative food with high nutritional value.

***Key words**:*
Aquaponics, Water care, Sustainability

Introducción

Pátzcuaro y la ribera del Lago, como gran parte del país, atraviesa por grandes crisis, originadas principalmente por insuficiencias en salud, alimentos, flujo económico, seguridad, generación de empleos y desde el punto de vista ecológico, por la pérdida de especies endémicas de la región que redundan en la pérdida de oportunidades productivas comerciales. Variables todas, que inciden directamente en el bienestar de los habitantes de la zona. Aunado a lo anterior, es importante resaltar que en el Plan de Desarrollo Municipal 2018-2021, se analizan y valoran varios factores que afectan las condiciones de vida de los habitantes de esta zona, dentro de los que se destacan los siguientes: la tasa de crecimiento poblacional fue de 6.23% en el año 2015 respecto del año 2010; se observa un crecimiento porcentual de la población en situación de pobreza, al pasar del 61.2 al 64.5 correspondiente al mismo período; en las incidencias delictivas existe un crecimiento de 663 casos en el 2011 a 908 casos en el 2017, siendo los delitos más comunes, las lesiones, el robo y el daño a la propiedad. En lo referente a la generación de ingresos, “El comercio al por menor es la principal rama de la economía

patzcuarense, misma que emplea casi el 40 por ciento del personal ocupado total y que genera uno de cada tres pesos que se producen en el municipio" [1].

El gobierno municipal de Pátzcuaro considera los siguientes cinco ejes estratégicos para la mejora de las condiciones actuales de la población: 1.- Medio ambiente, territorio y servicios públicos. 2.- Trabajo digno y fomento productivo. 3.- Desarrollo humano y capital social. 4.- Democratización de la cultura. 5.- Gobierno abierto, participación y seguridad ciudadana.

A partir de ello, investigadores del Instituto Tecnológico Superior de Pátzcuaro (ITSPA), vinculados con investigadores del Centro Regional de Investigación Acuícola y Pesquera Pátzcuaro (CRIAP) de INAPESCA, participan en un proyecto de investigación, que pretende apoyar a la comunidad de Pátzcuaro, en cuanto al impulso de una economía familiar sustentable, y que se encuentra alineado además con los ejes 1, 2 y 3 de los cinco propuestos por las autoridades municipales. Se trata de una "Propuesta de Modelo para un Sistema de Acuaponía en la región de Pátzcuaro Michoacán", que permitirá a las personas que habitan en la región producir a bajo costo, mediante un sistema de acuaponía, alimentos acuícolas y hortalizas para autoconsumo y posteriormente su comercialización. Con esta propuesta se pretenden lograr las ventajas que este tipo de sistemas proveen a una población, tales como: a) Uso eficiente del agua y de los fertilizantes, ya que en este sistema el agua es recirculada y se realiza el ciclo completo del nitrógeno; b) Incrementar la producción de alimentos en zonas más desfavorecidas socialmente; c) Contribuir al respeto y la conservación del medio ambiente; d) Provisionar a las familias de alimentos de gran calidad, tanto de origen vegetal como animal e) Contribuir al desarrollo sostenible de la familia dentro de un contexto de ambientes saludables [2].

La acuaponía es un sistema de producción de alimentos que incluye la incorporación de dos o más componentes —peces y vegetales o plantas—, en un diseño basado en la regeneración

de o tratamiento del agua y la recirculación de la misma. El principio básico radica en el aprovechamiento de la energía del sistema para utilizar diferentes formas por los componentes que desean producirse [3].

La acuaponía es una actividad tecnológica, con ventajas frente a la acuicultura tradicional, donde las descargas contienen altos niveles de residuos derivados del alimento no consumido y heces de los organismos en cultivo [4], los cuales contiene nutrientes, compuestos orgánicos e inorgánicos como amonio, fósforo, carbono orgánico disuelto y materia orgánica [5], que causan un deterioro ambiental de los cuerpos de agua receptores. [4]. En cambio en acuaponía, estos desechos se convierten, mediante la acción bacteriana, en nitratos que sirven como fuente de nutrientes para el crecimiento de las plantas, lo que a su vez mejora significativamente la calidad del agua actuando como un filtro biológico, al grado de que puede reintegrarse a los sistemas acuáticos [6], esto es muy favorable ya que el nitrógeno amoniacal es el principal parámetro que limita la calidad del agua en sistemas intensivos de cultivo de peces [7]. Sólo una fracción del alimento para los peces —20 a 30%—, se metaboliza e incorpora como tejido, mientras que el resto (excreción, alimento no consumido y diluido), se utiliza como nutriente para el crecimiento de las plantas; éstas pueden ser vegetales, frutas o flores [3].

Metodología

El objetivo de esta investigación fue diseñar una propuesta de modelo de un sistema de acuaponía que genere un ahorro de agua al utilizarla en un proceso de recirculación y que ayude en el cuidado, crecimiento y engorda de peces endémicos de la región de Pátzcuaro, tal como lo es la Acúmara (*Algansea lacustris)*, permitiendo también la producción de hortalizas de hoja, o cultivos de ciclo corto, en este caso de lechuga (*Lactuca sativa*). La investigación es un estudio de tipo descriptivo y experimental donde se diseñó el modelo de este sistema acuapónico para establecer las condiciones adecuadas para su funcionamiento.

Las etapas que se establecieron e implementaron, fueron las siguientes:

1.- Alianza para el desarrollo del modelo.

Para el diseño del prototipo o modelo del sistema de acuaponía fue necesario trabajar en un proyecto de convenio de colaboración entre el CRIAP e ITSPA, pactado por docentes investigadores del Instituto Tecnológico Superior de Pátzcuaro e investigadores del Centro Regional de Investigación Acuícola y Pesquera Pátzcuaro. Que facilitara la utilización de recursos materiales y herramientas necesarias para el armado del prototipo, pruebas y desarrollo, las instalaciones especializadas con que este centro de investigación cuenta, así como, la donación de la especie acuícola empleada en las pruebas de funcionamiento.

Es importante señalar que el equipo de trabajo multidisciplinario formado incluye, por una parte, a profesores - investigadores que conforman el cuerpo académico Gestión para la Innovación Sustentable del ITSPA, con perfiles de Administración, Desarrollo Empresarial, Innovación, Química, Industrial en Producción, Civil y Ambiental. El CRIAP aporta la experiencia e investigaciones realizadas, en materia acuícola, apoyados por perfiles de biólogos y técnicos expertos en el área.

2.- Sistema de recirculación de agua.

El diseño del Sistema acuapónico se inició con la instalación de la red hidráulica que permitiera tener un flujo adecuado de recirculación de agua, además de establecer el sistema de filtración, con el uso de piedra de tezontle graduado con la finalidad de cumplir tal función y que también permitiera la generación de una biomasa de microorganismos que degradan los desechos orgánicos provenientes del estanque de peces. [8], destacan la importancia de la calidad de agua en este tipo de sistemas, mencionando que "la calidad del agua juega un papel fundamental para el desarrollo intensivo de la acuicultura, ya que los organismos acuáticos son muy sensibles a la presencia de compuestos tóxicos en los sitios de cultivo", además citan a Conijeski [8], quien hace referencia a que "La calidad del agua incluye todos los parámetros físicos, químicos y biológicos que caracterizan un cuerpo de agua los cuales deben de estar dentro de los límites permisibles para la producción intensiva de peces". Esta parte del proceso se puso a prueba durante cuatro semanas verificando el sistema de recirculación hasta que tuviera un buen funcionamiento y los niveles de pH y otros parámetros físico-químicos fueran los adecuados para poder introducir los peces en el sistema.

3.- Incorporación de la especie acuícola en el sistema.

En esta etapa, se incorporaron 200 ejemplares juveniles de pescado Acúmara, especie nativa del Lago de Pátzcuaro, al respecto, [9] citan a Berlanga (1993) y a Rivera y Orbe (1990) mencionando que este pescado se identifica en "La comunidad de peces del Lago de Pátzcuaro Michoacán, integrada por 12 especies, ocho son endémicas y cuatros introducidas. Dentro de las especies de la familia Cyprinidae que habitan este cuerpo de agua, la única endémica es *Algansea lacustris* conocida localmente como acúmara; esta especie tiene importancia económica en la región debido a su volumen de captura y demanda en el mercado". Es importante mencionar que el trabajo con esta especie, es respaldado con aportaciones de investigadores expertos del CRIAP, y recomendada para su uso en el sistema debido a su alta resistencia a factores ambientales, tales como: la temperatura, la luz y la alimentación, caso contrario con el pescado blanco, que también se había considerado usar en el sistema. El Instituto Nacional de Pesca y Acuacultura (INAPESCA) a través del Centro Regional de Investigación Acuícola y Pesquera (CRIAP) en Pátzcuaro, desarrolla la tecnología de cultivo de las tres especies más importantes y emblemáticas del lago de Pátzcuaro, el pescado blanco, achoque y acúmara, especies endémicas, que por muchos años han formado parte de las tradiciones culturales, gastronómicas y económicas de la región, logrando por el momento, un avance importante de desarrollo en cada una de ellas que permitirán en un futuro cercano tener una alternativa para atender las necesidades regionales de alimentación y recuperación de las poblaciones naturales de las mismas en lago de Pátzcuaro, a través de una Acuacultura sustentable [10].

De forma sistemática, se evaluó periódicamente el crecimiento de las especies, realizando biometrías de manera quincenal en cuatro ocasiones sólo para probar las condiciones de funcionamiento del sistema y el mantenimiento o supervivencia de la especie acuícola, en estas biometrías se analizaron el peso y la talla de los pescados, utilizando una balanza digital y un ictiómetro o cinta métrica, respectivamente.

4.- Incorporación de la especie vegetal en el sistema.

Para cerrar el ciclo en el sistema de acuaponía, se sembraron plántulas de lechuga en canaletas instaladas en el prototipo para tal fin, esta instalación se diseñó de tal manera que las plantas absorban el agua que se recircula en el sistema y que además contiene nutrientes como nitrógeno, fósforo y otros, derivados de los desechos originados por los peces en su proceso metabólico. La lechuga es uno de los cultivos hortícolas más importantes: presenta ciclo corto, (alrededor de 45 a 50 días en invernadero), a temperatura entre 14 y 24°C y pH de 6-8. Nutricionalmente aporta vitamina A, calcio, hierro, magnesio, fósforo y potasio 13 y ha sido estudiada en forma intensiva en sistemas acuapónicos [6].

5.- Revisión y seguimiento del ciclo completo en el sistema acuapónico propuesto.

En esta última etapa, se llevó a cabo el seguimiento y control del funcionamiento del sistema, alimentando a los peces dos veces por día, checando la temperatura del agua y cada 15 días realizando las biometrías en los peces, así como evaluando parámetros de calidad del agua. Estas actividades son imprescindibles para conocer las condiciones que se desarrollan en el sistema, pero además sirvieron para llevar un control de ganancia de peso y crecimiento de los peces y de las hortalizas.

Materiales y recursos

El modelo fue diseñado para que pueda ser replicado por asociaciones de pescadores, familias o personas que habitan en la región lacustre del lago de Pátzcuaro, ya que se utilizan materiales y equipos que están al alcance económico de la zona. El sistema de producción se integra con los siguientes elementos:

- Tanque circular para peces de 10,000 litros

 ISSN 2007-8102

- Tanque para filtro y bomba
- Bomba de agua sumergible de ½ hp
- Filtro de tezontle graduado
- Tubería pvc
- Canaletas para producción de hortalizas
- Estructura metálica para soporte de canaletas
- Malla sombra
- Plástico negro
- Accesorios especiales para la conducción y regulación del caudal hídrico (codos, tees, llaves, tuercas, reducciones, tapones, etc.).
- Organismos de la especie Acúmara (*Algansea lacustris*)
- Plántulas de lechuga (*Lactuca sativa*)

Resultados y discusión

La alianza entre dos instancias de investigación y docencia, como fue el caso del Centro Regional de Investigación Acuícola y Pesquera Pátzcuaro (CRIAP) y el Instituto Tecnológico Superior de Pátzcuaro (ITSPA) permitió el desarrollo de esta Propuesta de Modelo para un sistema acuapónico, con posibilidades de una implementación para potenciar el desarrollo económico y sustentable de las familias y/o pobladores de la región lacustre en el Municipio de Pátzcuaro, Michoacán. Así, la acción conjunta entre centros de investigación e instituciones educativas es una mancuerna idónea que puede contribuir en el logro de los objetivos del Plan de Desarrollo Municipal implementando propuestas de solución para algunas problemáticas que se viven actualmente en esta zona. En la siguiente figura se esquematiza la metodología seguida para dicha propuesta.



Figura 1 Metodología para el desarrollo de Propuesta de Modelo para un Sistema de Acuaponía en la región de Pátzcuaro Michoacán. Elaboración propia.

El desarrollo de la Propuesta del Modelo acuapónico, fue posible gracias a la instalación, funcionamiento y control de los sistemas de recirculación de agua, filtración y las unidades para la producción acuícola y vegetal. El proceso de recirculación de agua, permitió establecer por una parte, el uso eficiente del recurso hídrico y por otra, las condiciones adecuadas para que en esta primera etapa de experimentación, se mantuviera el funcionamiento del

 ISSN 2007-8102

sistema y la sobrevivencia y crecimiento de la especie acúmara a la par de la producción de lechuga a pequeña escala.

En el sistema, funcionando se logró observar una reducción en el recambio de agua comparado con el sistema de circulación de agua tradicional usado en las unidades productoras acuícolas del CRIAP Pátzcuaro.

Se logró mantener la sobrevivencia en un 90% del lote de peces introducidos durante tres meses que duró la implementación y establecimiento de los elementos funcionales del modelo acuapónico, resaltando la importancia de que en esta propuesta se trabajó con la especie Acúmara, endémica del Lago de Pátzcuaro y para la que no se encontraron registros de investigación en la producción bajo este tipo de sistemas. Los peces dulceacuícolas que generalmente se incluyen en esta modalidad son tilapia, carpa y trucha arcoíris.

En la figura número 2, se representa el esquema con los sistemas y elementos requeridos en el Modelo Acuapónico propuesto.

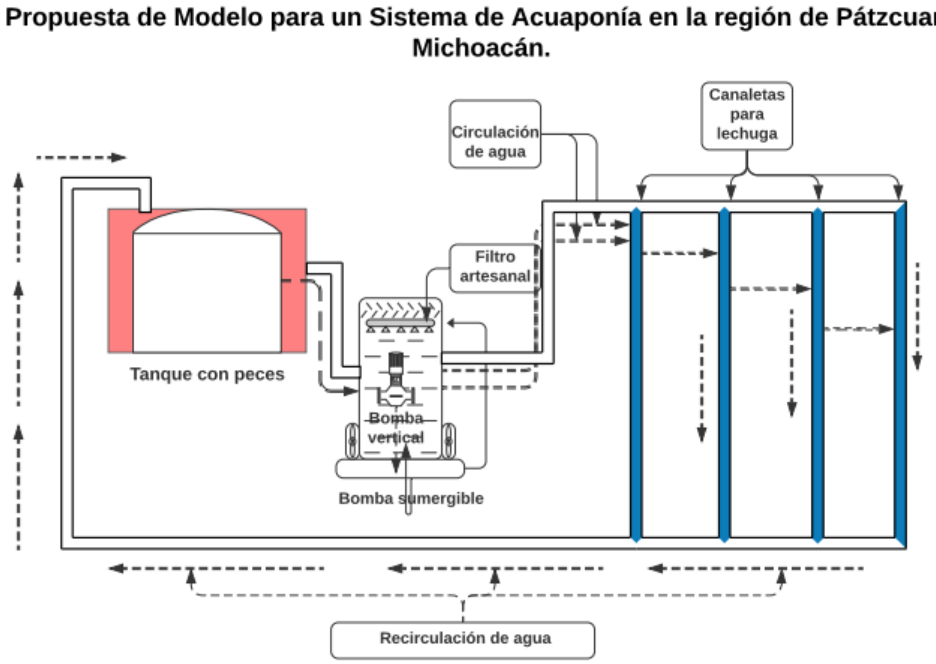


Figura 2 Propuesta de Modelo para un Sistema de Acuaponía en la región de Pátzcuaro Michoacán.
Elaboración propia.

Los materiales utilizados fueron en gran parte reutilizados, económicos y de fácil acceso, lo cual es una ventaja para que el modelo sea replicable y técnicamente transferible y pueda estar al alcance de todas las personas que habitan principalmente en la ribera del Lago de Pátzcuaro, como se muestra en la figura 3.

 ISSN 2007-8102



Figura 3. Sistema acuapónico con la integración de los elementos funcionales de recirculación, filtración y unidades productivas de las especies acuícola y vegetal

Con el modelo, se logró la producción a pequeña escala, de dos productos mediante una sola fuente de nitrógeno (alimento y heces de los peces), lo cual representa una alternativa de alimentos nutritivos, uno como fuente de proteína animal, y el otro de origen vegetal sin la utilización de fertilizantes o pesticidas. Ambos alimentos pueden ser de autoconsumo y/o comercialización. Sin duda, los resultados apuntan a ser una propuesta atractiva para coadyuvar con la conservación de especies endémicas de la región, en este caso particularmente para la especie acúmara *(Algansea lacustris).* En las imágenes 1 y 2 se pueden apreciar las especies involucradas en la propuesta.





Imágenes 1 y 2. Proceso de crecimiento de lechugas y especies de acúmara en la medición de biometrías.

Trabajo a futuro

El modelo propuesto en esta investigación, es la primera etapa del alcance que se pretende lograr. En la siguiente etapa se tiene como objetivo realizar la transferencia tecnológica a una muestra de comunidades de la zona lacustre para evaluar su comportamiento y obtener datos que nos permitan la adopción idónea para replicarla en el resto de las comunidades que conforman la zona de impacto.

Conclusiones

La colaboración entre Centros de investigación e Instituciones educativas disponiendo recursos humanos y materiales, permiten incidir positivamente con propuestas de solución a las problemáticas ambientales y económicas en la zona lacustre del Municipio de Pátzcuaro, Michoacán. La acuaponía, al ser aún una propuesta de sistema nuevo en la zona lacustre, requiere investigación adicional y apoyo de las entidades gubernamentales o institucionales para establecer procedimientos y precios de equipo más asequibles a la población o agrupaciones productoras acuícolas y agrícolas. Los sistemas de recirculación de agua acuapónicos son una alternativa viable para reducir el impacto ambiental al aprovechar los efluentes generados de un sistema de acuicultura y reutilizar el agua en la producción de especies vegetales, representando además una oportunidad de producción de alimentos e ingresos a sectores de la sociedad con limitantes económicas para producciones a gran escala. Los sistemas acuapónicos permiten el aprovechamiento óptimo de recursos al limitar la demanda de agua y espacio para el cultivo de especies acuáticas de gran valor en el mercado, además de satisfacer la demanda del incremento de productos pesqueros. Los sistemas acuapónicos representan una alternativa para el aprovechamiento de y conservación de especies endémicas, al adaptar a sistemas controlados el cultivo de estas especies, derivado del impacto ambiental que ha sufrido los cuerpos de agua naturales y con ello la extinción de estas especies.

Agradecimientos

La presente investigación no hubiera sido posible sin el apoyo y colaboración del director M. en C. Andrés Arellano Torres e investigador M. en C. Juan Antonio Tello Ballinas, además de su equipo de trabajo del Centro Regional de Investigación Acuícola y Pesquera Pátzcuaro. Por supuesto, parte fundamental fue el apoyo de los representantes institucionales vigentes en el periodo de desarrollo de este modelo del Instituto Tecnológico Superior de Pátzcuaro.

Referencias

[1] V. Báez, Patzcuaro.gob.mx, 2020. [Online]. Available: https://patzcuaro.gob.mx/wpcontent/uploads/2020/04/PDM-PTZ-18-21-digital.pdf. [Accessed: 13- Sep- 2020].

[2] M. Alcocer, "Diseño y construcción de dos sistemas acuapónicos horizontales para la producción conjunta de peces dorados y lechugas", Idus.us.es, 2020. [Online]. Available: https://idus.us.es/bitstream/handle/11441/63802/TFG%20DISE%D1O%20Y%20CONSTRUCCI%D3N%20DE%20DOS%20SISTEMAS%20ACUAP%D3NICOS%20HORIZONTALES%20PARA%20LA%20PRODUCCI%D3N%20CONJUNTA%20DE%20PECES%20DORADOS%20Y%20LECHUGAS.pdf;jsessionid=6178A83FA5C895283D1C3AE2BF33EE34?sequence=2. [Accessed: 13- Sep- 2020].

[3] M. García-Ulloa, C. León, F. Hernández and R. Chávez, "Nota de un sistema experimental de acuaponía. Avances en Investigación Agropecuaria", Redalyc, 2005. [Online]. Available: https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=837/83709105. [Accessed: 13- Sep- 2020].

[4] R. Crab, Y. Avnimelech, T. Defoirdt, P. Bossier and W. Verstraete, "Nitrogen removal techniques in aquaculture for a sustainable production", Aquaculture, vol. 270, no. 1-4, pp. 1-14, 2007. Available: https://www.researchgate.net/publication/43500321_Nitrogen_removal_techniques_in_aquaculture_for_a_sustainable_production. [Accessed 13 September 2020].

[5] R. Piedrahita, "Reducing the potential environmental impact of tank aquaculture effluents through intensification and recirculation", Aquaculture, vol. 226, no. 1-4, pp. 35-44, 2003. Available:https://www.researchgate.net/publication/248340944_Reducing_the_potential_environmental_impact_of_tank_aquaculture_effluents_through_intensification_and_recirculation. [Accessed 13 September 2020].

[6] E. Simón and A. Trelles, "Sistema acuapónico del crecimiento de lechuga, Lactuca sativa, con efluentes de cultivo de tilapia", Revistas.unitru.edu.pe, 2014. [Online]. Available: https://revistas.unitru.edu.pe/index.php/facccbiol/article/view/770. [Accessed: 13- Sep- 2020].

[7] G. Lemarié, A. Dosdat, D. Covès, G. Dutto, E. Gasset and J. Person-Le Ruyet, "Effect of chronic ammonia exposure on growth of European seabass (Dicentrarchus labrax) juveniles", Aquaculture, vol. 229, no. 1-4, pp. 479-491, 2004. Available: https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0044848603003922. [Accessed 13 September 2020].

[8] A. Soto, L. Soria and A. Orante, "Estudio de un reactor de lecho móvil acoplado a un sistema", Cimav.repositorioinstitucional.mx, 2015. [Online]. Available:

https://cimav.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1004/1365/1/proceedingsIWA2015.pdf. [Accessed: 13- Sep- 2020].

[9] B. Mendoza Garfias, L. Garcia Prieto and G. Perez Ponce de Leon, "Helmintos de la acúmara Algansea lacustris en el Lago de Pátzcuaro", Redalyc.org, 1996. [Online]. Available: https://www.redalyc.org/pdf/458/45867105.pdf. [Accessed: 13- Sep- 2020].

[10] INAPESCA, «www.gob.mx/inapesca,» 01 12 2017. [En línea]. Available: https://www.gob.mx/inapesca/es/articulos/liberacion-de-acumara-en-el-lago-de-patzcuaro?idiom=es#:~:text=El%20jueves%2030%20de%20noviembre,calidad%20del%20agua%20y%20din%C3%A1mica.

[11] J. Colt, "Water quality requirements for reuse systems.", Aquacult., p. 34, 2006. Available:https://www.researchgate.net/publication/222971873_Water_quality_requirements_for_reuse_systems.[Accessed 13 September 2020].

[12] V. Diaz, R. Ibañez, P. Gomez, A. Urtiga and I. Ortiz, "Kinetics of nitrogen compounds in a commercial marine Recirculating Aquaculture System", Grupos.unican.es, 2020. [Online]. Available: https://grupos.unican.es/tab/Publicaciones/2012/3.%20Diaz.pdf. [Accessed: 13- Sep- 2020].

[13] M. Eshchar, O. Lahav, N. Mozes, A. Peduel and B. Ron, "Intensive fish culture at high ammonium and low pH", Aquaculture, vol. 255, no. 1-4, pp. 301-313, 2006. Available: https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0044848605007350. [Accessed 13 September 2020].

[14] S. Sugiura, D. Marchant, K. Kelsey, T. Wiggins and R. Ferraris, "Effluent profile of commercially used low-phosphorus fish feeds", Environmental Pollution, vol. 140, no. 1, pp. 95-101, 2006. Available: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/16153761/. [Accessed 13 September 2020].

.

Los proyectos Integradores, primer escalón en el campo laboral del Ingeniero Informático

P. Ochoa Trujillo[1], , L.A. Viñas Meza.[2], E. Vázquez Benito[3]
[1]Academia de Ingeniería Informática, Instituto Tecnológico Superior de Teziutlán, Fracción I y II S/N Aire Libre, Teziutlán, Puebla. México. patricia.ot@teziutlan.tecnm.mx
[2]Academia de Ingeniería en Gestión Empresarial, Instituto Tecnológico Superior de Teziutlán, Fracción I y II S/N Aire Libre, Teziutlán, Puebla. México. luisaangelica.vm@teziutlan.tecnm.mx
[3]Academia de Ingeniería Informática, Instituto Tecnológico Superior de Teziutlán, Fracción I y II S/N Aire Teziutlán, Puebla. México. emmanuel.vb@teziutlan.tecnm.mx

***Área de participación**: Ingeniería Administrativa*

Resumen

Actualmente los Proyectos Integradores como estrategia curricular en el proceso de enseñanza-aprendizaje, sirven para enriquecer la evaluación formativa de manera integral, donde el alumno de nivel superior logra adquirir competencias especificas de las materias involucradas en el proyecto, así como tener un producto de transferencia tecnológica que apoye en alguna área de oportunidad de cualquier empresa o giro comercial, logrando convertirse en un soporte para la toma de decisiones. El acompañamiento que se lleva a cabo en el conjunto de actividades que el alumno realiza, permite fortalecer un pensamiento analítico y crítico en el aspecto de globalización, que responde a las condiciones actuales en el ámbito social, económico y ambiental, así como analizar las asignaturas impartidas por los docentes que tengan relación directa con el objetivo que se desea alcanzar, el apoyar esta estrategia metodológica suele ser un proceso eslabonado en la práctica docente que ofrece una educación de calidad.

***Palabras clave**: Proyecto Integrador, Estrategia, Competencias,Tecnología*

Abstract

Currently the Integrative Projects as a curricular strategy in the teaching-learning process, serve to enrich the formative evaluation in an integral way, where the higher level student manages to acquire specific competences of the subjects involved in the project, as well as having a transfer product technology that supports any area of opportunity of any company or business line, managing to become a support for decision making. The accompaniment that is carried out in the set of activities that the student performs, allows to strengthen analytical and critical thinking in the aspect of globalization, which responds to current conditions in the social, economic and environmental field, as well as to analyze the subjects taught by teachers who are directly related to the objective to be achieved, supporting this methodological strategy is usually a linked process in teaching practice that offers quality education.

***Key words**: Integrative Project, Strategy, Competences, Technology*

Introducción

El proceso de enseñanza- aprendizaje que se lleva a cabo dentro del lineamiento que el Tecnológico Nacional de México señala, que el alumno reciba durante toda su trayectoria académica dentro del Instituto Tecnológico Superior de Teziutlán las competencias profesionales de acuerdo a la retícula oficial y el programa de estudios dentro de la carrera de Ingeniería Informática.

Los proyectos integradores se incorporan a la Educación Superior Tecnológica como una estrategia curricular que permite generar una nueva vía para que los estudiantes desarrollen competencias (específicas y genéricas) a lo largo de su trayectoria en el Instituto, lo que significa que debe de contemplar oportunidades para aprender a actuar de forma integral y no individualizada. Todo proyecto busca abordar problemas en el contexto, y en ese sentido es la estrategia más integral para la formación y evaluación de las competencias [1].

Así mismo permite la vinculación con empresas privadas y públicas como objeto de estudio y apoyo a la sociedad en conjunto, donde el saber del estudiante tiene trascendencia en su ámbito escolar y le permite acumular experiencia a través de las respuestas a éstas prácticas que predominan, haciendo uso de las tecnologías emergentes dentro de su campo tecnológico y de acuerdo al contexto en que se encuentre o haya un área de oportunidad que mejorar, esto propicia favorecer la misión y visión adscrita al Tecnológico Nacional de México.

Su relevancia radica en la articulación de saberes y experiencias multidisciplinarias que los docentes comparten con los alumnos involucrados dentro del proyecto Integrador, logrando que los contenidos disciplinarios en el alcance de sus competencias profesionales se conviertan en destrezas en el ámbito afectivo, cognitivo, social y principalmente resuelvan una problemática real fuera del contexto académico.

El Modelo Educativo para el Siglo XXI. Formación y Desarrollo de Competencias Profesionales [2], hace patente la importancia de la investigación en la formación de profesionistas, afirmando que ésta es una forma de generar conocimientos pertinentes y de actualidad, que sirve para enriquecer el acervo cultural. La investigación es una estrategia útil para vincular a los Institutos Tecnológicos con el entorno regional, nacional y mundial.

Proyecto

Se dice que el proyecto es el conjunto de elementos o partes interrelacionados de una estructura diseñada para lograr los objetivos específicos, o resultados proyectados con base en necesidades detectadas y que han sido diseñados como propuesta para presentar alternativas de solución a problemas planteados en él, por lo que en el proyecto se debe diseñar la estrategia metodológica a partir de la cual consideramos que podemos obtener el nuevo conocimiento como solución al problema [3], [4], [5], [6], [9].

Proyecto Integrador

Un proyecto integrador es una estrategia didáctica que consiste en realizar un conjunto de actividades articuladas entre sí, con un inicio, un desarrollo y un final con el propósito de identificar, interpretar, argumentar y resolver un problema del contexto, y así contribuir a formar una o varias competencias del perfil de egreso, teniendo en cuenta el abordaje de un problema significativo del contexto disciplinar–investigativo, social, laboral– profesional, etc. [7]

Proyecto Integrador formativo

Los proyectos formativos son una estrategia general para formar y evaluar las competencias en los estudiantes mediante la resolución de problemas pertinentes del contexto (personal, familiar, social, laboral-profesional, ambiental-ecológico, cultural, científico, artístico, recreativo, deportivo, etc.) mediante acciones de direccionamiento, planeación, actuación y comunicación de las actividades realizadas y de los productos logrados [1].

 ISSN 2007-8102

Competencia

Las competencias son actuaciones integrales para identificar, interpretar, argumentar y resolver problemas con idoneidad y compromiso ético, movilizando los diferentes saberes: ser, hacer y conocer [1], [8].

Metodología

La metodología que se utilizó para llevar a cabo éste proyecto fue la metodología basada en proyectos de acuerdo al modelo del siglo XXI [2], ya que se analiza todas las competencias clave y el aprendizaje de los contenidos de la retícula, así como temas que encajaban para cumplir el objetivo planteado desde el diagnóstico hasta su etapa final.

A partir de lo expuesto anteriormente se plantea el objetivo del proyecto Integrador como una estrategia metodológica dentro de la carrera de Ingeniería Informática en el Instituto, y se presenta primeramente en su etapa inicial con los pasos que a continuación se marcan dentro del SmartArt:

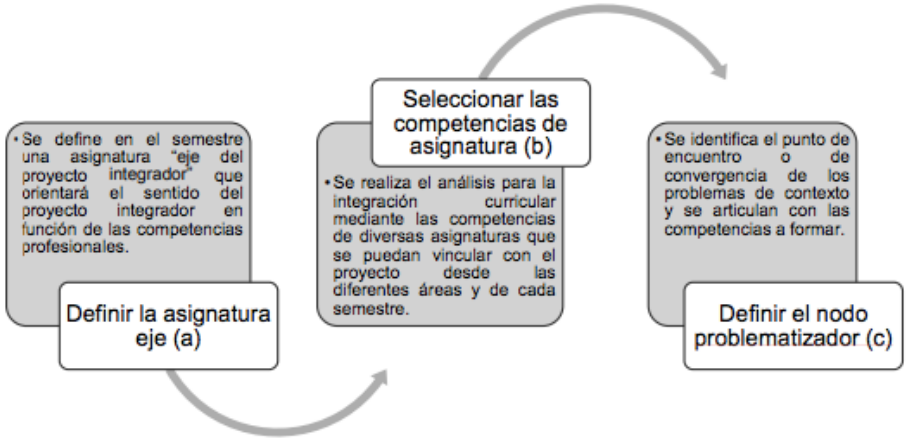


Figura 1. Integración curricular para la implementación de un proyecto integrador

Una vez que se analiza y define la asignatura eje, se prosigue a elaborar un documento donde se establece lo siguiente:

La materia eje en la cual se trabajó en este proyecto integrador corresponde a : "Desarrollo de Aplicaciones para Dispositivos Móviles", conjugando las materias de apoyo, Taller de emprendedores, Estrategia de Gestión de Servicios de TI, Administración de Servidores, Seguridad Informática, Taller de Investigación II, misma que tuvo como objetivo del proyecto, Desarrollar e implementar una aplicación móvil como apoyo al proceso enseñanza-aprendizaje a niños de nivel primaria de 6 a 12 años de edad, con problemas de discapacidad intelectual.

En su primera Fase: Se realizó una visita de campo para lograr un diagnóstico de la problemática en el municipio de Tlatlauquitepec, Puebla, en la escuela primaria "México", en la cual se observaron rasgos característicos de niños con esta discapacidad, así como población estudiantil que asiste a la misma y cuenta con éste padecimiento entre los grados escolares de 1ro - 6to, entrevistando a profesores de Educación Especial y analizando el material que se prepara para los niños. Se describe la forma de trabajar de los maestros, como el método de enseñanza, así como los materiales y temas en los que se tiene mayor reforzamiento. Describiendo los tiempos y el seguimiento que se les da de manera personalizada la mayoría de las veces y estableciendo las metas a alcanzar para lograr un aprendizaje significativo.

En su segunda Fase: Se llevó a cabo una entrevista con padres de familia de niños con éste padecimiento para conocer su interés sobre como dan seguimiento a las tareas de sus hijos, así como investigar si cuentan con un

dispositivo móvil con ciertas características, cuantos hijos tienen con este padecimiento y como es que sus hijos aprenden de acuerdo al estilo de aprendizaje, la asignatura que más se les complica y lo que les gusta hacer cuando usan un dispositivo móvil, con un propósito lúdico.

En su tercera Fase: Se documento e investigó todas las aplicaciones disponibles en el mercado, comparándolas en costo, idioma, tipo de actividades y competencia que tienen, se trabajó de la mano de la Licenciada Mari Cruz Herrera Solano, Profesora de Educación Especial, misma que es de reconocer su vocación de servicio, ya que mostró el material diseñado bajo el método Troncoso y GIEH que ella de manera personal prepara para los alumnos, porque no hay como tal un material para niños con este tipo de discapacidad, así como la terapia audioverbal en la que trabaja, presentó colores adecuados a su DI(Discapacidad Intelectual), tipo de letra, tipo de imágenes, botones de navegación, mensajes motivantes, entre otros aspectos para el diseño y desarrollo de la aplicación, los niveles de acuerdo al grado del niño y el seguimiento que se tiene que revisar por parte del padre y el profesor.

En su cuarta Fase: Se presenta una propuesta de prototipo en la cual, se revisan aspectos en los que el niño se ve identificado con el tema visto, se presenta un pilotaje con niños de cuarto grado, en donde se tiene una respuesta favorable por parte de los mismos, se planea y se da seguimiento a los niveles posteriores, para ir incluyendo algunas mejoras la proyecto. Se le explica cual es la estrategia metodológica de la aplicación a padres y a profesores y como los niños se apoyarán para lograr un avance en su aprendizaje, de acuerdo a un plan de acción que sigue el profesor.

En su quinta Fase: Y por último se describen las actividades con las que cuenta la aplicación apegada a todas las solicitudes de maestros de educación especial, psicólogos y personal que atiende este tipo de discapacidad intelectual, donde se explica de manera detallada el paso a paso de la aplicación para su descarga y uso, documentado mediante un manual de usuario, realizado por los alumnos participantes en el Proyecto Integrador planeado y llevado a cabo de acuerdo a un Diagrama de Gantt, respetando cada una de las etapas, tiempo de entrega y roles de alumnos participantes (archivado en el documento de Proyecto Integrador en que los docentes dan un seguimiento de acuerdo a las materias participantes, como evidencia a la Jefatura de División de Carrera).

De acuerdo con [2], las fases recomendadas para el desarrollo de un proyecto son: contextualización/diagnóstico, fundamentación (marco referencial), planeación, ejecución, evaluación y socialización (Figura 2). Fases de un proyecto

 ISSN 2007-8102



Figura 2.Fases de un proyecto

Resultados y discusión

A continuación, se adjunta portada del documento de proyecto integrador y formato de llenado al finalizar el mismo.

 ISSN 2007-8102

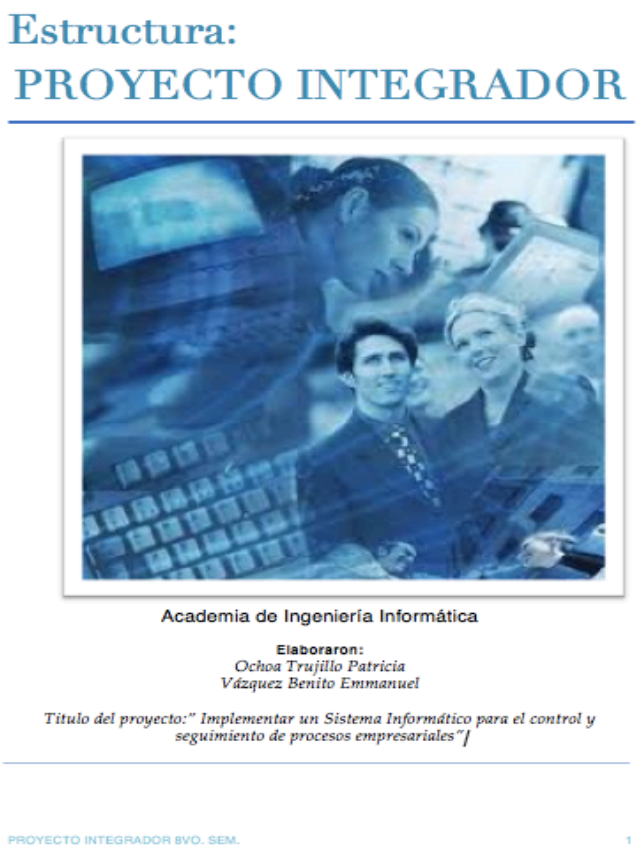


Imagen 1.Portada del docto. De Estructura del Proyecto Integrador

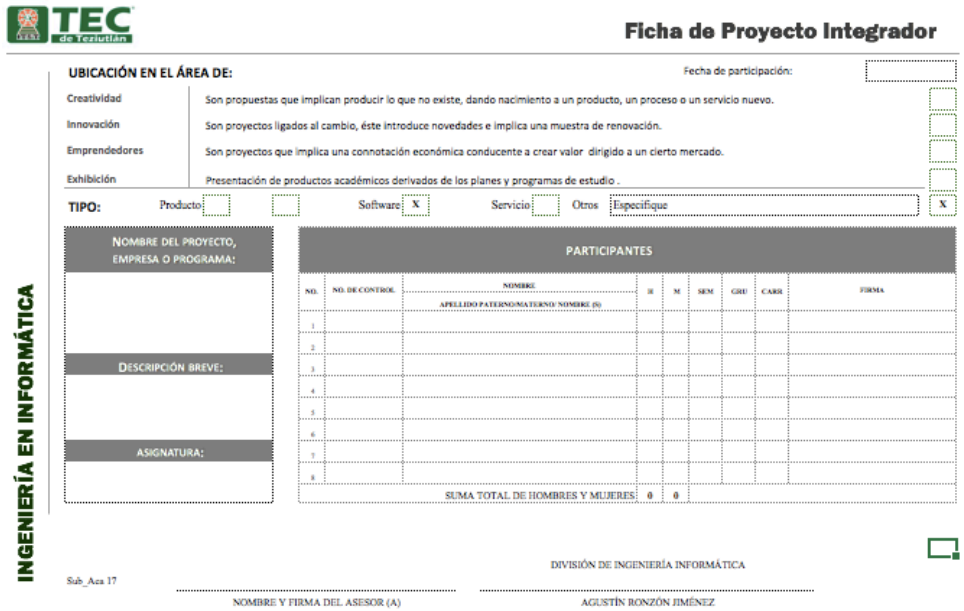


Figura 3.Formato concentrador de alumnos en Proyecto Integrador. Fuente ITST

En el ITST, se consideran los proyectos Integradores desde el 6to. Semestre de la carrera para que los alumnos apliquen los conocimientos y cumplan de manera satisfactoria las competencias profesionales.

A continuación se presenta una tabla de los alumnos que han participado en proyectos integradores de transferencia electrónica dentro del ITST de la carrera de Ingeniería Informática.

Nombre del alumno (a)	No. control	Semestre	Sexo	Proyecto	Proyecto realizado en:
Karen Reyes Meza	17TE0285	6º	F	Aplicación Web para mejorar la administración de las tintas de impresión en confecciones Keter	**Maquiladora Keter S.A. de C.V**
Isaac Salome Gándara	17TE0176	6º	M		
Omar Melquiades Rojas	17TE0578	6º	H		
José Ángel Morales de Jesús	17TE0192	6º	H		
José Alfredo García López	17TE0330	6º	M	MechBox (Sistema para administrar un taller mecánico)	**Taller mecánico " González y Asociados"**
Dorina Shaydé Martínez	17TE0231	6º	F		
Ismael Ojeda Amaro	17TE0204	6º	M		
Monserrat del Carmen Perdomo González	17TE0262	6º	M		
Brandon Rojas López	16TE0269	8º	M	Aplicación móvil como apoyo al proceso de enseñanza-aprendizaje para niños de primaria de 6 a 12 años, con Discapacidad Intelectual	**Escuela Primaria "Manuel Pozos", de Tételes de Ávila Castillo, Puebla. Escuela "México", de Tlatlauquitepec, Puebla**
Juan Antonio Islas Agustín	16TE0280	8º	M		
Miguel Álvarez García	16TE0109	8º	H		
Dalila Andrade Gutiérrez	16TE0342	8º	M		
Luis Ángel Flores González	16TE0166	8º	H		

Tabla 1. Alumnos participantes en Proyectos Integradores

Trabajo a futuro

Esta práctica se piensa aplicar en semestres avanzados para articular materias que pueden sumar en lo que respecta al perfil de egreso de los alumnos de la carrera de Ingeniería Informática, así como prepararlos para el ámbito laboral y que conozcan el contexto de algunas empresas con diferentes giros, se piensa integrar materias y docentes de áreas que no son a fines con materias, para que se les dé un enfoque económico, sustentable y social.

Conclusiones

Se concluyó de manera satisfactoria la elaboración de proyectos semestres avanzados, y se toma como estrategia la elaboración de los mismos para así integrar diversas materias, para que el alumno culmine de manera satisfactoria las competencias específicas que deben cumplir, así mismo el alumno aprenda a diagnosticar de manera general un proyecto Integrador trabajando en equipo y cumpliendo los objetivos educacionales que se pretende alcanzar, compartir experiencias, aplicando herramientas tecnológicas de transferencia tecnológica para apoyar actividades de soporte en las empresas donde se les da la oportunidad de realizar el proyecto, no obstante mencionar que de acuerdo al nivel académico del alumno, serán proyectos no culminados al 100%, mismos que se retoman en un semestre posterior con la práctica de residencia, los cuales podrán culminar en su totalidad, aprendieron a dar un seguimiento oportuno al diagrama de Gantt de acuerdo al rol que desempeñan, como analistas, diseñadores, programadores y documentadores del mismo. Aprenden a tener confianza, a ser responsables, proactivos así como a cubrir las metas que desde un inicio se plantean

Referencias

[1] S. Tobón, Formación Integral de competencias. Pensamiento complejo, currículo, didáctica y evaluación, Bogotá: Ecoe, 2010.

[2] Direccion General de Educacion Superior Tecnológica, Mdelo Educativo para el Siglo XXI, Mexico, D.F.: Sfera Creativa, 2012.

[3] F. L. Whitney, Elementos de investigación. Barcelona, México: Omega, 1970.

[4] D. B. &. M. W. J. Van Dalen, Manual de Técnicas de investigación educacional, 2. Edición, Ed., México: Buenos Aires. Paidos, 1974.

[5] M. Tamayo y Tamayo, Metodología formal de la investigación científica, México: Comex, 1994.

[6] M. Tamayo y Tamayo, Modulo 5: El proyecto de Investigación.Serie Aprender a investigar, México: ICFES, 1999.

[7] N. M. López Rodríguez, «El proyecto Integrador: Estrategia didáctica para la formación de competencias desde la perspectiva del enfoque socioformativo,» Gafra Editores., México, 2012.

[8] S. P. Tobón, Secuencuas didácticas: aprendizaje y evaluación de competencias, México:: Pearson, 2010.

[9] M. Tamayo y Tamayo, El proceso de la investigación científica, México: Limusa, 2003.

Uso de redes sociales en aspirantes a una institución de educación superior: Caso TecNM/IT Colima

M.A. Rivas Lozano [1], F.A. Velázquez Mejía [1], M.C. Pedraza Marín, Y.K. Córdova Hernández [1],*

A. Ávalos Venegas [1]

[1]Departamento Económico administrativo, Tecnológico Nacional de México/IT Colima. Av. Tecnológico No. 1, Villa De Alvarez,Col. C.P. 28976, Colonia Liberación.

* alejandra.rivas@itcolima.edu.mx

***Área de participación**: Ingeniería Administrativa*

Resumen

La facilidad e inmediatez que otorgan las redes sociales los ha hecho sumergirse en estas nuevas formas de comunicación; en este sentido las instituciones educativas deben percatarse y aprovecharlas. El internet y sus nuevas herramientas han revolucionado para siempre las comunicaciones y la manera en que las personas aprenden, se relacionan y trabajan (infobae, 2012). [1]

Para establecer una estrategia de comunicación efectiva en una instancia escolar, es imperativo identificar las redes sociales que más utilizan los estudiantes.
La presente investigación, mediante un enfoque cuantitativo, exploratorio y descriptivo, busca recabar información de los candidatos a ingresar y detectar lo que realizan en ellas.

Los resultados obtenidos permiten conocer cuáles son las más utilizadas, el uso que les dan, los contenidos que comparten y buscan, además del tiempo que les dedican. De esta forma la escuela podrá tener un mayor y mejor acercamiento a los alumnos, razón de ser de la institución.

***Palabras clave**: Redes sociales, Gestión de la comunicación, Comunicación universitaria, Contenidos.*

Abstract

The ease and immediacy granted by social networks has made them immerse in these new forms of communication, in this sense educational institutions must realize and take advantage of them. Internet and its new tools have forever revolutionized communications and the way people learn, relate and work (infobae, 2012). [1]

To establish an effective communication strategy in a school, it is imperative to identify the social networks that students use the most.

This research, through a quantitative, exploratory and descriptive approach, seeks to collect information from new applicants and detect what they do on social networks.

The results obtained allow us to know which are the most used, the use they are given, the contents they share and seek, in addition to the time they devote. In this way, the school can have a greater and better approach to the students, reason for being of the institution.

***Key words**: Social networks, Communication management, Technology, University Communication, Contents.*

Introducción

Los avances de la tecnología han hecho evolucionar de forma contundente y rápida la manera en la que se interactúa en la actualidad.

Actualmente todo ha cambiado, se pueden realizar búsquedas en la web para obtener información de todo tipo y se pueden realizar llamadas por medio de programas de videoconferencia. Se realiza trabajo colaborativo en tiempo real, se escucha música por medio de apps para reproducir audio en línea y no se requiere de discos de almacenamiento ya que se usa la nube. Se ven programas de entretenimiento gracias a las plataformas de streaming y la nueva forma de comprar es en línea. Gracias a las redes sociales la comunicación se ha vuelto más rápida, más crítica, más incluyente e inmediata. Las personas tienen la opción de volverse comunicadores además de escuchas. La sociedad está cambiando, las empresas también, y lo mismo deben hacer las instituciones de Educación. El uso de las redes sociales se ha trasladado no solamente al ámbito personal, está en el medio laboral y en el académico. Los estudiantes usan las redes para hablar de la escuela y compartir cosas de las mismas.

Con respecto a las redes sociales y las instituciones educativas, se suele pensar en aquello que pueden aportar en el ámbito académico y se deja de lado la visión de la institución como un ente empresarial sin fines de lucro, creyendo que la comunicación e interacción entre sus públicos internos y externos no tiene gran relevancia. Puertas-Hidalgo, R.; Carpio-Jiménez, L. (2017) [2], contradicen este hecho aseverando que las nuevas tecnologías permiten a las organizaciones establecer canales de comunicación de doble entrada y fortalecer la imagen institucional en la comunidad.

Desafortunadamente, muchas Instituciones no cuentan todavía con personal calificado para gestionar sus redes y consideran que no es necesario un manejo profesional de las mismas. Según Simancas-González y García-López (2017) [3], solo el 45% de las universidades cuentan con un plan estratégico de comunicación, algo completamente erróneo.

“Sorprendentemente la mayoría de las empresas gestiona el proceso de rediseño de su sitio web corporativo como un simple trámite administrativo, cuando debería considerarse una de las decisiones estratégicas más importantes de la empresa”, esto lo dice Celaya, (2008, citado por Herrera Hütt Harold, 2012) [4], a lo que agrega Herrera, H. (2012) [5]: “Es importante anotar en este sentido, que el sitio web es la “cara virtual” de la empresa, y, desde luego, de la asertividad con que los contenidos hayan sido colocados, y de la adecuada diagramación de su interface, dependerá el éxito de esta herramienta”.

Es importante conocer a profundidad lo que hacen los aspirantes de nuevo ingreso en las redes, lo que los motiva, lo que buscan, con qué interactúan y el tiempo que dedican a las mismas. De esta forma, se pueden generar estrategias que ayuden a la institución a posicionarse en su mente, pero que, además, sea un lugar frecuentado y recomendado por ellos.

Metodología

En la elaboración de este artículo se realizó una investigación cuantitativa descriptiva porque se buscaba detectar y describir las redes sociales más utilizadas por los aspirantes a nuevo ingreso y para lo que son utilizadas.

Se aplicó la técnica de muestreo por conglomerados bietápico, que de acuerdo con Weiers, R. (1986) [6], es la técnica que aprovecha la existencia de grupos en la población, que la representan correctamente en relación a la característica que queremos medir y dentro del conglomerado se obtienen otras muestras para realizar la encuesta. Se contaba con aspirantes de las 10 carreras ofertadas por la Institución y por medio del muestreo aleatorio simple se realizaron las encuestas. La aplicación se realizó en línea a través de la plataforma Google Drive con la herramienta de formularios. Se exportó la base de datos a Excel y posteriormente se exportó a SPSS para su análisis en ambos programas. En el SPSS se realizó un análisis de correlaciones, lo que nos permitió encontrar la relación e interdependencia existente entre los diversos ítems. En Excel, se elaboraron cruces de información por medio de filtros y tablas dinámicas para poder describir con mayor profundidad la forma en la que se relacionan algunas de las variables observadas.

La investigación fue realizada en el Instituto Tecnológico de Colima y aplicada a los aspirantes a ingresar al mismo. El Universo constó de 943 elementos, la muestra a realizar fue de 548 personas con un nivel de confianza del 97% y un error muestral del 3%.

El instrumento estaba conformado por 19 ítems, los cuales se dividieron en 4 categorías: Uso, Conducta, Contenido y Generales. A continuación, se muestra la Tabla 1. describiendo cada una de ellas.

Tabla 1. Clasificación por categorías.

Categoría	Descripción
Uso	Se define qué redes utilizan, para qué son usadas, cómo las evalúan, qué ventajas observan en ellas y el tipo de información que buscan en redes sociales universitarias.
Conducta	En esta categoría se analiza cuál es el comportamiento de los aspirantes en las redes sociales, si consideran que las mismas influyen en su vida diaria, si realizan o les han realizado bullying por medio de ellas y si les es más fácil comunicarse a través de las redes que en persona.
Contenido	Por medio de esta categoría se detecta el tipo de contenidos que publican, los temas que buscan y la principal fuente de información que consultan en las redes sociales.
Generales	Esta última categoría sirve para identificar el tiempo que se encuentran en las redes de forma diaria y qué dispositivo usan con mayor frecuencia para conectarse a internet.

Elaboración propia

Previo a la aplicación del instrumento se realizó una prueba piloto a 30 estudiantes a punto de salir del nivel bachillerato, los resultados fueron capturados en el paquete estadístico SPSS, para posteriormente realizar el corrimiento y la prueba Alfa de Cronbach. La versión final del instrumento es la primera, con un índice mayor a 0.7 como se muestra a continuación (Tabla 2.):

 ISSN 2007-8102

Tabla 2. Estadísticos de fiabilidad

Alfa de Cronbach	Alfa de Cronbach basada en los elementos tipificados	N de elementos
.744	.731	21

Paquete estadístico SPSS

Alfa de Cronbach es la prueba que nos permite conocer la fiabilidad del instrumento a utilizar.

Resultados y discusión

De los aspirantes a nuevo ingreso el 57.1% son hombres y el 42.9% mujeres. Este dato ha ido cambiando en los últimos años y se puede observar que cada vez son más las mujeres que se inscriben a esta institución donde el 80% de su oferta educativa son ingenierías y el 20% carreras administrativas.

El 91.6% de los aspirantes a ingresar tienen entre 17 y 19 años, siendo el mayor porcentaje los de 18 años.

Categoría Uso

En esta categoría se pudo observar que la red social más frecuentada es Facebook con un 93.3%, dejando en segundo lugar a YouTube con un 88.4% y, en tercer lugar, con un 77.1% a Instagram. Cabe destacar que el 98.2% utiliza con mayor frecuencia WhatsApp. Aunque algunos todavía no la consideran una red social, no se puede descartar por las mejoras y actualizaciones que ha tenido, por las que algunos la consideran una red social.

Por otro lado, el 84.5% utiliza las redes por simple entretenimiento, seguido de un 66.9% que las usa para estar en contacto con amigos. En tercer lugar, responden que las utilizan para cuestiones relacionadas con la escuela en un 45.8% y, por último, pero también con un porcentaje relevante, el 44% para ver lo que publican los demás.

El 81.5% está consciente que las redes sociales son una buena herramienta cuando se utilizan para ciertas cosas mientras que un 15.5%, considera que son una excelente herramienta en todos sentidos.

Con respecto a su opinión sobre la principal ventaja que tiene usar las redes, el 49.8% respondió que se enteraban más fácil y rápido de las cosas que sucedían en el mundo, un 25.5% que respondía porque les permitía comunicarse con la gente que se encuentra lejos y un 18.2% porque ayudaba mucho en cuestiones de trabajo, negocio o escuela.

La información que consideran importante en una red social universitaria se clasifica de la siguiente manera (Tabla 3):

Tabla 3. Información que deben proporcionar las universidades en sus redes sociales

Información	Porcentaje
Calendario Escolar	80.2
Convocatorias para becas	74.5

 ISSN 2007-8102

Recordatorios de fechas de exámenes	72.7
Eventos culturales y deportivos	63.5
Movilidad académica	43.8
Noticias sobre intercambios	43.5
Información sobre concursos	38.4
Bolsa de trabajo	31.0

Elaboración propia

Un 1.1% respondió no ingresar a redes sociales universitarias.

Categoría Conducta

El 63.3% suele ver lo que otros publican y en ocasiones comentan algo, seguido de un 26.0% que solo suelen ver lo que los demás publican. Un 10.0% publica y comenta.
El 54.9%, considera que las redes sociales influyen poco en su vida diaria, mientras que el 37.6% opina que influyen mucho y por último el 7.5% no influyen nada.

Un 3.8% reconoce haber hecho bullying, mientras que un 11.3% dice haberlo recibido.

El 61.1% considera que para ellos es igual comunicarse a través de las redes o en persona mientras que un 23.3% respondió que prefiere comunicarse en persona y un 15.6% dijo sentirse más cómodo comunicándose por medio de las redes.

Categoría Contenido

Con respecto a lo que se publica con mayor frecuencia, enseguida se muestra la Figura 1. Donde se pueden observar con claridad los porcentajes para cada actividad. El 41.6% publica con mayor frecuencia memes, seguido de un 10.5% que publica información personal y un 9.7% contenido motivacional.

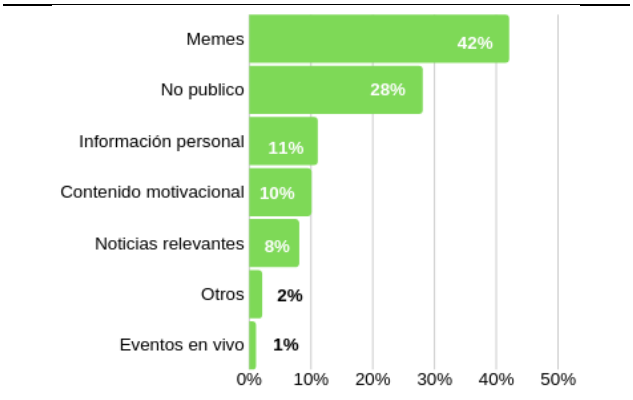


Figura 1. Contenidos que publican con mayor frecuencia en sus redes sociales.
Elaboración propia.

Sobre los temas más consultados en las redes sociales destacaron, en primer lugar, música con un 65.1%, en segundo lugar, temas de comedia con un 54.0%, temas de tecnología en tercer lugar con un 51.5%, en cuarto lugar, temas de ciencias con un 43.6%, en quinto lugar, con un 42.7% los deportes. Educación quedó en un catorceavo lugar con 20.5%.

Hablando de las principales fuentes de información consultadas el 40.4% responde que publicaciones de amigos, seguidos de un 38.7% enlaces a páginas web, en tercer lugar, Fanpages con un 7.6% y con un 6.2% Influencers.

 ISSN 2007-8102

Categoría Generales

El 57.8% pasa de entre 2 a 6 horas diarias en las redes sociales, siendo el porcentaje más alto el que está entre 4 a 6 horas. Si bien existe un 25.1% de aspirantes que dicen usar las redes de 1 min. a 2 horas, el porcentaje más grande sigue siendo el mayor de ese rango, o sea de 1 a 2 horas con un 14.0%. Por último, y para tomarse en cuenta, existe un 17.1% que usa las redes de 6 a más de 10 horas.

Un contundente 94.2% usa el teléfono celular para conectarse a sus redes sociales, mientras que el 5.8% restante se dividen entre 5 opciones que son: Laptop, Computadora de escritorio, Tablet, Smart TV y consola de videojuego.

Al analizar los resultados de las correlaciones en el SPSS se pudo detectar que no existen relaciones importantes entre las diversas variables de las categorías analizadas, lo que quiere decir que no importa las redes sociales que sean utilizadas ni la información que se maneje en las mismas, las personas utilizan las redes solo por su gusto y no porque se usen otras redes al mismo tiempo.

Por otro lado, se realizaron algunos cruces que nos permiten tener información un poco más detallada, tal es el caso de la Figura 2. Donde se puede observar que del 45.8% que usan las redes para cuestiones escolares un 85% considera que el calendario escolar es lo que deberían compartir en una red social universitaria, seguido de un 83% que considera que las convocatorias para becas y un 82% los recordatorios de exámenes.

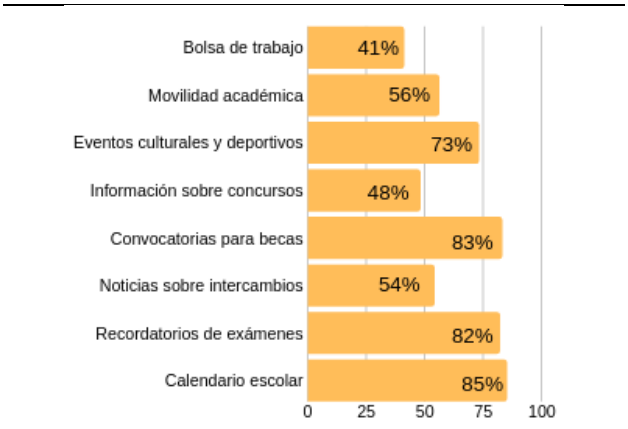


Figura 2. Del 48% que usa las redes sociales para cuestiones escolares, la información que consideran importante de manejar en ellas.
Elaboración propia.

En la Figura 3. Se puede apreciar que del 93% que usa con mayor frecuencia el Facebook, el 46% lo utiliza para cuestiones escolares, y en el mismo porcentaje son usadas para cuestiones escolares tanto YouTube como Instagram y WhatsApp.

 ISSN 2007-8102

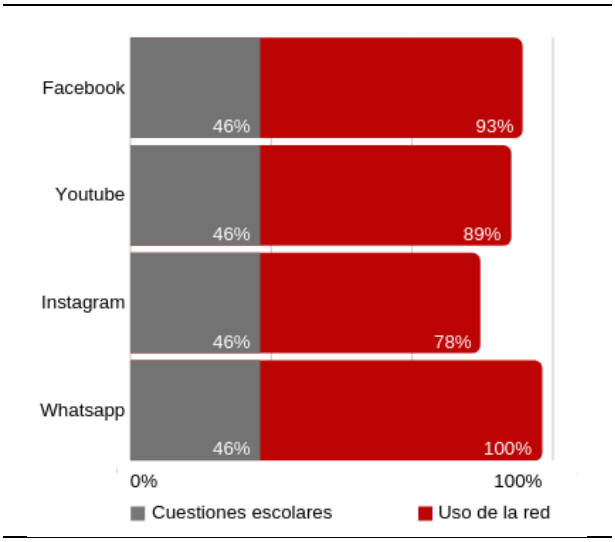


Figura 3. Red más utilizada y el porcentaje que la usa para cuestiones escolares.

Del 45.8% que usa las redes para cuestiones escolares, el 43% usa enlaces a páginas web para obtener información y un 35% lo hace en publicaciones de amigos. El 8% busca información en Fanpages informativas, como se observa en la Figura 4.

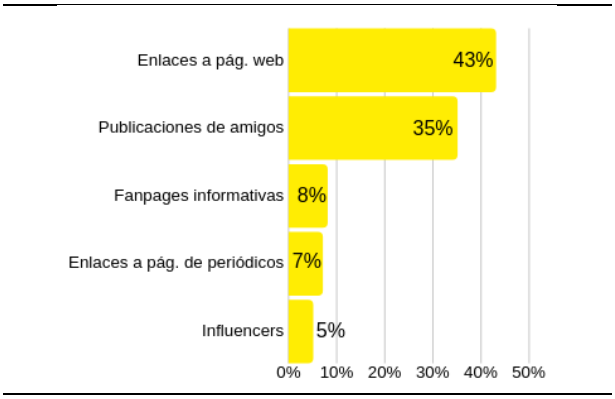


Figura 4. Porcentajes de diferentes sitios en los que buscan información el 45.8% de personas que usan las redes por cuestiones escolares.

Trabajo a futuro

En el presente trabajo no se desarrolló el análisis del aprovechamiento de las redes sociales en el ámbito educativo.

Como parte del futuro desarrollo de la presente investigación, es el realizar una comparación entre el uso de redes sociales que hacen las mejores instituciones del estado de Colima, con la finalidad de determinar las fortalezas que tienen y trabajar en las debilidades haciendo benchmarking.

Conclusiones

La conciencia hacia las redes sociales está cambiando, las personas comienzan a observar que sus actitudes y su diario hacer sí se ven influenciadas por ellas. De ahí, las selfies en cualquier lado, videos compartidos de lo que se vive en el momento, las historias cortas que publican y hasta la comida que van a saborear. Las redes ya no solo son usadas para fines de convivencia virtual como sucedía cuando recién iniciaban.

Los usuarios de redes sociales no las usan sólo para observar, muchos lo hacen para buscar empatía con alguien, para no sentirse solos o para entablar relaciones, entre otras cosas.

Se interactúa con aquello que es afín al pensar y actuar y se observa aquello que es interesante aun cuando no sea lo habitual en la persona. Si se busca que los estudiantes interactúen y se sumerjan en las redes institucionales es necesario generar una estrategia de contenidos relevantes de acuerdo a su forma de ser y pensar, donde ellos mismos puedan ser partícipes de la generación de contenidos, sin olvidar el generar noticias de interés bajo su perspectiva. Eso no implica dejar de ser institucionales, pero sí hablar su idioma y estar en una aproximación constante.

Esta investigación se realizó para una población en específico. Es importante que cada entidad educativa considere su propio universo para la definición de las redes sociales a utilizar y las estrategias a aplicar, debido a que cada una tiene sus propias particularidades.

Los resultados permiten desarrollar estrategias en el uso de las redes sociales frecuentadas por los nuevos estudiantes. También se debe considerar la generación de contenidos acordes con cada red y la finalidad para las que son usadas. Por último, se proponen redes no contempladas y la eliminación o reajuste de públicos de las usadas en la actualidad.

En la actualidad no se habla de medios de comunicación, sino de medios de difusión, en donde todos los involucrados se han vuelto partícipes de dicho proceso. Ya no solo se dedican a leer o escuchar lo que otros informan, ahora también puede opinar o contribuir con sus propias aportaciones.

Agradecimientos

Agradecemos al Tecnológico nacional de México/IT Colima, por las facilidades recibidas para realizar esta investigación.

Referencias

[1] infobae. (2012, mayo 16). Cómo internet nos cambió la vida. Recuperado de https://www.infobae.com/2012/05/16/648074-como-internet-nos-cambio-la-vida/

[2] Puertas-Hidalgo, R.; Carpio-Jiménez, L. (2017). Interacción generada en redes sociales por las universidades categoría A en Ecuador. International Journal of Information Systems and Software Engineering for Big Companies (IJISEBC), 4(1), 53-61.

[3] Simancas-González, E.; García-López, M. (2017). “Gestión de la comunicación en las universidades públicas españolas”. El profesional de la información, v.26, n. 4, pp. 735-744.

[4] Hütt Herrera, H. (2012). LAS REDES SOCIALES: UNA NUEVA HERRAMIENTA DE DIFUSIÓN. Reflexiones, 91 (2), 121-128.

[5] Herrera, H. (2012). Las Redes Sociales: Una nueva herramienta de difusión. Reflexiones, 121-128.

[6] Weiers, R. (1986). Investigación de Mercados. D.F., México: Prentice Hall Hispanoamericana.

Evaluación de competencias laborales de técnicos de mantenimiento de una empresa automotriz en Guaymas, Sonora

D. Maytorena García[1], M. D. Astorga Ahumada[2], M. L. López-Roa[3], R. Reyes Valenzuela[4], E. E. Lanz Sanchez[5]*

[1,2,3,5] Tecnológico Nacional de México campus Guaymas, Km. 4 Carretera al Varadero Nacional, Las Playitas, C. P. 85480, Heroica Guaymas, Sonora.

[4]Tecnológico Nacional de México campus Orizaba, Oriente 9, Emiliano Zapata, C. P. 94320, Orizaba, Veracruz.

maria.lr@guaymas.tecnm.mx

***Área de participación**: Ingeniería Administrativa*

Resumen

El presente proyecto tiene como finalidad definir las capacidades laborales del personal de mantenimiento de una empresa del sector automotriz dedicada a la fabricación y producción de componentes hidráulicos y electrónicos en las áreas de Electricidad y Electrónica, Neumática e Hidráulica y Automatización, para evaluar su situación actual, y plantear un programa de mejora a medida. Se ha proyectado un programa en siete fases, de las cuales se trabaja actualmente en la quinta y este documento permite presentar los hallazgos más relevantes de las primeras fases que van desde el análisis de la situación actual hasta el diseño y ejecución de un programa de capacitación.

***Palabras clave**: Manufactura, Capacitación, Automotriz, Certificación*

Abstract

The purpose of this project is to define the labor capacities of the maintenance personnel of a company in the automotive manufacturing sector in the areas of Electricity and Electronics, Pneumatics and Hydraulics and Automation, to evaluate their current situation, and propose a customized program. This program has been planned in seven phases, of which the fifth is currently being worked on, and this document allows us to present the most relevant findings of the first phases, from the analysis of the current situation to the design and execution of a training program.

***Key words**: Manufacturing, Training, Automotive, certification*

Introducción

La realización de un análisis y control de los factores que afectan o favorecen la productividad en las organizaciones, ha sido el objetivo principal de los estudios relacionados con el trabajo.

Determinar cada uno de estos factores, es fundamental, ya que permite establecer las políticas a seguir, clasificando cuáles de estas son modificables a corto, mediano y largo plazo[1]; Uno de los más importantes factores que se debe considerar y que implica un trabajo exhaustivo para lograr las metas, es el recurso humano, el cual en la medida que intervenga de una manera eficiente y eficaz en cada uno de los procesos permitirá el logro de los resultados esperados en organización[2].

El personal encargado de proporcionar mantenimiento mecánico y eléctrico a máquinas, equipamiento e instalaciones en la empresa, juega un papel fundamental en el proceso de producción, el tiempo de ocio de las máquinas y equipamiento, por encontrarse en mal estado ocasiona pérdidas económicas considerables, retrasos en entrega de productos y al final, todo esto resulta en la pérdida de clientes.

El presente proyecto tiene como una de sus finalidades definir las capacidades laborales del personal de mantenimiento en las áreas de Electricidad y Electrónica, Neumática e Hidráulica y Automatización, para evaluar su situación actual, y plantear un programa de mejora para el mismo.

Es por esto que resulta imprescindible entender al Técnico de mantenimiento como la persona encargada de proveer soluciones de prevención y mantenimiento a la maquinaria, equipamiento e instalaciones, así como reacción inmediata a las diferentes situaciones que se presentan en el paro de la máquina. El nivel de competencia que demuestre en el desarrollo de estas funciones, está íntimamente relacionado con la productividad de la organización.

Actualmente, se desarrollan programas de formación en instituciones dedicadas a la educación formal para el área de mantenimiento, pero la alta demanda de técnicos capacitados en la industria automotriz en Sonora, demanda la actualización e innovación de programas de capacitación para poder abrir espacios a nuevas fuentes de capacitación con el Instituto Tecnológico de Guaymas, particularmente.

Concepto de competencia laboral

La aplicación de los principios y metodologías que permiten la formación y certificación basados en **Competencias laborales**, como uno de los pilares que facilitan a las organizaciones ser competitivas[3], es por ello que resulta primordial el certificar al persona en competencias laborales, pero antes, se presentan algunas definiciones de competencia laboral.

La definición de competencia laboral puede ser descrita desde varios ámbitos de observación, desde el punto de vista del trabajo y desde el punto de vista de la educación. A continuación, algunas definiciones:

Desde el punto de vista del trabajo, la competencia laboral es “la construcción social de aprendizajes significativos y útiles para el desempeño productivo en una situación real de trabajo que se obtiene no solo a través de la instrucción, sino también mediante el aprendizaje por experiencia en situaciones concretas de trabajo” [4]

Otra definición citada, ahora desde el punto de vista de la educación:
“Competencia profesional es la habilidad para realizar los roles o puestos de trabajo a los niveles requeridos según las normas establecidas en el empleo. Conlleva la capacidad de realizar un conjunto de actividades o funciones específicas en el desempeño de un puesto de trabajo” [5].

En términos generales, hay ideas que se comparten desde los dos puntos de vista:

- El desempeño productivo de un puesto de trabajo
- El desempeño puede darse en diferentes niveles requeridos

Antecedentes de la problemática

El presente proyecto se realizó a solicitud de la Gerencia de Ingeniería y Gerencia de la Planta automotriz, empresa con crecimiento en el mercado nacional e internacional, que busca un constante crecimiento profesional para sus empleados, en específico ha mostrado el interés en la detección de necesidades de los Técnicos de Mantenimiento.

Las condiciones actuales del departamento de mantenimiento son las siguientes:

- Un encargado de mantenimiento
- 48 técnicos de Mantenimiento

Procedimiento de operación actual: El encargado de mantenimiento es la persona que planifica y programa las acciones de mantenimiento preventivo, de acuerdo con los requerimientos establecidos por los fabricantes de la maquinaria y equipo, tomando en cuenta los recursos de la organización.

El encargado de mantenimiento dirige y asigna los trabajos a realizar por cada uno de los técnicos según el área requerida.

Los técnicos se interrelacionan entre sí para complementar sus acciones de trabajo y en caso de ser necesario reaccionar ante algún problema con la maquinaria y equipo en uso en el área productiva.

Principales problemas del departamento:

1. Fallas constantes e inesperadas en la maquinaria y equipo de la planta de producción, provocando el paro de los procesos de fabricación de los productos y el incumplimiento de órdenes de trabajo y bajos índices de productividad.
2. El gasto incurrido debido a la subcontratación de servicios de mantenimiento a empresas externas, por limitaciones de maquinaria y equipo para realizarlas dentro del departamento.
3. Deficiencias en el mantenimiento preventivo de la maquinaria y equipo, a pesar de contar con un numeroso grupo de técnicos especialistas en las diferentes áreas.
4. Técnicos que fueron contratados de inicio cuentan con poca experiencia en el área para solución de problemas en las máquinas.
5. Limitación en la ejecución de las acciones de mantenimiento por prioridad de los requerimientos de producción.
6. Limitación en acciones de capacitación, por considerar que el personal contratado debido a su formación académica está plenamente capacitado para el desarrollo de las diferentes actividades del departamento.

Beneficios del programa de evaluación y capacitación propuesto

Los principales beneficios de este proyecto, con enfoque en competencias laborales por medio de la evaluación y el programa de capacitación para la empresa objeto de ese estudio, consisten en brindar una capacitación otorgada por una Institución de Educación Superior que cuente con el respaldo de la Secretaría de Educación Pública, en este caso, del Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico de Guaymas.

Además, se determinan los siguientes beneficios para sus principales actores:

Trabajador

- El establecimiento claro de las competencias requeridas para el puesto de trabajo
- La oportunidad de transferibilidad entre puestos de trabajo
- La promoción y el crecimiento constante
- La oportunidad de certificar y acreditar las competencias demostradas

Empleador

- El aseguramiento de la productividad, estableciendo las competencias requeridas en el puesto de trabajo
- Procesos de selección y contratación de personal enfocados a los requerimientos reales de desempeño
- Procesos de detección de necesidades de capacitación direccionados a elementos de referencia
- Desarrollo de programas de capacitación, de acuerdo con requerimientos Establecidos.

Metodología

Este proyecto consta de siete etapas para la evaluación y capacitación del personal de mantenimiento de la empresa del giro manufacturero automotriz objeto de este estudio, las cuales son:

1. Análisis de la situación actual
2. Identificación de competencias requeridas para el puesto de trabajo
3. Establecimiento de funciones, actividades y tareas
4. Evaluación diagnostica y detección de las necesidades de capacitación
5. Diseño y ejecución de un programa de capacitación
6. Establecimiento de las bases de capacitación para el proceso de selección de personal de recién ingreso (Análisis y Descripción de puestos de trabajo)
7. Certificar las competencias del Técnico de mantenimiento bajo el estándar del Consejo Nacional de Normalización y Certificación de Competencias Laborales (CONOCER), mejorar la alineación de la oferta educativa, con los requerimientos de los sectores productivos, educativo, social y de gobierno del país[6].

Sin embargo, para efecto de este documento, nos referiremos a la fase cuatro, es decir, a la “Evaluación diagnostica y detección de las necesidades de capacitación”. La cual se implementará de la siguiente forma:

- Se conformarán equipos de 10 Técnicos, a quienes se les aplicará una evaluación diagnostica teórica.

- La aplicación del instrumento será aplicada en las instalaciones de la empresa, requiriendo un espacio libre de ruidos y calculadora básica.
- El tiempo estimado de la evaluación será aproximadamente de 1 hora por grupo.
- Al término de la aplicación diagnóstica, en los siguientes dos días se tendrán los resultados, para después realizar un análisis y detectar las áreas de oportunidad de capacitación de los Técnicos de Mantenimiento.
- Una vez obtenidos los resultados, se programará una presentación ante la empresa, para poder trabajar con grupos específicos en la capacitación necesaria.
- El proyecto inicialmente contará con la participación de un total de 32 técnicos, el cual más adelante pudiera variar al integrarse personal de acuerdo con las necesidades de la empresa.
- El proyecto está sujeto a valoración de las necesidades de capacitación de la empresa, esto a distintos puestos de trabajo en caso de ser necesario con nuevas temáticas.
- El tiempo establecido para la aplicación del instrumento, será el tiempo que la empresa designe entre sus actividades de operación, la cual de inicio será aplicado por la misma empresa.
- Se hará entrega del instrumento de evaluación para ser aplicados a los 32 Técnicos de Mantenimiento a través de la empresa.
- La fecha de inicio para la programación en la aplicación del instrumento fue el 05 de marzo de 2020 y finalizó el 15 de junio, debido a la alta carga de trabajo del personal de la empresa evaluada.

Resultados y discusión

De acuerdo a la propuesta de Evaluación y Capacitación para los Técnico de Mantenimiento aprobada de la empresa, y después de haber realizado un análisis de la situación del departamento de Mantenimiento, haber identificado competencias del puesto de trabajo e identificado las actividades de los Técnicos de Mantenimiento, se pudo desarrollar una herramienta para la detección de las necesidades de capacitación, esto con la finalidad de llevar a cabo una evaluación diagnostica de manera individual en las áreas de Electricidad y Electrónica, Neumática e Hidráulica y Automatización, la cual arroja los siguientes resultados:

Se evaluaron 32 técnicos, de los cuales 20 eran del turno 1 y 12 del turno 2.



Figura 1. Distribución de técnico de mantenimiento en dos turnos.

Criterio de Calificación Institucional

- Excelente 95-100
- Notable85-94
- Bueno 75-84
- Suficiente 70-74
- Desempeño insuficiente NA (no alcanzada)

Cabe señalar que la calificación aprobatoria del instrumento aplicado para los Técnicos de Mantenimiento es del **70** que pudiera considerarse de manera general o por disciplinas, de acuerdo con el criterio de la empresa, por lo que se presentan los resultados obtenidos.

Evaluaciones diagnósticas

 ISSN 2007-8102

Se realizaron baterías de evaluaciones en: Electricidad y electrónica industrial, Hidráulica y Neumática Aplicada Automatización Industrial, todas ellas enfocadas en las competencias laborales en las que busca la empresa capacitar a su personal técnico en mantenimiento. Es por ello que se dieron los siguientes resultados:

En electricidad y electrónica industrial: De los 32 evaluados, ninguno logró alcanzar calificación mínima aprobatoria y el promedio de ellos fue de 37 puntos.

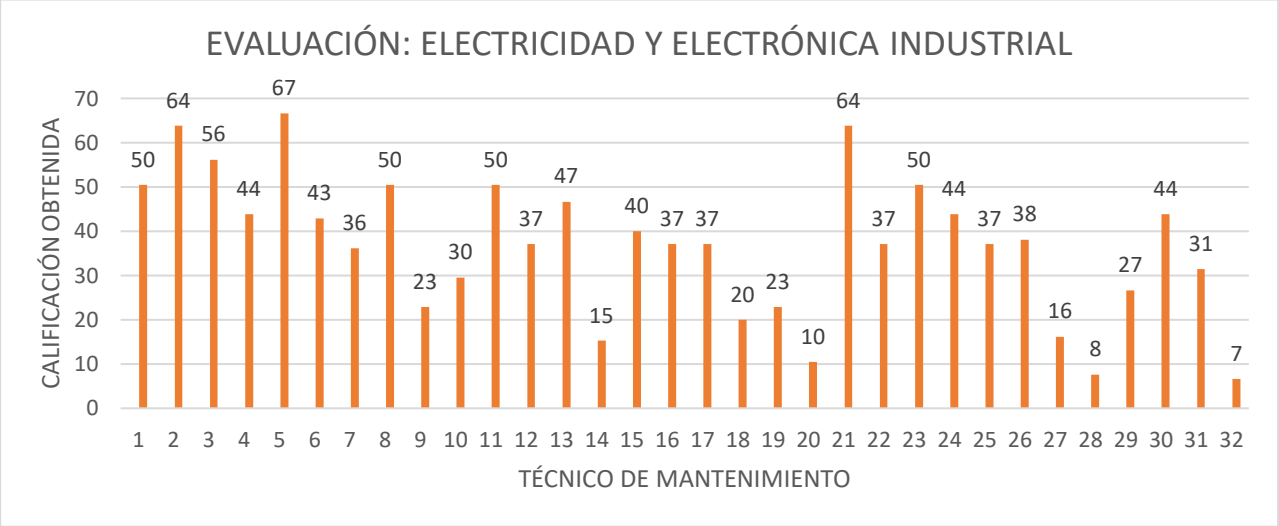


Figura 2. Resultados de la evaluación diagnóstica en electricidad y electrónica industrial

En hidráulica y neumática aplicada: De los 32 técnicos evaluados, el 3.12 % (un técnico) obtuvo un desempeño excelente, un 3.12 % (un técnico) fue notable y otro 3.12 % (un técnico) obtuvo un resultado bueno. Mientras que, el 90.6 % restante, no logró obtener la calificación mínima aprobatoria. El promedio del personal en esta prueba fue de 38 puntos.

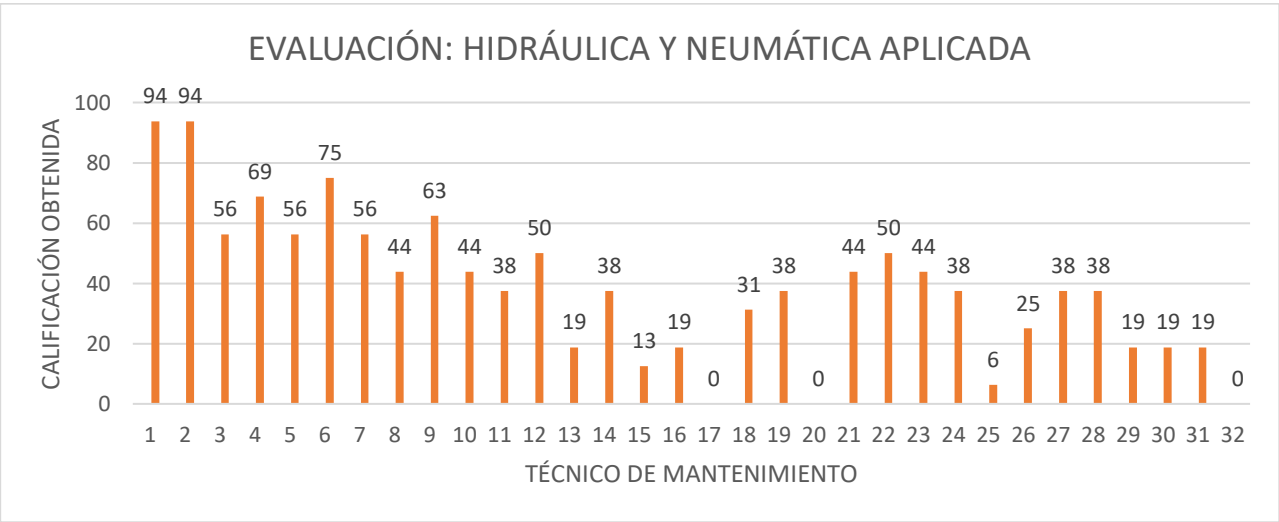


Figura 3. Resultados de la evaluación diagnóstica en hidráulica y neumática aplicada

En Automatización industrial: De los 32 técnicos evaluados, el 6.24 % (dos técnicos) obtuvieron un desempeño notable, mientras que el 93.76 % restante, no logró obtener la calificación mínima aprobatoria. El promedio del personal en esta prueba fue de 40 puntos.

 ISSN 2007-8102

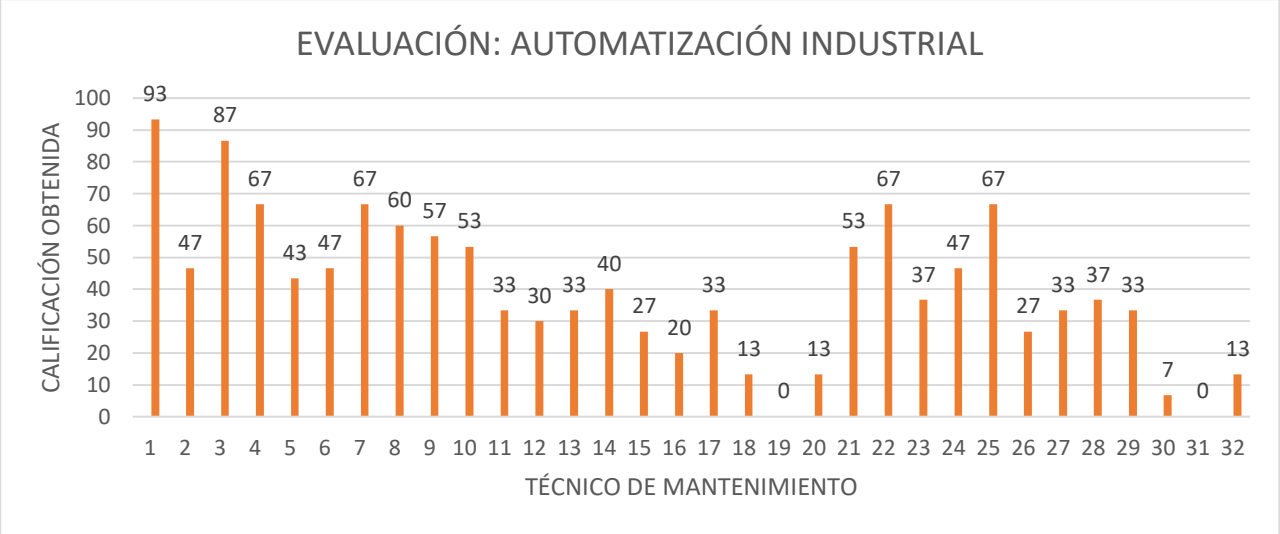


Figura 4. Resultados de la evaluación diagnóstica en automatización industrial

Finalmente, si se promedian las tres áreas evaluadas, se obtiene que solamente un miembro del personal técnico evaluado obtiene una calificación aprobatoria (3.12 %), el 96.88 % restante, no logró alcanzar la calificación mínima aprobatoria de acuerdo con los criterios institucionales anunciados por el Instituto Tecnológico de Guaymas.

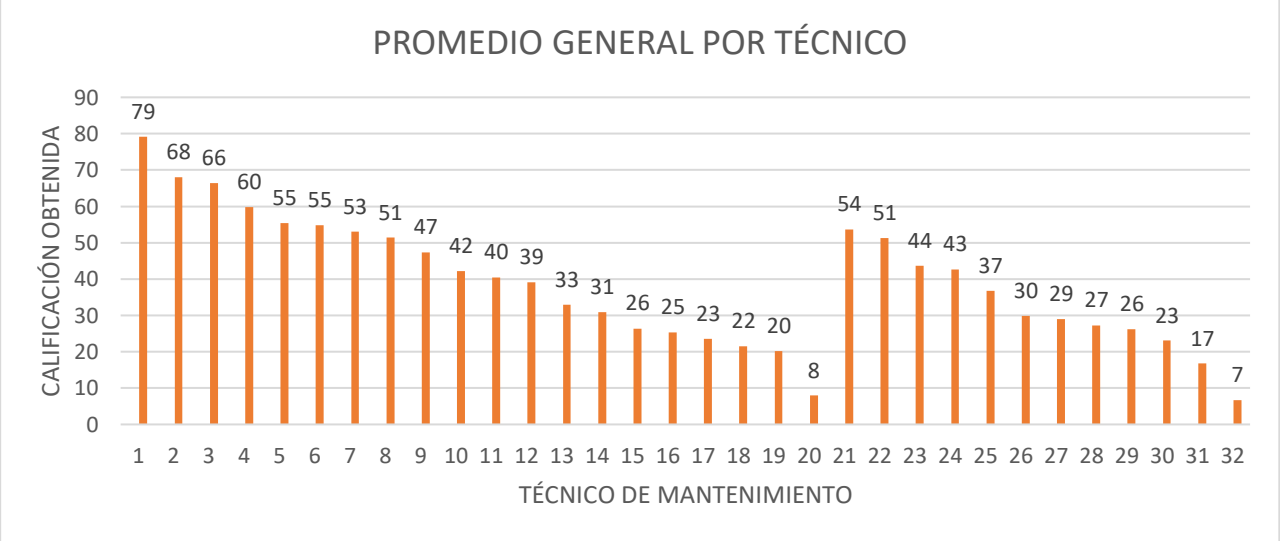


Figura 5. Resultados de la evaluación diagnóstica acerca del promedio general por técnico

Trabajo a futuro

Con la encomienda del sector manufacturero automotriz de Guaymas, Sonora, al Instituto Tecnológico de Guaymas de diseñar y ejecutar un programa de capacitación que permita a su recurso humano lograr las competencias laborales que sus indicadores les exigen, la programación de la capacitación se llevará a cabo por módulos, la cual se conformará de acuerdo con las competencias por conseguir, identificadas en la evaluación diagnóstica.

Conclusiones

Tras analizar los datos obtenidos en las evaluaciones diagnósticas del personal técnico de mantenimiento de esta empresa automotriz dedicada a la fabricación y producción de componentes hidráulicos y electrónicos, resulta sumamente notoria la necesidad de capacitar al personal para volverlos competentes y lograr los objetivos de

certificación de competencias laborales que se encuentran en el catálogo de certificaciones de Consejo Nacional de Normalización y Certificación de Competencias Laborales (CONOCER).

El equipo de trabajo de este proyecto, se encuentra comprometido con el logro de esta meta que les ha sido trazada para continuar con la estrecha vinculación y lazos fraternales que unen al sector académico (el Instituto Tecnológico de Guaymas) con el sector productivo de esta región.

Referencias

[1] “5. ANALISIS MICROECONOMICO DE LA PRODUCCION”. http://www.fao.org/3/v8490s/v8490s07.htm (consultado ago. 22, 2020).
[2] M. Domínguez Santiago, “Factores determinantes en la gestión de recursos humanos en empresas de servicios que incorporan de manera sistemática nuevas tecnologías: Un estudio de caso en la comunidad valenciana”, *Pensamiento & Gestión*, núm. 24, pp. 88–131, jun. 2008.
[3] M. Escobar Valencia, “LAS COMPETENCIAS LABORALES: ¿La estrategia laboral para la competitividad de las organizaciones?”, *Estudios Gerenciales*, vol. 21, núm. 96, pp. 31–55, sep. 2005.
[4] Ducci, María Angélica, *El enfoque de competencia laboral en la perspectiva internacional. Formación basada en competencia laboral: situación actual y perspectiva*. 1997.
[5] “DESARROLLO-DE-LA-FORMACION-OCUPACIONAL.pdf”. Consultado: ago. 22, 2020. [En línea]. Disponible en: http://intecap.edu.gt/capacitacioninterna/wp-content/uploads/2016/10/DESARROLLO-DE-LA-FORMACION-OCUPACIONAL.pdf.
[6] “¿Qué es el CONOCER? Misión, Visión, Política y Objetivos de calidad.”, *CONOCER*. https://conocer.gob.mx/acciones_programas/conocer-mision-vision-politica-objetivos-calidad/ (consultado ago. 22, 2020).

 ISSN 2007-8102

Metodología de medición para intervención comunitaria como estrategia de crecimiento empresarial del sector turístico de Pátzcuaro, Michoacán

M. Villanueva Pimentel[1], L. Adame Rodríguez[2]M. Tapia Salazar[3],
[1]Departamento de Ingeniería en Desarrollo Comunitario, [2]Departamento de Ingeniería en Gestión Empresarial y [3]Departamento de Ingeniería en Gestión Empresarial, TecNM/Instituto Tecnológico Superior de Pátzcuaro, Av. Tecnológico no.1, Zurumutaro, C.P. 61615, Pátzcuaro, Michoacán, México.
**mvillanueva@itspa.edu.mx, ladame@itspa.edu.mx, mtapia@itspa.edu.mx*

***Área de participación**: Ingeniería Administrativa*

Resumen

El desarrollo humano inmerso en la competitividad y sustentabilidad del sistema productivo, demanda la generación de nuevos modelos en los que se aprovechen y potencialicen las capacidades humanas que mejoren las condiciones de vida de la comunidad a la que pertenecen. Los individuos como agentes empresariales se enfrentan a un ambiente altamente cambiante con elevados niveles de exigencia, que requiere la adopción de nuevas estrategias, siendo este tema el interés de la presente investigación, en la que se desarrolla una metodología de medición de las variables sujetas a estudio en el contexto del sector turístico de Pátzcuaro, Michoacán, para lograrlo, se aplicó una metodología de 4 fases, y se validaron los instrumentos de recolección de datos a través del software SPSS Statistics. Se concluye con la determinación del Alfa de Cronbach e ítems discriminados para su futura aplicación en otro estudio posterior.

***Palabras clave**: Crecimiento empresarial, estrategia, intervención comunitaria.*

Abstract

Human development immersed in the competitiveness and sustainability of the productive system, demands the generation of new models in which the human capacities are exploited and enhanced to improve the living conditions of the community to which they belong. Individuals as business agents face a highly changing environment with high levels of demand, which requires the adoption of new strategies, this subject being the interest of this research, in which a methodology for measuring the variables subject to A study in the context of the tourism sector of Pátzcuaro, Michoacán. To achieve this, a 4-phase methodology was applied, and the data collection instruments were validated through the SPSS Statistics software. It concludes with the determination of Cronbach's Alpha and discriminated items for their future application in another subsequent study.

***Key words**: Business growth, strategy, community intervention*

Introducción

La prioridad imperante de estudios científicos respecto al desarrollo humano en sus diferentes esferas se encuentra influida por la competitividad y sustentabilidad para todo sistema productivo, lo que trae consigo le necesidad de generar nuevos modelos que permitan potenciar las capacidades humanas, principalmente en el rol empresarial, de tal manera, que se garantice la mejora en las condiciones de vida familiar y de la comunidad a la que se pertenece. La consciencia de que el ambiente empresarial cada vez es más exigente, y que el asegurar la permanencia en el mercado además de la rentabilidad es un reto para el empresario, quien se mantiene en la búsqueda de acciones que intensifiquen y potencialicen los recursos para lograr un crecimiento empresarial.

 ISSN 2007-8102

Las microempresas a nivel mundial han tomado una relevante importancia en los últimos tiempos, principalmente para los países latino americanos, en donde, la aportación al PIB es significativa y la generación de empleos es creciente (Ferraro y Stumpo, 2010; Martínez, 2019). A partir de ello, surge la presente investigación que tiene como objetivo desarrollar una metodología de medición para las variables intervención comunitaria y crecimiento empresarial, en el contexto del sector turístico de Pátzcuaro, Michoacán. Para lograrlo, se aplicó una metodología de cuatro fases, que arrojan resultados descriptivos en las primeras tres y en la última, se obtienen estadísticos. Se concluye con la determinación del Alfa de Cronbach e ítems discriminados de los instrumentos validados por el programa SPSS Statistics para la medición y correlación de las variables sujetas a estudio, tema a desarrollar como futura investigación.

Metodología

La presente investigación tuvo como objetivo desarrollar una metodología de medición para las variables: intervención comunitaria y crecimiento empresarial, en el contexto del sector turístico de Pátzcuaro, Michoacán. Para ello, se establecieron cuatro fases, que se muestran en la figura 1.

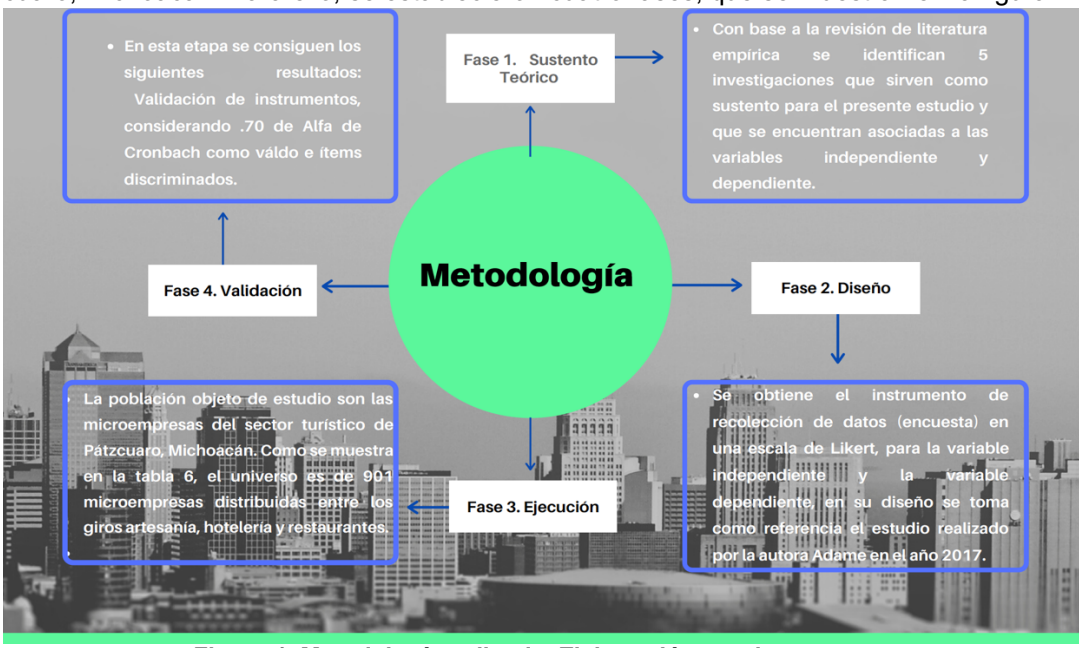


Figura 1. Metodología aplicada. Elaboración propia.

En la fase 1 titulada sustento teórico, se llevó a cabo la revisión de literatura empírica misma que sustenta el diseño de la investigación, en donde, se incluyen las dimensiones, indicadores e ítems del instrumento de recolección de datos. De igual manera, se desarrolló la congruencia de la propuesta de investigación.

En la fase 2, de diseño, se definieron los instrumentos de recolección de datos (encuestas) para la variable independiente y la variable dependiente. Además, se desarrolló la operacionalización de dichas variables sujetas a estudio.

Para la fase 3, ejecución, se determinó la población objeto de estudio y la muestra estadística probabilística considerando un nivel de confianza del 90% y un margen de error del 10%.

Por último, en la fase 4, validación, se utilizó el software SPSS Statistics versión 27 para demostrar la validez de los instrumentos de recolección de datos a través de Alfa de Cronbach discriminando los ítems correspondientes para el diseño de los instrumentos finales.

Resultados y discusión

La fase 1. Sustento teórico

Con base a la revisión de literatura empírica se identificaron cinco investigaciones que sirven como sustento para el presente estudio y que se encuentran asociadas a las variables independiente y dependiente. De igual manera, se determinan las dimensiones e indicadores para cada una de ellas (tabla 3) y la congruencia de investigación, figura 2.

Para la variable intervención comunitaria se muestra en la tabla 1, estudios con metodología cuantitativa y cualitativa, aplicada a crecimiento empresarial, desarrollo turístico, turismo comunitario, liderazgo y responsabilidad social empresarial.

Tabla 1. Revisión de literatura empírica de la variable Intervención comunitaria.

Tema/autor	Metodología	Resultados/Conclusiones
Crecimiento empresarial & Mipymes de Autlán de Navarro (Gámez, Joya & Ortiz, 2017).	Encuesta por muestreo aleatorio simple a los microempresarios, procesamiento estadístico.	Se detectaron problemas en administración, conocimientos, y preparación de los microempresarios para enfrentarse al mundo competitivo actual.
Intervención en la formación de los actores de la comunidad para el desarrollo del turismo de la provincia de el oro (Urquiola, Bofill & López, 2016).	Metodología cualitativa con métodos teóricos, como el histórico lógico y el analítico - sintético y el método Delphi	Diseño de un programa de intervención en la formación de los actores de la comunidad para el desarrollo del turismo en esa provincia.
Aprovechamiento racional de los recursos naturales y culturales para el turismo comunitario, cantón Montalvo-Los Ríos (Rivera, Izurieta & Cuadro, 2019).	La metodología empleada fue el método etnográfico y de observación, técnicas de recolección de datos, encuesta y entrevista	La participación de la población en el trabajo comunitario es fundamental en la vinculación hacia el desarrollo sostenible, que integra ámbitos de carácter grupal.
El liderazgo comunitario y su importancia en la intervención comunitaria (Andrade, 2013).	Diseño documental y análisis de contenido sobre el tema de la investigación.	El liderazgo comunitario presenta dos niveles: el liderazgo por la comunidad y el liderazgo de la comunidad.
Reflexión crítica sobre una intervención comunitaria de responsabilidad social empresarial (RSE) (Rezende, 2016).	Metodología cualitativa y de tipo exploratorio, ya que busca introducirse en el estudio de un objeto escasamente abordado en investigaciones previas.	La necesidad de implementar estudios y proyectos en donde se vinculen el concepto de RSE con el quehacer del psicólogo comunitario.

En la tabla 2, se presenta la revisión de la variable crecimiento empresarial, en donde, se consideran estudios empíricos, investigación documental y enfoques cualitativos, con una asociación de la variable con la innovación, las redes sociales, éxito competitivo y estrategia en la gerencia.

Tabla 2. Revisión de literatura empírica de la variable crecimiento empresarial.

Tema/autor	Metodología	Resultados/Conclusiones
Efecto de la innovación en el crecimiento y el desempeño de las Mipymes de la Alianza del Pacifico. Un estudio empírico (García-Pérez de Lema, Gálvez-Albarracín & Maldonado-Guzmán, 2016).	Estudio empírico con una muestra de 386 empresas de Chile, Colombia, México y Perú. Para verificar las relaciones planteadas se utilizan regresiones lineales múltiples por mínimos cuadrados ordinarios (MCO).	Los resultados muestran que la innovación en productos, en procesos y en gestión impacta positivamente el crecimiento del empleo y las ventas, y así mismo a las utilidades.
Las redes sociales y el desarrollo de las Mipymes (García, Pérez y Navarrete, 2016).	Investigación documental con un enfoque cualitativo utilizando fuentes secundarias.	Las redes sociales son un medio de comunicación directa en la oferta de bienes y servicios a los consumidores.
Factores determinantes del éxito competitivo en la Mipyme: un estudio empírico en empresas peruanas (Rocca, García y Duréndez, 2016).	Estudio empírico de análisis de factores asociados al éxito competitivo de una muestra de 94 empresas con más de 5 trabajadores.	Conforme las Mipymes tengan implantados sistemas de control de gestión más desarrollados y que apliquen prácticas de gestión de sus recursos humanos más eficientes, mayor será la probabilidad de tener éxito.
Fuerzas competitivas que moldean la estrategia en la gerencia del sector Mipyme en el Distrito de Santa Marta – Magdalena, Colombia (Donawa y Morales, 2018).	Parámetro positivista, no experimental, transeccional descriptivo y de campo. La población objeto del estudio 40 empleados de cinco empresas,a través de un cuestionario tipo Likert.	Los resultados indicaron que los gerentes de las empresas aplican estrategias para enfrentar las fuerzas competitivas y fortalecer el éxito en el mercado manteniendo a largo plazo su posición competitiva a costa de sus rivales en el sector.
Innovación en las Mipymes manufactureras de Ecuador y Argentina (Astudillo y Briozzo, 2016).	Base de datos de Enterprise Survey del año 2010 del Banco Mundial. Prueba chi-cuadrado de Pearson para las variables cualitativas y la prueba T de Student para las variables cuantitativas.	Los resultados muestran que las empresas manufactureras argentinas y ecuatorianas son diferentes entre sí básicamente en la innovación del producto y del proceso, con una mayor tendencia a desarrollar estas actividades en Argentina que en Ecuador.

Una vez identificado el sustento teórico, se obtiene como resultado el despliegue de las variables sujetas a estudio con sus respectivas dimensiones e indicadores.

Tabla 3. Despliegue de variables con dimensiones e indicadores.

Variable	Dimensión	Indicador	Sustento
Variable inde	Diagnóstico	Aspectos económicos Aspectos organizacionales Análisis del mercado	Lapalma, 2001 Martínez, 1995

	Diseño y planificación de la intervención	Nivel de aceptación e involucramiento Instrumento de recolección adecuados Objetivos y metodología de proyecto de intervención	Mori, 2008
	Ejecución o implementación	Propuestas de desarrollo colectivo Uso de estrategias Monitoreo de las actividades	Lapalma, 2001
	Evaluación	Efectividad del proyecto Análisis de los resultados Validación de hipótesis	Mori, 2008
Variable dependiente (Y) Crecimiento empresarial	Innovación en producto	Importancia de la innovación Recurrencia de la innovación Recurso destinado para la innovación	Perego, 2013
	Innovación en proceso	Proceso de reclutamiento y contratación del personal Proceso de comercialización y mercadotecnia Proceso de producción o servicio	Evangelista y Vezzani, 2010
	Innovación en la gestión de la empresa	Gestión del capital Gestión del capital humano Gestión de recursos materiales	Birkinshaw, Hamel y Mol, Sempere-Ripoll, Hervás, 2008
	Gestión estratégica	Conocimiento del ambiente de negocios Ventaja competitiva Diseño y ejecución de estrategias	Prieto, 2012

Con base en el despliegue de las variables mostrado en la tabla anterior, se obtiene la congruencia de la investigación propuesta como resultado del presente estudio, en la figura 2.

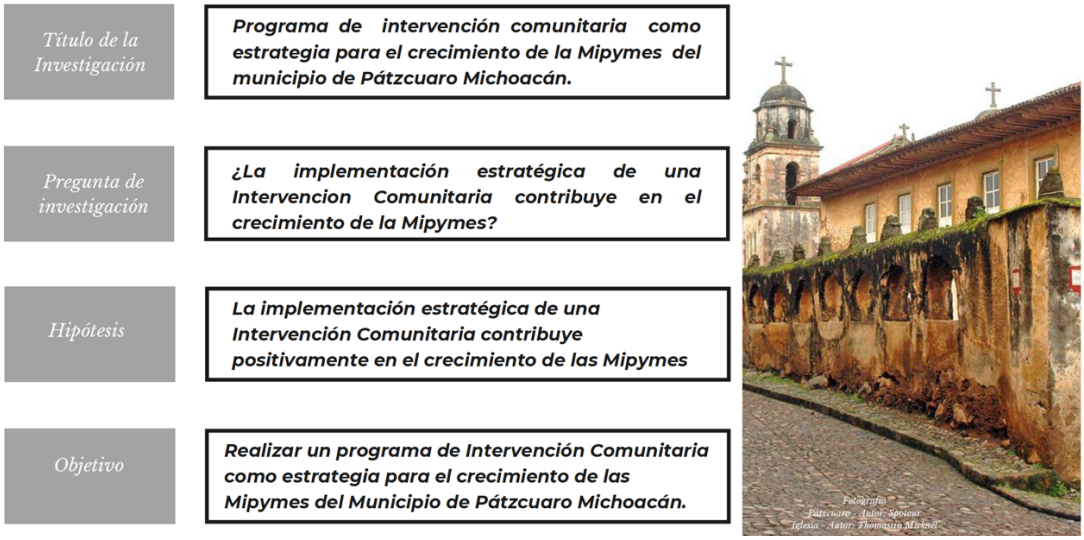


Figura 2. Congruencia de la investigación.

Fase 2. Diseño

En esta fase se obtiene el instrumento de recolección de datos (encuesta) en una escala de Likert, para la variable independiente con 55 ítems y para la variable dependiente con 72 ítems, para su diseño se toma como referencia el estudio realizado por la autora Adame en el año 2017. Para ambos instrumentos se realiza la operacionalización como se muestra en la tabla 4 y 5 ~~de~~ a continuación.

 ISSN 2007-8102

Tabla 4. Operacionalización de la variable intervención comunitaria.

Variable	Descripción	Dimensión	Indicador	Operacionalización de las variables	Instrumento
Variable independiente (X) intervención comunitaria	La Intervención comunitaria es una serie de acciones dirigida a promover el bienestar y desarrollo de un grupo social, resolviendo las problemáticas surgidas en sus sistemas o procesos a través del uso de estrategias en diferentes niveles Pérez (2008).	Diagnóstico	Aspectos económicos	Ítems agrupados del: 1 al 16	Encuesta en escala de Likert
			Aspectos organizacionales		
			Análisis del mercado		
		Diseño y planificación de la intervención	Nivel de aceptación e involucramiento	Ítems agrupados del: 17 al 32	
			Instrumento de recolección adecuados		
			Objetivos y metodología de proyecto de intervención		
		Ejecución o implementación	Propuestas de desarrollo colectivo	Ítems agrupados del: 33 al 46	
			Uso de estrategias		
			Monitoreo de las actividades		
		Evaluación	Efectividad del proyecto	Ítems agrupados del: 47 al 55	
			Análisis de los resultados		
			Validación de hipótesis		

Tabla 5. Operacionalización de la variable crecimiento empresarial.

Variable	Descripción	Dimensión	Indicador	Operacionalización de las variables	Instrumento
Variable dependiente (Y) Crecimiento empresarial	Conjunto de elementos intangibles que son dependientes de otros tangibles para la adopción de una estructura interna idónea como organización (Cardona & Cano, 2005).	Innovación en producto	Importancia de la innovación	Ítems agrupados del: 1 al 18	Encuesta en escala de Likert
			Recurrencia de la innovación		
			Recurso destinado para la innovación		
		Innovación en proceso	Proceso de reclutamiento y contratación del personal	Ítems agrupados del: 19 al 35	
			Proceso de comercialización y mercadotecnia		
			Proceso de producción o servicio		
		Innovación en la gestión de la empresa	Gestión del capital	Ítems agrupados del: 36 al 52	
			Gestión del capital humano		
			Gestión de recursos materiales		
		Gestión estratégica	Conocimiento del ambiente de negocios	Ítems agrupados del: 53 al 72	
			Ventaja competitiva		
			Diseño y ejecución de estrategias		

Fase 3. Ejecución

La población objeto de estudio son las microempresas del sector turístico de Pátzcuaro, Michoacán. Como se muestra en la tabla 6, el universo es de 901 microempresas distribuidas entre los giros artesanía, hotelería y restaurantes.

Tabla 6. Participación porcentual de microempresas por giro (INEGI, 2019).

	Giro empresarial	No. de empresas	En porcentaje

Microempresas	Artesanía	228	25.30%
	Hotelería	72	7.99%
	Restaurantes	601	66.70%
Total	901	100%	

Con base en ello, se determina una muestra estadística probabilística de 63 empresas, con 90% de nivel de confianza y 10% de margen de error, que para su validación se aplica el instrumento de recolección de datos a un 15.87% de dicha muestra.

Fase 4. Validación

En la última fase, se obtiene el Alfa de Cronbach para el instrumento de intervención comunitaria y para el instrumento de crecimiento empresarial (tabla 7).

Tabla 7. Alfa de Cronbach para la validación de los instrumentos

Instrumento intervención comunitaria	Instrumento crecimiento empresarial
Estadísticas de fiabilidad Alfa de Cronbach: ,826 — N de elementos: 56	**Estadísticas de fiabilidad** Alfa de Cronbach: ,815 — N de elementos: 72

Como se puede observar los instrumentos se consideran válidos, ya que se toma el criterio de validez si el resultado se encuentra entre 0.70 y 0.90 (González y Pazmiño, 2015). Sin embargo, se realiza el análisis de fiabilidad para cada una de las dimensiones y se encuentran datos de Alfa de Cronbach menores al criterio de validez (tabla 8), por lo que se requiere de un proceso de discriminación de ítems para cada instrumento.

Tabla 8. Alfa de Cronbach por dimensión.

Variable	Dimensión	Alfa de Cronbach
Variable independiente (X) intervención comunitaria	Diagnóstico	.060
	Diseño y planificación de la intervención	.402
	Ejecución o implementación	.573
	Evaluación	.877
Variable dependiente (Y) Crecimiento empresarial	Innovación en producto	.417
	Innovación en proceso	.868
	Innovación en la gestión de la empresa	.470
	Gestión estratégica	.615

Trabajo a futuro

En esta investigación se obtiene como resultado la metodología para la medición de la intervención comunitaria como estrategia para el crecimiento empresarial, se validan los instrumentos y se determina el Alfa de Cronbach e ítems discriminados; Con el objetivo de que en un trabajo futuro se puedan aplicar los instrumentos validados para generar resultados estadísticos que comprueben la correlación existente entre ambas variables.

Conclusiones

Con la discriminación de ítems se logra que el instrumento de recolección de datos de la variable intervención comunitaria pase de un Alfa deç Cronbach de .826 a .927, por lo que el instrumento final pasará de 55 ítems a 35, discriminando los señalados en la tabla 9. Esto resultaría opcional para futuras líneas de investigación ya que el instrumento es válido con los dos resultados. Para el

instrumento de la variable crecimiento empresarial, con la discriminación de ítems, se logra un Alfa de Cronbach de .815 a .899, por lo que dicho instrumento pasaría de 72 ítems a 49, discriminando los que se señalan en la tabla 10. De igual manera, sería opcional para futuros estudios, al ser dos resultados válidos.

Tabla 9. Alfa de Cronbach e ítems discriminados de la variable intervención comunitaria.

Variable independiente (X) Intervención comunitaria	Dimensión	Operacionalización de las variables ítems previos a su validación Alfa de Cronbach .826	Ítems discriminados posteriores a la validación Alfa de Cronbach .927
	Diagnóstico	Ítems agrupados del: 1 al 16	1,4,7,9,13,15
	Diseño y planificación de la intervención	Ítems agrupados del: 17 al 32	20,24,25,26,29,30,32
	Ejecución o implementación	Ítems agrupados del: 33 al 46	33,34,40,41,45,46
	Evaluación	Ítems agrupados del: 47 al 55	51

Tabla 10. Alfa de Cronbach e ítems discriminados de la variable crecimiento empresarial.

Variable dependiente (Y) Crecimiento empresarial	Dimensión	Operacionalización de las variables ítems previos a su validación Alfa de Cronbach .815	Ítems discriminados posteriores a la validación Alfa de Cronbach .899
	Innovación en producto	Ítems agrupados del: 1 al 18	1,4,6,13,17
	Innovación en proceso	Ítems agrupados del: 19 al 35	22,30,34
	Innovación en la gestión de la empresa	Ítems agrupados del: 36 al 52	39,40,41,46,48,50
	Gestión estratégica	Ítems agrupados del: 53 al 72	54,55,60,63,64,67,68,69,70

Referencias

[1] L. Adame, "*El ambiente de negocios y su influencia en el desarrollo empresarial de las micro y pequeñas empresas del sector turístico de Pátzcuaro, Michoacán."* (Tesis inédita de Doctorado). Universidad de Durango, Michoacán, México. 2017.

[2] R. Andrade, "El liderazgo comunitario y su importancia en la intervención comunitaria." *Psicología para América Latina*, vol.25, pp. 57-76, 2013.

[3] S. Astudillo & A. Briozzo, "Innovación en las Mipymes Manufactureras de Ecuador y Argentina." Semestre Económico, vol.19, no.40, pp. 117-144, 2016.

[4] J. Birkinshaw, G. Hamel, y M. Mol, "Manage - ment innovation." *Academy of Management Review*, vol.33, no.4, pp. 825-45, 2008.

5] M. Cardona, & C. Cano, "*Territorio, Ciclo de vida y Estructura empresarial: Un puente en la industrialización regional*. "Medellín: Fondo Editorial Universidad EAFIT. 2005.

[6] Z. Donawa, & E. Morales, "Fuerzas competitivas que moldean la estrategia en la gerencia del sector Mi PyME del distrito de Santa Marta" -Magdalena, Colombia. Revista EAN vol.38, pp. 97-108, 2018.

[7] R. Evangelista, y A. Vezzani, "The economic impact of technological and organizational innovations A firmlevel analysis." *Research Policy*, vol.39, no.10, pp. 1253-63, 2010.

[8] C. Ferraro, y G. Stumpo, "*Políticas de apoyo a las PYMES en América Latina." Santiago de Chile.* Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), 2010.

[9] L. Gámez, R. Joya, y M. Ortíz, "Crecimiento empresarial & Mipymes de Autlán de Navarro." *Cofin Habana*, vol.11, no.1 enero-junio, s.p. 2017, enero/junio.
[10] L. García, Domingo, E. Gálvez, y G. Maldonado, "Efecto de la innovación en el crecimiento y el desempeño de las mipymes de la Alianza del Pacífico." Un estudio empírico. *Estudios Gerenciales*, vol.32, no.141, pp. 326-335, 2016.
[11] C. García, B. Pérez y M. Navarrete, "Las redes sociales y el desarrollo de las mipymes." *Revista Ciencias desde el occidente. Vol.*3 no.1, pp. 75-84, 2015.
[12] A. González, y S. Pazmiño, "Cálculo e interpretación del Alfa de Cronbach para el caso de validación de la consistencia interna de un cuestionario, con dos posibles escalas tipo Likert." *Revista Publicando, vol.*2, no.2015, pp. 62-67, 2015.
[13] INEGI, "Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas." 2019.
[14] A. Lapalma, "El escenario de la intervención comunitaria." Revista de Psicología vol.10, no.2, pp. 61-70, 2001.
[15] A. Martínez, "El diagnóstico participativo: una herramienta de trabajo para las comunidades. Proyecto Conservación para el desarrollo sostenible de América Central." Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. 1995.
[16] C. Martínez, "Es necesario mayor impulso a las pymes." *El economista.* Vol.01 de octubre. 2019.
[17] S. Mori, "Una propuesta metodológica para la intervención comunitaria." Liberabit, vol.14, no.14, pp. 81-90, 2008.
[18] R. Pérez, "Intervención comunitaria, Magister Psicología Social comunitaris." 2008.
[19] L. Perego, "*Ciencia, Innovación y Producto."* Fundación Universitaria Andaluza Inca Garcilaso para eumed.net. 2013.
[20] J. Prieto, "*Gestión estratégica organizacional."* 4ta ed. Bogotá: ECOE Ediciones. 2012.
[21] V. Rezende, "*Reflexión crítica sobre una intervención comunitaria de responsabilidad social empresarial (RSE)."* Pontificia Universidad Católica del Perú Escuela de Posgrado, Lima, Perú. 2016.
[22] C. Rivera, P. Izurieta, & S. Cuadro, "Aprovechamiento racional de los recursos naturales y culturales para el turismo comunitario, cantón Montalvo-Los Ríos." *Ciencia Digital*, vol.*3*, no.3, pp. 129-141, 2019.
[23] R. Espinoza, E., L. García., D., D. Gómez, y A, "Factores determinantes del éxito competitivo en la mipyme: un estudio empírico en empresas peruanas." *Contabilidad y Negocios*, vol.11, no.22, pp. 52-68, 2016.
[24] O. Urquiola, "Intervención en la formación de los actores de la comunidad para el desarrollo del turismo de la provincia de el oro." *Revista Universidad y Sociedad*, vol.8, no.3, pp. 87-92, 2016.

Simulación financiera de estrategias de marketing con impacto en la rentabilidad en una MIPYME

A. Manrique Santos[1], E. A. Romero Flores[1], N. Ortega Petterson[1], E. Roldan Reyes[1], M. Panzi Utrera[1]*
[1]Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Orizaba, Av. Instituto Tecnológico (Oriente 9) No.852, Col. Emiliano Zapata, CP. 94300, Orizaba, Veracruz, México.
[*]eromerof@orizaba.tecnm.mx
***Área de participación**: Ingeniería Administrativa*

Resumen

El presente trabajo de investigación tiene como objetivo principal demostrar el impacto de las estrategias de precio derivadas de un plan de marketing en una empresa dedicada a la elaboración de pizzas artesanales de tipo gourmet a través de la construcción de escenarios utilizando la simulación financiera.

Cada estrategia desarrollada considera los factores que impactan directamente la rentabilidad del negocio, con la finalidad de establecer las medidas de acción que puede seguir la organización para alcanzar sus metas y objetivos a corto, mediano y largo plazo, considerando como puntos de interés el margen de contribución, el punto de equilibrio y una utilidad deseada después del pago de impuestos.

Este trabajo consta de una introducción, una metodología formada por cuatro etapas para después continuar con un apartado de resultados y discusión, finalmente se muestran las conclusiones del tema abordado seguido de la bibliografía utilizada.

***Palabras clave**: Marketing, Rentabilidad, Estrategias, Simulación financiera.*

Abstract

The main objective of this research is to demonstrate the impact of price strategies derived from a marketing plan in a company dedicated to the elaboration of artisanal gourmet pizzas through the construction of scenarios using financial simulation.

Each strategy developed considers the factors that directly impact the profitability of the business, in order to establish the measures of action that the organization can follow to achieve its goals and objectives in the short, medium and long term, considering as points of interest the contribution margin, the equilibrium point and a desired profit after taxes.

This work consists of an introduction, a methodology made up of four stages and then continues with a section on results and discussion, finally showing the conclusions of the topic addressed followed by the bibliography used.

***Key Words**: Marketing, Profitability, Strategies, Financial simulation.*

Introducción

En México el 98.5% de las unidades económicas son MIPYMES[1] y grandes empresas, de las cuales el 95.4% corresponde al estrato de microempresas, y del total de unidades económicas el 48.3% están dedicadas al sector de terciario (comercio). Las MIPYMES de reciente creación se enfrentan a problemas relacionados con la falta de control en el suministro de insumos para cumplir los requerimientos de sus clientes durante la prestación del servicio [1].

Una de las principales dificultades dentro de las organizaciones es la falta de utilización de estrategias que potencialicen las áreas de oportunidad, es decir, se desaprovechan algunos recursos de la empresa por no prestarles la atención requerida durante el transcurso habitual de sus actividades operativas [2].

Es muy frecuente que las MIPYMES dedicadas a la comercialización de productos no decidan elaborar un plan de trabajo en donde describan las características del negocio a iniciar, y se detallen todos y cada uno de los recursos (materiales, humanos y económicos) con los que contará la organización, esto con la finalidad de establecer metas y objetivos a corto, mediano y largo plazo, las cuales con el correr del tiempo puedan ser medidas y controladas en a favor del bienestar y mejoramiento de la organización [3]

La importancia de desarrollar este trabajo de investigación radica en que las MIPYMES son parte primordial de la economía mexicana ya que representa la mayor parte del PIB (Producto Interno Bruto) del país, puesto que estas entidades económicas generan empleos y lo más importante de todo contribuyen en la reactivación económica del país, ayudando en la recaudación tributaria [4]. Otro factor problemático de las MIPYMES es que deben competir con empresas que pueden reducir sus precios, aumentar su producción, aumentar sus líneas de productos, entre otros, debido a que cuentan con un mayor capital social y un flujo de efectivo más amplio al momento de emprender nuevas estrategias, es decir, la competencia cuenta con una mayor rentabilidad [5].

Es por ello que este trabajo de investigación cobra importancia, debido a que la simulación financiera permite crear escenarios en donde se vislumbra el impacto de las estrategias en la rentabilidad, las estrategias mencionadas anteriormente fueron diseñadas conforme al análisis interno y externo realizado a la empresa al momento de comenzar la elaboración del plan de marketing. El plan de marketing permitió identificar las características con las que cuenta la organización actualmente.

Dentro de la zona centro del estado de Veracruz se localiza una de las ciudades más importantes llamada Orizaba, la cual, a partir de su nombramiento como Pueblo Mágico, incrementó la creación de micro, pequeñas y medianas empresas del sector terciario, dedicados a los servicios de preparación de alimentos y bebidas estilo Gourmet, es aquí donde se ubica la empresa objeto de este estudio.

La empresa objeto de estudio es una organización que participa en un mercado en donde el nivel de competencia es alto y ello obliga a la empresa a cuidar sus recursos y mantener un nivel de servicio diferenciado; en relación a sus competidores, los cuales cuentan una mayor inversión en infraestructura, la organización a colocado en la preferencia del mercado productos que lo diferencian y mantienen en la preferencia de un nicho específico. Actualmente se enfrenta, como muchas MIPYMES, ante el desafío de crear estrategias que fortalezcan su permanencia en el mercado.

En este documento se establece la situación actual de la empresa, describiendo su entorno tanto interno como externo y donde se plantean los objetivos a alcanzar a corto, mediano o largo plazo, que le ayuden a alcanzar sus metas y programas de acción. Mediante la simulación financiera se muestra el impacto que tiene la organización con el uso de estrategias de marketing, así como también se visualizan los escenarios disponibles y el impacto financiero que tiene cada una de esas estrategias.

[1] MIPYME es un acrónimo que hace referencia a las micro, pequeñas y medianas empresas.

 ISSN 2007-8102

Metodología

Para este trabajo de investigación se desarrolló un plan de fortalecimiento de las ventajas competitivas de la organización, el cual consiste en las siguientes etapas: 1. Desarrollo de un Plan de marketing, 2. Elaboración de estrategias de marketing, 3. Validación de resultados financieros y 4. Análisis y comparación de resultados.

Los resultados obtenidos con la aplicación de la metodología mencionada anteriormente se muestran a lo largo del presente documento.

1. Desarrollo de Plan de marketing

La empresa objeto de estudio se especializa en la producción de pizzas artesanales tipo gourmet, tiene sus orígenes en el año de 2016, el servicio que ofrecen es únicamente de entrega a domicilio, puesto que no se cuenta con un local que pueda funcionar como restaurante, la empresa se registra bajo el Régimen de Incorporación Fiscal (RIF) y en el año 2018 registran su marca ante el Instituto Mexicano de la Propiedad Intelectual.

La empresa ofrece un total de doce especialidades en cinco tamaños diferentes y dos presentaciones (masa delgada y masa gruesa). Los productos se enajenan a través de Redes Sociales como Facebook, Facebook Messenger, Twitter y WhatsApp, siendo ésta última la principal vía de atención al cliente en cuestión de ventas. Estas Redes Sociales también sirven como medio para mantener el contacto con los clientes y realizar la publicidad de la empresa.

Se realizó un análisis interno (in situ) y externo de la empresa en el cual se destacan sus fortalezas y oportunidades en el mercado.

En la Figura 1 se muestra el análisis FODA realizado con la finalidad de conocer sus las ventajas competitivas con las que cuenta la organización, las cuales fueron claves en la etapa de diseño de las diversas estrategias de marketing.

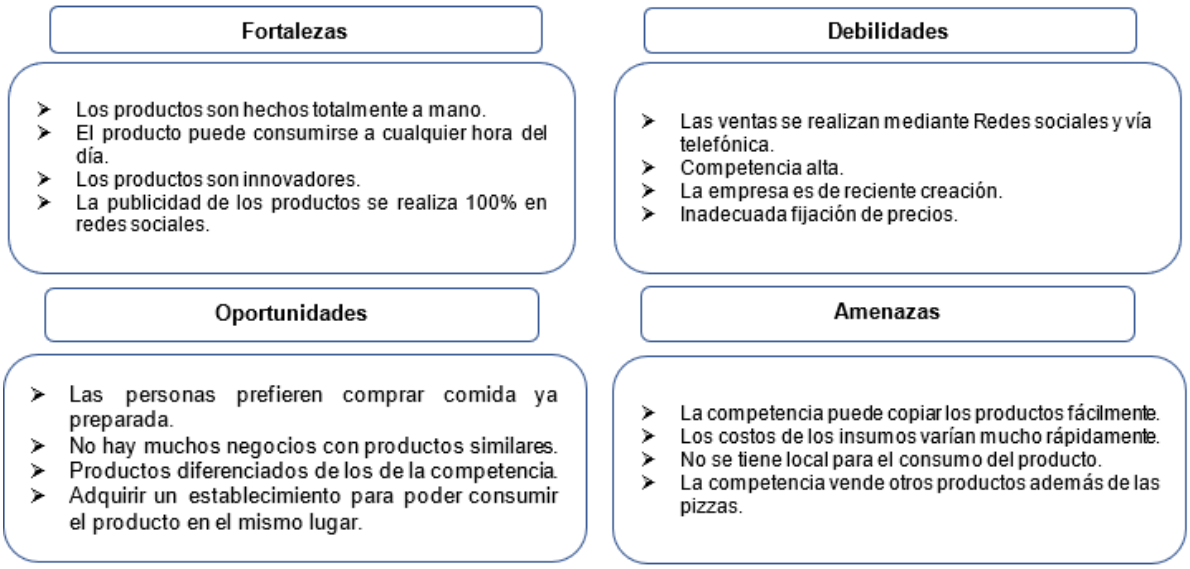


Figura 1. Análisis FODA de la empresa objeto de estudio.

El mercado al que van dirigidos los productos de la empresa, son todas aquellas personas que gustan de las pizzas de autor tipo gourmet. Se realizó en 2019 un cálculo del número de muestra mínima necesario para aplicar una encuesta a usuarios por medio de internet con un nivel de

 ISSN 2007-8102

confianza del 95%, los resultados obtenidos muestran que los participantes están conformados por un 51.9% de hombres y un 49.1% de mujeres

La variable edad muestra las siguientes características: 3.8% son personas menores a 20 años, 18.2% de los participantes tienen una edad que oscila entre 21 a 25 años, 22.1% de los encuestados tiene una edad de más de 25 años y menos 30 años, 33.8 % tiene una edad de entre 31 a 35 años y 22.1 % son personas de más de 36 años (Figura 2). Se puede observa que los clientes potenciales del producto se encuentran entre los 21 y 35 años de edad, ya que ellos representan el 74.1%

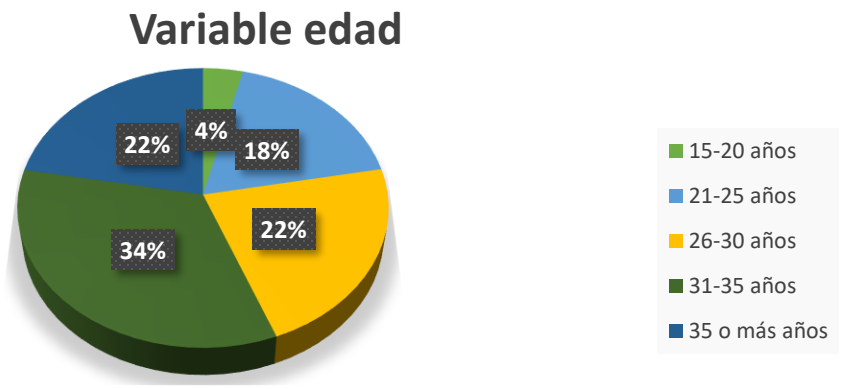


Figura 2. Gráfica de pastel de la variable edad.

Otra variable analizada en la encuesta es la ocupación de los clientes potenciales los cuales se encuentran distribuidos en los siguientes segmentos de mercado. El 0.7% son jubilados, 0.6% son pensionados, el 19.7% son estudiantes, el 22.4% son docentes y 56.6% son empleados en general. este resultado concuerda con el resultado de la variable anterior, debido a que las personas con un mayor rango de edad son las que se encuentran jubiladas o pensionadas.

Considerando la información obtenida del mercado actual de atención y considerando el sector de comercio al que pertenece la empresa, se consideran los siguientes segmentos de mercado meta (Tabla 1):

Tabla 1. Descripción del segmento de mercado meta.

Segmento meta	Necesidades del cliente	Características/beneficios correspondientes
Empleados y docentes.	Disponibilidad de servicio. Variedad de productos	Insumos de la más alta calidad. Extensa variedad de productos.
Estudiantes.	Variedad de productos. Precios accesibles.	Productos disponibles en diversas presentaciones (tamaño, precio, grosor).

Las metas y objetivos de la mercadotecnia actuales de la organización son: como objetivo inmediato el permanecer dentro de la preferencia del público Orizabeño y de sus zonas aledañas, acatando las medidas de higiene y servicio al cliente correspondientes y que le permitan un control de calidad e innovación constante en sus productos.

Entre sus objetivos a corto plazo se establecieron un margen de contribución que le permita establecer precios que generen una mayor rentabilidad en el negocio.

 ISSN 2007-8102

Se estableció como meta a corto plazo en la empresa el incremento de las ventas, estableciendo un punto de equilibrio en el cual se establezca una utilidad deseada después de impuestos.

2. Elaboración de estrategias de marketing

Basándonos en el análisis FODA se desarrollan algunas estrategias de marketing, ejemplificando a continuación su impacto en uno de los meses analizados:

A) Estrategia de fijación de precio utilizando un margen de contribución deseado, para su realización se utilizaron las ventas obtenidas en los meses de enero a mayo 2020 (Tabla 2).

Tabla 2. Cálculo del precio mediante margen de contribución bruto.

Producto	Mediana		Grande		Jumbo		Superjumbo		Suprema	
	D	G	D	G	D	G	D	G	D	G
Margen de contribución	25%	25%	25%	25%	25%	25%	25%	25%	25%	25%
Costo ($)	139	171	165	217	198	256	238	306	272	351
Precio ($)	186	229	220	290	265	341	318	408	363	468

B) Estrategia de incremento de ventas mediante el cálculo de un punto de equilibrio utilizando los precios fijados con un margen de contribución y una utilidad deseada después de impuestos (Tabla 3 y 4).

Tabla 3. Cálculo de utilidad deseada después de impuestos.

Utilidad deseada	$ 10,000.00
Impuestos 30%	$ 4,286.00
Utilidad deseada antes de impuestos 30%	$ 14,286.00

Tabla 4. Cálculo de punto de equilibrio (pesos) e incremento en ventas.

Mes	Productos										
	Mediana		Grande		Jumbo		Superjumbo		Suprema		Totales
Enero	Delgada	Gruesa	Delgada	Gruesa	Delgada	Gruesa	Delgada	Gruesa	Delgada	Gruesa	
Precio de venta ($)	186	229	220	290	265	341	318	408	363	468	
Costo unitario ($)	139	171	165	217	198	256	238	306	272	351	
Margen de contribución unitario ($)	47	58	55	73	67	85	80	102	91	117	**775**
Plan de ventas (Unidades)	15	8	33	52	20	2	6	6	35	1	**178**
Ventas en pesos	2,790	1,832	7,260	15,080	5,300	682	1,908	2,448	12,705	468	**50,473**
Mezcla de ventas (%)	8%	4%	19%	29%	11%	1%	3%	3%	20%	1%	
Margen de Contribución Ponderado ($)	4	3	10	21	7	1	3	3	18	1	**71**
Costos fijos totales ($)											**14,375**
Punto de equilibrio en unidades	202	unidades									
Unidades a producir	17	9	37	59	23	2	7	7	40	1	**202**
Ventas en pesos	3,165	2,079	8,237	17,110	6,013	774	2,165	2,777	14,415	531	**57,266**
Costos variables ($)	2,372	1,555	6,161	12,812	4,502	580	1,622	2,081	10,808	398	**42,891**
Margen de contribución ($)											**14,375**
Costos fijos ($)											**14,375**
Punto de equilibrio unidades	403										
Unidades a producir	**34**	**18**	**75**	**118**	**45**	**5**	**14**	**14**	**79**	**2**	**403**
Ventas en pesos	6,311	4,144	16,423	34,113	11,989	1,543	4,316	5,538	28,740	1,059	**114,176**
Costos variables ($)	4,729	3,100	12,284	25,543	8,976	1,157	3,234	4,148	21,549	794	**85,515**
Margen de contribución ($)	1,582	1,044	4,139	8,569	3,013	386	1,082	1,389	7,191	265	**28,661**
Costos fijos ($)											**14,375**
Impuestos 30%											**4,286**
Utilidad deseada después de impuestos ($)											**10,000**

 ISSN 2007-8102

3. Validación de resultados financieros

Las dos estrategias anteriores requirieron establecer un margen de contribución del 25% para alcanzar a cubrir los gastos y una utilidad deseada después de impuestos, una vez establecidos los precios de venta determinamos el punto de equilibrio y definimos la cantidad de productos necesarios por línea para su venta. Así al obtener el ingreso y descontar los costos variables se tiene el margen de contribución en pesos al cual se le descontaron los costos fijos y los impuestos, quedando así la utilidad después de impuestos de $10,000. Ambas estrategias impactan directamente en la rentabilidad del negocio las cuales fortalecen las ventajas competitivas de la empresa.

En la Tabla 5 se muestran cuentas de interés del Estados de Resultados simulados de cada una de las estrategias, así como el Estado de Resultado real:

Tabla 5. Resumen de cuentas de resultados de la simulación en pesos.

Ventas					
	Enero	**Febrero**	**Marzo**	**Abril**	**Mayo**
Simulación Real	45,260	43,186	53,977	85,614	81,497
Simulación en Precio	50,473	48,279	60,053	95,513	91,072
Simulación Precio más P.E.	115,325	117,232	128,251	145,314	137,599

Costo de ventas					
	Enero	**Febrero**	**Marzo**	**Abril**	**Mayo**
Simulación Real	44,868	43,230	52,037	89,598	75,276
Simulación en Precio	44,868	43,230	52,037	78,598	75,276
Simulación Precio más P.E.	93,441	94,881	103,108	115,896	110,124

Utilidad bruta					
	Enero	**Febrero**	**Marzo**	**Abril**	**Mayo**
Simulación Real	104	- 323	1,565	6,431	5,669
Simulación en Precio	5,605	5,049	8,016	16,915	15,796
Simulación Precio más P.E.	21,884	22,350	25,144	29,418	27,475

Utilidad o pérdida neta					
	Enero	**Febrero**	**Marzo**	**Abril**	**Mayo**
Simulación Real	- 7,206	- 3,514	- 8,917	- 2,948	- 6,969
Simulación en Precio	- 1,705	- 1,404	- 2,466	2,455	3,159
Simulación Precio más P.E.	14,574	5,823	14,662	6,069	14,838

4. Análisis y comparación de resultados.

En la Figura 3a se puede observar cómo los resultados actuales de la empresa no muestran ventas elevadas, mientras que las estrategias revelan un incremento en los ingresos de la organización. En la Figura 3b se observa que los costos de venta son iguales para el escenario real como para el simulado en la estrategia de precio, mientras que, en la estrategia de precio, punto de equilibrio y utilidad deseada aumentan considerablemente debido al aumento en las ventas. La Figura 3c y Figura 3d nos muestran los bajos número de rentabilidad que presenta la empresa y simulando las estrategias se observa una disminución de las pérdidas hasta llegar a obtener utilidades.

 ISSN 2007-8102

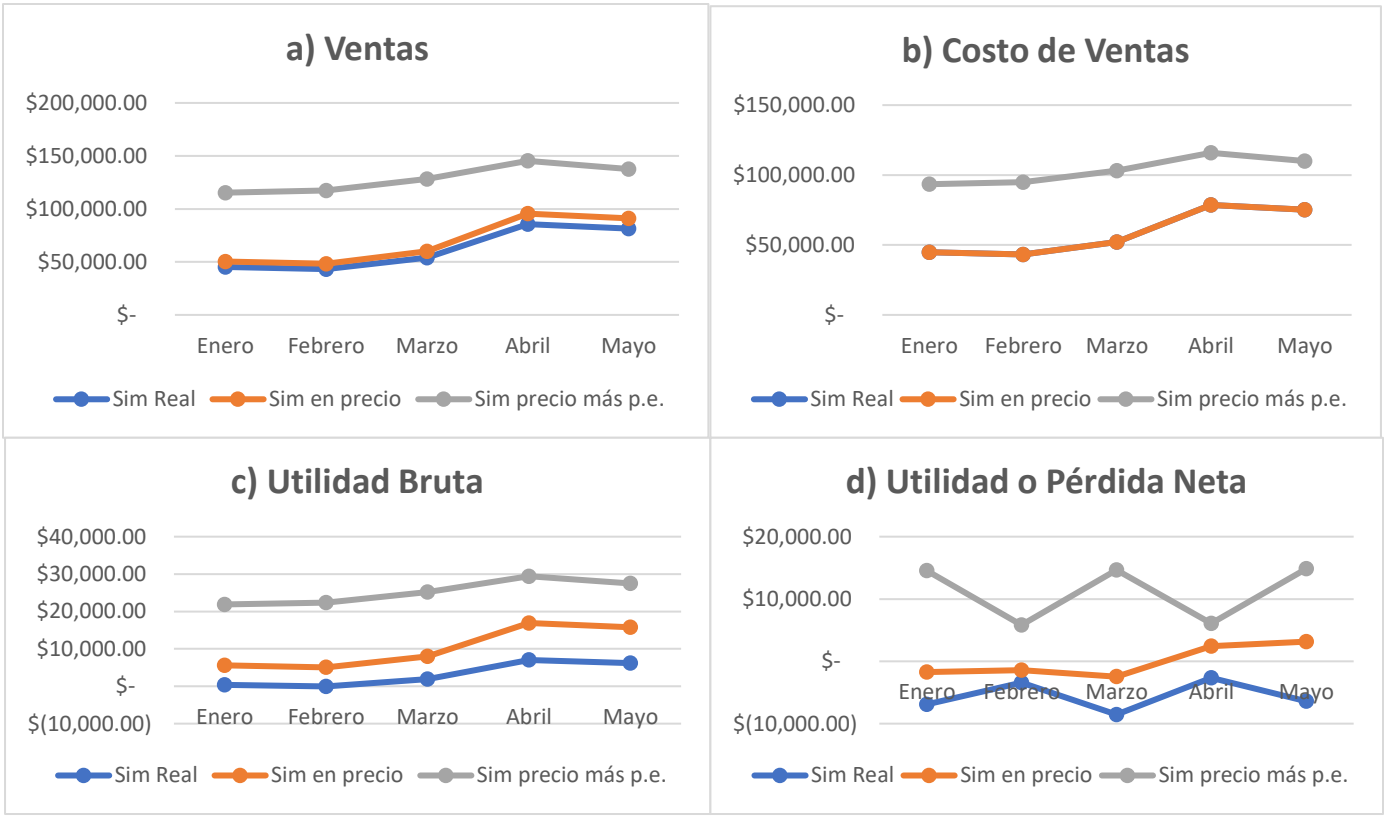


Figura 3. Incremento y reducción de las cuentas del Estado de Resultados: a) ventas, b) costo de ventas, c) utilidad bruta y d) utilidad o pérdida neta.

Resultados y discusión

Se estudió la situación actual de la empresa, se realizó un análisis del mercado y considerando los resultados se desarrolló un plan de marketing dónde se observaron las áreas de oportunidad de la organización, a partir del cual se hicieron estrategias de marketing basadas en precio, margen de utilidad, punto de equilibrio y utilidad deseada después de impuestos, las cuales al ser simuladas en un modelo financiero arrojaron resultados muy claros de los escenarios factibles para la organización.

Se hace notar que el escenario real no muestra un grado de rentabilidad positivo para el negocio, pues se observa en los datos mostrados con anterioridad, las pérdidas en las que incurren con sus operaciones diarias.

Mientras que en el escenario de simulación de la estrategia de precio mediante un margen de contribución mejora un poco el flujo de efectivo manejado por la empresa, disminuyendo las pérdidas del escenario real.

Finalmente, el escenario de simulación de la estrategia de precio utilizando un punto de equilibrio y un margen de utilidad deseada para la organización nos muestra un panorama más confiable para el negocio, mostrando un impacto positivo en la rentabilidad del negocio.

Los resultados de la simulación si se siguen las condiciones establecidas en el periodo analizado y que las condiciones del mercado permanezcan estables.

Conclusiones

Como lo han demostrado las historias de crecimiento de las MIPYMES que han prevalecido hasta el día de hoy, es vital hacer un adecuado análisis del mercado así como los factores internos y externos de su operación que favorecen su desarrollo, para este trabajo se consideraron como puntos de interés el margen de contribución, el punto de equilibrio y una utilidad deseada después del pago de impuestos, con lo cual se desarrollaron estrategias de marketing en donde fueron analizados su impacto mediante el uso de herramientas de simulación financiera, cuyos resultados servirán para considerar su posterior implementación y así lograr las metas de rentabilidad deseadas.

La rentabilidad es resultado de los beneficios obtenidos de la relación entre las ventas, el capital y los activos que posee una empresa; la rentabilidad permite el análisis y evaluación de las ventas respecto a sus datos históricos de operación, sus activos o la inversión realizada. La finalidad es lograr que la empresa se consolide mediante la generación de buenas utilidades.

Se recomienda que además de utilizar estrategias de marketing que impacten los índices de rentabilidad se utilicen otros aspectos como análisis de índices de actividad y liquidez que son determinantes en la salud financiera de cualquier empresa.

Referencias

[1] INEGI, «Micro, pequeña, mediana y gran empresa. Estratificación de los establecimientos. Censos económicos 2014.,» Instituto Nacional de Estadística y Geografía, México, 2015.

[2] R. Lecuona-Valenzuela, «El financiamiento a las Pymes en México: La experiencia reciente.,» *Economía UNAM,* vol. 6, nº 17, pp. 69-91, 2009.

[3] C. Hernán-Artieda, «Análisis de los sistemas de costos como herramientas estratégicas de gestión en las pequeñas y medianas empresas (PYMES),» *Revista Publicando,* vol. 2, nº 3, pp. 90-113, 2015.

[4] M. L. Saavedra G. y B. Tapia S., «El entorno sociocultural y la competitividad de la PYME en México.,» *Panorama socioeconómico,* vol. 30, nº 44, pp. 4-24, 2012.

[5] G. Góngora-Biachi y A. Madrid-Guijarro, «El apoyo a la innovación de la PYME en México. Un estudio exploratorio.,» *Investigación y ciencia,* vol. 18, nº 47, pp. 21-30, 2010.

Productividad humana: Factor de efectividad para la competitividad en las pymes del sector quesero

N. Tass Salinas[1], E. Macías Calleros[2], B. Rivas Fernández[3]*
[1]Departamento Académico de Ingeniería Industrial, Instituto Tecnológico Superior de los Ríos, Carretera Balancán-Villahermosa Km 3, C.P. 86930, Balancán, Tabasco
[2]Facultad de Contabilidad y Administración de Tecomán, Universidad de Colima, Carretera Colima-Manzanillo, Km 40, Colonia La Estación, C.P. 28934, Tecomán, Colima, México
[3]Departamento de Ingeniería Industrial, Instituto Tecnológico Superior de la Región de los Llanos, Calle Tecnológico No. 200, Barrio Mi Ranchito, C.P. 34700 Guadalupe Victoria, Durango
** nancy.tass84@gmail.com*

***Área de participación**: Ingeniería Industrial*

Resumen

El estudio de la productividad humana se ha convertido en una línea de investigación cada vez más trascendente, ya que su importancia radica en que puede ser analizada desde diversas perspectivas y todas ellas contribuyen a revelar una parte de la competitividad que se genera en una organización. El objetivo de esta investigación es determinar el grado de efectividad en las pequeñas y medianas empresas (pymes) del sector quesero en el municipio de Balancán, Tabasco, basada en la productividad humana, llevándolas a incrementar su competitividad. La metodología es de carácter exploratorio; se utilizó un instrumento de medición de 30 preguntas aplicadas al personal de 11 empresas; entre los hallazgos se determina el criterio predominante que impulsa la productividad humana y la correlación existente entre los factores individuales, grupales y organizacionales.
***Palabras clave**: Competitividad, productividad, capital humano, efectividad.*

Abstract

The study of human productivity has become an increasingly important line of research, since its importance lies in the fact that it can be analyzed from different perspectives and all of them contribute to reveal a part of the competitiveness that is generated in an organization. The objective of this research is to determine the degree of effectiveness in small and medium-sized enterprises (Pymes) of the cheese sector in the municipality of Balancán, Tabasco, based on human productivity, leading them to increase their competitiveness. The methodology is exploratory in nature; A measurement instrument of 30 questions applied to the personnel of 11 companies was used; The findings determine the predominant criterion that drives human productivity and the correlation between individual, group and organizational factors.
***Key words**: Competitiveness, productivity, human capital, effectiveness.*

Introducción

Actualmente, las pymes necesitan reinventarse para enfrentar nuevos retos, situaciones, crisis y necesidades que están latentes en el entorno. Esa reinvención se debe a que todo evoluciona, todo cambia acorde a los tiempos, y hoy en día, los requerimientos de la sociedad se basan en la calidad de los productos y/o servicios; por lo que las empresas deben generar productividad para posicionarse en el entorno competitivo de los negocios. Al hablar de competitividad [6], se hace referencia a la capacidad que tiene una organización para generar valor orientado al cliente y sus proveedores de mejor manera que sus competidores. Un aspecto fundamental en una organización, es decidir qué y cómo se va a medir la productividad, ya que la elección de lo que un negocio o un área mide y analiza, comunica valor, encauza el pensamiento del personal y fija las prioridades. La presente investigación se centra en demostrar el impacto que tiene medir la efectividad de las pymes, basada en la productividad humana.

La productividad humana, es reconocer el valor del cliente interno (personal) y potencializarlo para que contribuya en las estrategias de mejora que logren la efectividad que se desea alcanzar a corto, mediano o largo plazo, [1] porque la gama de mediciones de rendimiento económico en una empresa abarca un amplio espectro, una de ellas clasifica todas las medidas en tres tipos: medidas de trabajo, medidas de productividad y medidas de efectividad; donde esta última, considera la productividad humana como determinante para la competitividad empresarial.

Por lo anterior, la efectividad es la clave que se traduce como el equilibrio entre la eficiencia y la eficacia [3], porque es hacer bien las cosas correctas; es decir, que las tareas que se lleven a cabo se realicen de manera eficiente y eficaz, esto tiene que ver con qué cosas se hacen y cómo se hacen. Y en el ¿cómo se hace?, es donde se realza el capital humano de las empresas, mismo que juega un papel muy importante, pero que, a la vez, no es reconocido por las empresas tradicionales y se toma como un simple recurso.

[13] Vivimos en la era del conocimiento y en pleno siglo XXI, aún no se valoriza el capital humano en las organizaciones, mucho menos, en las pymes tradicionales; ya que, en la mayoría de los casos, no cuentan con una preparación para los desafíos que les permita tener una planeación estratégica para el futuro; son incapaces de pensar en términos que no sean de gratificación instantánea, olvidando que el único factor competitivo que tiene una organización de otra, es el humano.

Toda organización, tiene capital intelectual [8], siendo éste, la suma de todos los conocimientos que posee el personal y que le da ventaja competitiva a la organización. Cuando los administradores llevan a cabo actividades de manejo de capital humano como parte de sus responsabilidades y tareas, lo hacen para facilitar la contribución de estas personas al objetivo común de alcanzar las metas de la organización a la que pertenecen. La importancia de estas actividades se hace evidente cuando se toma conciencia de que los seres humanos constituyen el elemento común de toda organización; en todos los casos, son hombres y mujeres quienes crean y ponen en práctica las estrategias e innovaciones en las organizaciones.

El incremento de la dependencia recíproca entre individuos, organizaciones y economías locales, estatales y nacionales, seguirá dándose; porque la sociedad enfrenta numerosos desafíos y parte de nuestra responsabilidad, es contribuir. Es evidente que los esfuerzos aislados de un individuo no serían eficientes para proporcionar soluciones eficaces y la única manera de enfrentar estos desafíos es mediante la creación de organizaciones más eficientes, capaces de alcanzar resultados que les permita generar competitividad, mediante la calidad de los productos, procesos y/o servicios que genere.

Para medir la efectividad de la productividad humana en las organizaciones [4], se requiere conocer las dimensiones (psicológicas y psicosocial) y los factores (individuales, grupales y organizacionales) que tienen que ver con el capital humano.

Tabla 1. Dimensiones y factores humanos en las organizaciones

Dimensiones Psicológicas	Dimensiones Psicosociales		Resultados
Factores individuales	Factores grupales	Factores organizacionales	
Motivación Competencias Satisfacción laboral	Manejo de conflictos Toma de decisiones Estructura organizacional	Cultura Liderazgo	Productividad (Individual, grupal y organizacional)

Comparándolo con el modelo objetivo racional de la efectividad organizacional [7], que se muestra en la Figura 1, coincide en que las organizaciones demuestran su fortaleza en cinco áreas clave:

 ISSN 2007-8102



Figura 1. Áreas claves para la efectividad de las organizaciones

Dichas fortalezas se entrelazan con los factores individuales, grupales y organizacionales, como se detalla a continuación:

1. *Liderazgo* hace referencia a la visión y al equipo de líderes cohesionados con prioridades claras.
2. *Toma de decisiones y estructura* se enfoca a los roles claros y responsabilidades para las decisiones en la organización.
3. *Personas* orientadas a la identificación y desarrollo del talento de la empresa y los individuos, considerando las mediciones de la performance e incentivos alineados a los objetivos.
4. *Procesos y sistemas* mediante la ejecución destacada de los procesos organizacionales, soporte efectivo y eficiente.
5. *Cultura* predominante a la mejora, considerando el elevado nivel de valores, comportamientos y la capacidad para el cambio.

Teniendo como propósito fortalecer estas áreas claves, permitirán incrementar la productividad y por ende, la competitividad [9], logrando la efectividad. Es importante mencionar que algunos autores han denominado a la efectividad con el nombre de productividad global, pero esto es un error; la productividad global o parcial, a nivel micro como macroeconómico, es simple y llanamente una medida de la eficiencia. La efectividad comprende ambos subsistemas: el de eficiencia o productividad y el de eficacia. Los indicadores de eficiencia son del tipo cantidad de salida/cantidad de entrada (por ejemplo, número de productos por trabajador). La eficacia mide el impacto de esas salidas en el logro de los objetivos de la organización (por ejemplo, satisfacción de las necesidades del cliente). En la figura 2, se muestra el impacto de la efectividad.

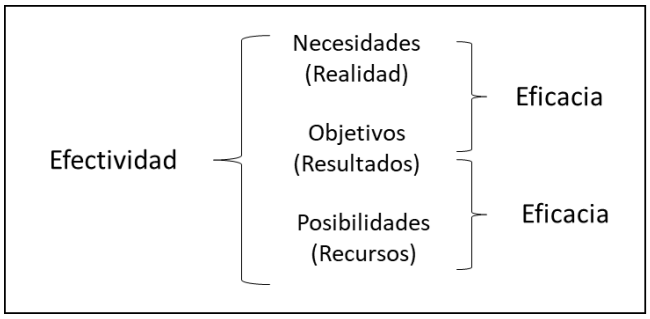


Figura 2. Eficacia, eficiencia y efectividad

La efectividad y productividad son claves en la competitividad [11], lo cual depende de la creación de diferencias reales en los productos y/o servicios y de los hábitos para realizar mejoras sustanciales.

Metodología

Diseño de la investigación

El objetivo de la investigación consiste en determinar el criterio predominante que impulsa la productividad humana en las pymes del sector quesero en el municipio de Balancán, Tabasco y la correlación existente entre los factores individuales, grupales y organizacionales. Para lo cual se desarrolló una investigación de tipo exploratoria, considerando el análisis de datos cualitativos y cuantitativos para comprender el direccionamiento de las variables de investigación analizadas.

Instrumento de evaluación y objeto de estudio

Las variables analizadas en la investigación son los criterios de los factores individuales, grupales y organizacional, como se señala en la Tabla 1, factores individuales (motivación, competencias y satisfacción laboral), factores grupales (manejo de conflictos, toma de decisiones y estructura organizacional) y factores organizacionales (cultura y liderazgo). Se diseñó un instrumento de medición de 30 reactivos (10 de factores individuales, 10 de factores grupales y 10 de factores organizacionales, las cuales fueron estructuradas en escala de Likert, mediante cinco opciones que van desde “nunca/no se hace/ no se tiene” hasta “siempre/se aplica/se tiene”; la finalidad era identificar la percepción del cliente interno en relación a la efectividad que emplean los administradores de las empresas para generar productividad. El instrumento se aplicó a 39 personas que laboran en las 11 empresas queseras del municipio de Balancán, Tabasco, representando el 95.12% de la población para la aplicación del instrumento; ya que el total corresponde a 42 trabajadores. La confiabilidad del instrumento se calculó utilizando el índice de Alfa de Cronbach.

Análisis e Interpretación de datos

Se realizó un análisis ANOVA con prueba de Tukey para identificar qué criterios de las variables presentan diferencias significativas en la percepción de los encuestados. Seguidamente, se realizó un análisis de correlación Pearson para identificar la correlación existente entre los criterios de la productividad humana.

Resultados y discusión

El instrumento fue aplicado a 39 personas que laboran en las 11 empresas del sector quesero del municipio de Balancán, Tabasco, teniendo como resultado de su confiabilidad un Alfa de Cronbach de 0.817, que representa una confiabilidad en el rango alto. (Sampieri, 2018).

$$\alpha = \frac{K}{K-1}\left(\frac{\sum_{i=1}^{K}\sigma_{Y_i}^2}{\sigma_X^2}\right)$$

α (Alfa)=	**0.8173301**
K (Número de items)=	30
Vi (Varianza de cada items)=	33.9818182
Vt (Varianza total)=	161.884298

Análisis de varianza

El resultado del análisis ANOVA demostró la existencia de diferencias significativas en la percepción de la productividad humana en el personal de las empresas del sector quesero del municipio de Balancán; ya que presentó un valor de $p<0.05$ (0.000). Con la prueba Tukey se identificaron los criterios que presentaron dichas diferencias, con una confianza de 95%.

Tabla 2. Prueba Tukey para los criterios de los factores direccionados a la productividad humana

Criterio	N	Media	Agrupación		
MANEJO DE CONFLICTOS	11	4.000	A		
CONFLICTOS	11	3.545	A	B	
CULTURA	11	3.182	A	B	C
ESTRUCTURA	11	3.000		B	C
TOMA DE DECISIONES	11	3.000		B	C
LIDERAZGO	11	2.909		B	C D
SATISFACCIÓN	11	2.727		B	C D
COMPETENCIAS	11	2.364			C D
MOTIVACIÓN	11	2.091			D

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

El análisis Tukey muestra que los criterios de los factores individuales, grupales y organizacionales, presentan diferencias significativas; debido que la motivación, competencias y satisfacción, arrojan los niveles más bajos y pertenecen al factor individual; por tanto, enfatiza que se requiere iniciar en fortalecer al capital humano, ya que en un contexto cualitativo, los resultados se centran en que no existen programas de motivación en las empresas, no hay capacitación continua para el personal, el salario es bajo, es poco personal para las actividades de producción y logística; ya que no están definidas las funciones, ocasionando la baja productividad laboral en su quehacer diario.

Otro aspecto determinante es la comparación y significancia entre el criterio de manejo de conflicto y la cultura; donde la mayoría del personal coincide que no se genera una cultura orientada al desarrollo organizacional, sino todo lo contrario, se presenta un esquema laboral tradicional, basada en el cumplimiento horas/hombre, donde los conflictos internos no son resueltos de inmediato y se ocasionan por la falta de un esquema estructural organizacional, por lo que las funciones no están definidas acorde a la norma ISO 9001:2015.

Es necesario hacer hincapié, que el liderazgo fue un criterio determinante en el contexto de la presente investigación, ya que los administradores, que son los dueños directos de las queserías, no tienen conocimiento del valor que debe tener el personal y sobre todo el beneficio que aportaría si el capital intelectual diseñara las estrategias de mejora para el producto (queso de poro), llevándolo a otro nivel de competitividad, es un esquema estatal, nacional e internacional.

Análisis de correlación de Pearson

En la tabla 3. se muestran los resultados obtenidos del análisis de correlación de Pearson, con IC de 99%, de los criterios estudiados correlacionados con la motivación, criterio de más bajo valor de significancia, acorde al análisis de Tukey y que se consideró el factor determinante para la efectividad de la productividad humana.

Tabla 3. Correlación Pearson de los criterios independientes con la motivación.

Criterios Independientes	Criterio dependiente	Correlación	IC de 99% para ρ	Valor p
COMPETENCIAS	MOTIVACIÓN	0.216	(-0.599, 0.811)	0.523
SATISFACCIÓN	MOTIVACIÓN	0.264	(-0.565, 0.828)	0.433
CONFLICTOS	MOTIVACIÓN	-0.229	(-0.816, 0.590)	0.498
TOMA DE DECISIONES	MOTIVACIÓN	0.134	(-0.651, 0.780)	0.695
MANEJO DE CONFLICTOS	MOTIVACIÓN	-0.158	(-0.789, 0.636)	0.644
ESTRUCTURA	MOTIVACIÓN	-0.049	(-0.744, 0.697)	0.886
CULTURA	MOTIVACIÓN	-0.588	(-0.919, 0.232)	0.057
LIDERAZGO	MOTIVACIÓN	-0.049	(-0.744, 0.697)	0.886

Los resultados obtenidos de la correlación de Pearson demostraron que el criterio de motivación representa correlaciones significativas altas con cada uno de los criterios de los factores grupales y organizacionales; esto se debe que es necesario potencializar el capital humano en cualquier organización para incrementar los indicadores de desempeño orientados a la productividad.

A la fecha, las pequeñas empresas del sector quesero del municipio de Balancán, son reconocidas por el proceso artesanal para la elaboración del queso tipo poro; pero requieren innovar en procesos, empaque, tecnologías, estrategias de comercialización, modelo de negocios, para maximizar el valor simbólico del queso tipo poro; aunado a ello, el capital humano, conoce el proceso a través de la experiencia pero quiere incentivos mediante la motivación, preparación documental y capacitación, para generar la satisfacción en su quehacer diario.

Finalmente, el análisis realizado, destaca en la investigación que la productividad humana, es vital para toda organización y que se requiere iniciar de forma individual para que el impacto organizacional genere la efectividad orientada a la competitividad en el mercado.

Trabajo a futuro

Para dar continuidad a la investigación, se plantea realizar un plan estratégico para incrementar la productividad humana para el personal de las pequeñas empresas del sector quesero en el municipio de Balancán, que permita potencializar el valor humano y mejorar las estrategias para abarcar nuevos mercados.

Conclusiones

Uno de los elementos a medir en la competitividad es la calidad de los recursos humanos [10] y la presente investigación permitió constatar que el factor individual, específicamente el criterio *Motivación*, es el impulso para la efectividad de la productividad humana, mismo que será el punto de partida para que las empresas del sector quesero puedan darle valor al personal con que cuentan y generar competitividad partiendo de un factor interno, reflejada en la calidad de sus productos, optimización de procesos, estrategias de comercialización y un incremento en la competitividad no solo local, sino también regional, estatal y nacional.

En el mundo competitivo en el que estamos inmersos, todo requiere de mejora continua, [12] de tener un visión a largo plazo y enfocarse en priorizar el recurso humano; esto, en la práctica se puede promover a través de indicadores que les permitan analizar la situación actual a partir de hechos y datos, establecer objetivos y planes a futuros de forma consistentes, evaluar y reconocer, con objetividad el trabajo de las personas y de los equipos de mejora implicados en el proceso y gestionar con mayor eficacia los recursos que se necesitan. Estos indicadores deben ser fiables, es decir, en idénticas situaciones deben proporcionar el mismo resultado.

Cuando somos productivos estamos alcanzando un alto grado de competitividad [5] con un mínimo consumo de recursos, por lo que la competitividad es el resultado de qué tan productiva es una empresa y con ello, podemos concluir, que el recurso humano es la pieza clave que hace que las cosas sucedan.

Agradecimientos

Al personal y administradores de las pequeñas empresas del sector quesero del municipio de Balancán, Tabasco, que aportaron valor con la información proporcionada para la presente investigación, proporcionando datos cualitativos y cuantitativos que permitieron conocer el estatus actual en que el capital humano se desempeña el criterio para incrementarla.

Referencias

[1] Burga, D. M. (2016). *Productividad Total: Teorías y métodos de medición.* Lima, Perú: Macro.

[2] Furterer, S. L. (2015). *Lean Six Sigma en el servicio: Aplicaciones y estudios de casos.* México: Trillas.

[3] Griffin, R. W., Phillips, J. M., & Gully, S. M. (2018). *Comportamiento Organizacional. Administración de personas y organizaciones.* México: Cengage Learning. [4] Mendoza, A. R., Guerrero, M. V., Cortéz, J. E., & Figueroa, M. A. (2019). *Las Investigaciones Posmodernas en las Ciencias Administrativas.* México: Casia Creaciones.

[5] Miranda, A. L., & Caballero, D. L. (2017). *Administración de proyectos.* México: Pearson.

[6] Pulido, H. G., & Salazar, R. d. (2013). *Control Estadístico de la Calidad y Seis Sigma.* México: McGrawHill.

[7] RLH. (21 de Agosto de 2020). *Losrecursoshumanos.com.* Obtenido de https://www.losrecursoshumanos.com/efectividad-organizacional/

[8] Robbins, S. P., & Judge, T. A. (2017). *Comportamiento Organizacional.* México: Pearson.

[9] Sanguesa, M., Mateo, R., & Ilzarbe, L. (2019). *Peoría y práctica de la Calidad.* España: Paraninfo.

[10] Socconini, L. (2016). *Certificación Lean Six Sigma Green Belt: Para la excelencia en los negocios.* México: Alfaomega.

[11] Socconini, L. (2016). *Certificación Lean Six Sigma Yellow Belt: Para la experiencia en los negocios.* México: Alfaomega.

[12] Socconini, L., & Reato, C. (2019). *Lean Six Sigma: Sistema de gestión para liderar empresas.* Barcelona: Alfaomega.

[13] Werther, W. b., & Jr., P. D. (2014). *Administración de Recursos Humanos. Gestión del capital humano.* México: McGrawHill Education.

Análisis del comportamiento de los resultados de torque de equipos Switchboard de baja tensión en una empresa manufacturera

H. Dorantes Benavidez [1], M. A. Acosta Mendizabal[2], F. de J. Dorantes Benavidez[3] V. I. Jiménez Jarquin[4] B. S. López Razo[5]*

[1] División de Investigación y Posgrado, [2]División de Investigación y Posgrado, [3]División de Ingeniería industrial, [4]División de Investigación y Posgrado, [5]División de Administración industrial
*[1*2,3,4,5]Tecnológico Nacional de México (TESOEM)*
Paraje San Isidro s/n Barrio de Tecamachalco, La Paz C.P.56400, Estado de México, México.

[1*]humberto_ing11@yahoo.com.mx
[2] domila1631gmail.com
[3]ing_fe_li_pe@hotmail.com
[4]valentinjimenezjarquin@hotmail.com
[5]b.samuellopez7@gmail.com

***Área de participación**: Ingeniería administrativa*

Resumen

En la línea de producción de tableros Switchboard en Schneider Electric México se tiene el área de pruebas finales en donde se realizan muestras de toque a 10 tornillos aleatoriamente en el ensamble del bus principal por cada bahía o sección. Esto se comenzó a realizar a partir del mes de febrero del año 2020, sin embargo y, aunque los valores son registrados en una base de datos simple como Excel no se había analizado el comportamiento de las muestras de la línea de producción mucho menos definir en donde y como se estaba presentando algún tipo de variabilidad en el proceso. Con la ayuda de las gráficas de control X y R se logra presentar este comportamiento en datos e información que ayuda a la implementación de un control.

***Palabras clave**: Torque, Graficos de control X y R, Analisis.*

Abstract

In the production assembly line of Low Voltage Switchboards in Schneider Electric Mexico, there is a stage in which final operation tests are performed by quality area including a mechanical inspection to check the correct tighten in 10 random bolts for main bus per bay or also called section. This check up was launched in february 2020, nevertheless and although the values have been recorded in a simple data base such as excel, no analysis had been carried out to know how the samples behaved and where quality could implement a control to have the correct behabour and how to know if there is a variable to interrupt the correct assembly process. With the X and R control graphic statistic was possible to establish a behavour enough to implement a control and a check sheet indication.

***Keywords**: Torque, X and R control chart, analysis*

 ISSN 2007-8102

Introducción

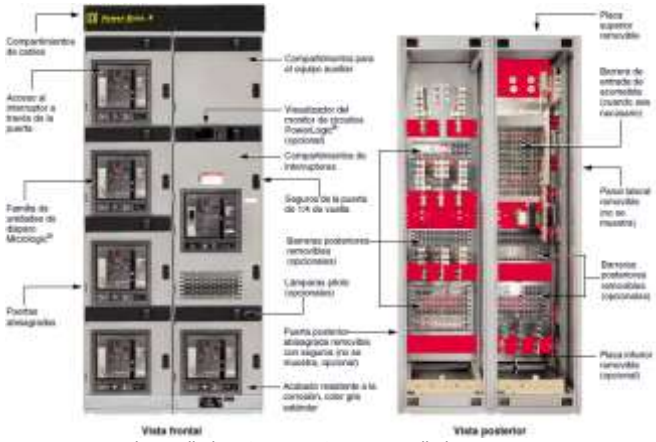
En México existen muchas organizaciones que representan un alto porcentaje de la economía nacional, muchas de están en el rango de empresas u organizaciones trasnacionales ya que tienen sedes de la misma gama o línea de productos en muchos países del mundo, por citar algunas tenemos Kimberly-Clark, Siemens, Johnson Control etc.…, todas estas organizaciones tienen trabajando constantemente su departamento de control de calidad para asegurar que el producto o productos estén siendo producidos y saliendo al mercado o directamente con el cliente que lo a pre solicitado con los más altos estándares de calidad y/o con las cualidades y características que el cliente a solicitado de forma directa.

Actualmente las organizaciones se encuentran ante la inminente necesidad de dar respuesta y adáptense a un entorno heterogéneo, dinámico e impredecible en el que convergen exigencias locales y globales orientadas a mayores niveles de calidad, por lo cual deben de enfocarse cada vez más en la mejora de sus productos y procesos para garantizar la satisfacción de sus clientes y ser cada día más competitivos acorde a las demandas de los consumidores [6].

Por lo antes mencionado las empresas tienen la obligación, si es que quieren seguir al margen de la competencia actual, de seguir escudándose con el área de aseguramiento calidad y mejora continua y con las herramientas que se crearon para dicho fin, como son el PPAP, APQP, FMEA, SPC, MSA para llevar a cabo los análisis y mejoras continuas de sus procesos. [2]

Bajo este contexto, surge la necesidad de realizar un análisis de comportamiento en la línea de producción de tableros eléctricos en la empresa Schneider Electric México. Actualmente en dicha empresa se tienen 2 plantas que maquilan equipo eléctrico pesado, entiéndase por esto a equipos que se instalan en lugares donde se maquilan grandes materiales y/o bienes de consumo importantes, por ejemplo, en minas, refinerías, complejos de hospitales, plataformas marinas etc., en una de ellas se construyen aproximadamente 10 tipos diferentes de equipos en media tensión, equipos que van de los 4160 volts de operación hasta los 27000 volts. En la segunda planta se maquilan más de 15 productos diferentes que van desde los 127 volts hasta los 480 Volts de operación, todo en Corriente Alterna (CA) [7].

En esta planta se construyen los equipos tipo switchboard los cuales son equipos compartimentados (divididos) entre los cubículos de control y el circuito de fuerza o mejor conocido en el ámbito profesional eléctrico como bus principal.



Fuente: Instruction Bulletin POWER-ZONE 4 Installation.

Figura 1. Vista frontal y Posterior del tablero PZ4.

Aseguramiento de calidad tienen una actividad extra la cual consiste en realizar las pruebas funcionales finales de lo maquilado por la línea de ensamble y en combinación con aseguramiento de calidad debería de presentar las herramientas necesarias constantemente para determinar y como su nombre lo dice asegurar la calidad.

 ISSN 2007-8102

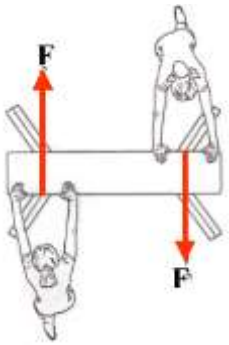
Metodología

El presente trabajo se estructuró en 4 secciones que nos llevaron a la determinación de las conclusiones. En el primer apartado se presenta que es un torque y de su importancia de este en una conexión eléctrica, el segundo punto nos habla de la herramienta de calidad que se utilizó como medio de análisis, en el tercero se describe la problemática de la línea de producción y en específico en el sub-ensamble el cual es objeto de estudio, para el cuarto punto se habla de cómo se recolectaron los datos como se presentaron a la área gerencial de aseguramiento de calidad y cuáles fueron los resultados y lo que se propuso derivado del análisis.

Torque

El torque puede entenderse como el momento de fuerza o momento dinámico. Se trata de una magnitud vectorial que se obtiene a partir del punto de aplicación de la fuerza. La misma está constituida por el producto vectorial (el vector ortogonal que surge tras una operación binaria entre un par de vectores de un espacio euclídeo de tres dimensiones.

En este sentido, el torque hace que se produzca un giro sobre el cuerpo que lo recibe. La magnitud resultante propia de aquellos elementos donde se aplica torsión o flexión, como una viga o el eje de una máquina. El momento de fuerza puede expresarse a través de la unidad newton-metro, libra-pie, libra pulgada [5].



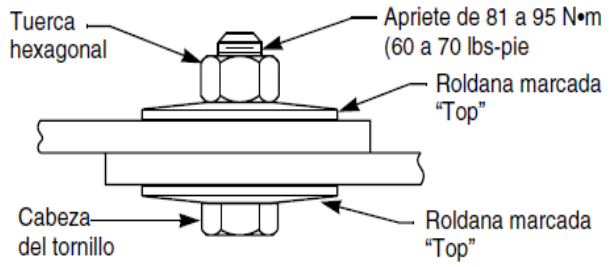
Fuente: http://136.145.236.36/isdweb/Curso-fisica/pres3011-13.pdf

Figura 2. Representación del torque.

El par de apriete es la fuerza que se debe ejercer para apretar un tornillo o una tuerca en algún ensamble de dos metales o metales con algún otro material del de otra constitución que no sea metal como baquelita, plástico o resina. Para realizar esta acción se usan llaves dinamométricas llamadas también Torquimetros de caratula o de click, de forma general estos instrumentos cuentan con un resorte ajustable dependiendo de la fuerza que se le dé y el ajuste del torquímetro será la acción de fuerza máxima que hará la persona que desee apretar dicho tornillo.
El par de apriete para cada tornillo de cualquier equipo mecánico o eléctrico está determinado por el fabricante con base en los estudios de ingeniería del producto y experimentación de los mismos con el fin de determinar el punto exacto en el cual la sujeción de las piezas será lo suficientemente rígido para tolerar esfuerzos y lo suficientemente suave para no apretar y deformar o “degollar” la tornillería del ensamble [8].
En este punto y retomando el tema de la construcción de los equipos en de baja tensión de la empresa manufacturera Schneider Electric, la importancia de aplicar el torque en las uniones de cobre que conducen electricidad y que por el pasan cientos de amperes es debido a que una vez que fluye la diferencia de potencial y teniendo circulación de corriente las dos conexiones deben de estar firmemente unidas para evitar que las pérdidas por efecto joule sean las menores teniendo la más alta eficiencia de conducción de energía eléctrica, si existiese un par de apriete insuficiente o fuera de rango determinado por ingeniería del producto tiende a generarse una alta temperatura que puede ser incrementada debido a la vibración constante de la fuerza térmica llegando al grado de

colapsar la pobre conexión que teníamos y suscitando una falla eléctrica con la que hará que se paren las maquinas debido a la protección por sobre corriente o alta temperatura propia del tablero en el cual se está alimentando con dicha diferencia de potencial

descrita anteriormente, esto provocará que se paren las actividades y que se someta la investigación correspondiente por esta falla.
La figura 3, muestra una conexión entre dos cobres del bus principal el cual debe de ser conectado con tornillos ½-13 y estos deben ser “torqueados” de 60 a 70 libras-pie para evitar un calentamiento debido al paso de la corriente eléctrica [9].



Fuente: Manual de usuario de Tablero de fuerza tipo Master Clad.

Figura 3. Vista típica de una conexión entre dos cobres.

Control Estadístico del Proceso

También conocido como Statistic Process Control (SPC) constituye una herramienta esencial para el seguimiento de las diversas fases de un proceso mediante el tratamiento estadístico de los datos recopilados, con el objeto de reducir la variabilidad y control para mejorar dicho proceso. El SPC permitirá abordar los dos problemas clave que se presentan en la implementación de los procesos: la mejora y el control de la calidad obtenida. Para ello se haría uso de la herramienta basada en el control estadístico de la variabilidad; los gráficos de control, los cuales tratan de representar la variabilidad de las características de calidad dentro de los limites correspondientes.
La estadística permite establecer las leyes que caracterizan un suceso, su análisis y descripción y, también prever su evolución y futuro comportamiento [1]. El proceso es la combinación de gente, equipo, materiales, métodos, mediciones y medio ambiente que produce una salida. Un proceso de control es aquel cuyo comportamiento con respecto a variaciones es estable en el tiempo.

Las gráficas de control se utilizan en la industria como técnica de diagnósticos para supervisar procesos de producción e identificar inestabilidad y circunstancias anormales. Una gráfica de control es una comparación gráfica de los datos de desempeño de proceso con los “límites de control estadístico” calculados, dibujados como rectas limitantes sobre la gráfica. Los datos de desempeño de proceso por lo general consisten en grupos de mediciones que vienen de la secuencia normal de producción y preservan el orden de los datos. Las gráficas de control constituyen un mecanismo para detectar situaciones donde las causas asignables pueden estar afectando de manera adversa la calidad de un producto. Cuando una gráfica indica una situación fuera de control, se puede iniciar una investigación para identificar causas y tomar medidas correctivas. Nos permiten determinar cuándo deben emprenderse acciones para ajustar un proceso que ha sido afectado por una causa especial. Nos dicen cuando dejar que un proceso trabaje por sí mismo, y no malinterpretar las variaciones debidas a causas comunes [3].

Las causas especiales se deben contrarrestar con acciones correctivas. Las causas comunes son el centro de atención de las actividades permanentes para mejorar el proceso. Las variaciones del proceso se pueden rastrear por dos tipos de cusas:

1) Común o (aleatoria), que es inherente al proceso
2) Especial (o atribuible), que causa una variación excesiva.

El objetivo de una gráfica control no es lograr un estado de control estadístico como un fin, sino reducir la variación. Un elemento básico de las gráficas de control es que las muestras del proceso de interés se han seleccionado a lo largo de una secuencia de puntos en el tiempo. Dependiendo de la etapa del proceso bajo investigación, se seleccionará la estadística más adecuada. Además de los puntos trazados la gráfica tiene una línea central y dos límites de control.

Si todos los puntos de la gráfica se encuentran entre los dos límites de control se considera que el proceso está controlado. Una señal fuera de control aparece cuando un punto trazado cae fuera de los límites, lo cual se atribuye a alguna causa asignable y entonces comienza la búsqueda de tales causas [4].

Problemática y planteamiento del problema.

Para contextualizar el problema el cual fue objeto de estudio se definirá primero de forma breve el flujo de la línea de ensamble desde que se reciben los materiales hasta que se reporta el equipo a la parte de pruebas operacionales finales. Dentro de la línea de producción de Switchboards con nombre PZ4 se comienza con en la estación 1 y termina en la estación 6, en esta se finiquitan los detalles de la orden de trabajo y físicamente es reportado a pruebas finales en donde se involucra también aseguramiento de calidad.
En la estación 4 se ensamblan los cobres del bus principal donde cada operador con la designación de ensamblador coloca los cobres y une las diferentes trayectorias mediante conectores de cobre que inmediatamente deben ser sujetados mecánicamente con tornillería de acero inoxidable grado 5, véase figura 1, es en esta estación donde se les da el apriete con la herramienta dinamométrica ajustando el valor especificado por ingeniería del producto, posteriormente se marca transversalmente con marcador negro indeleble para considerar que este ha sido apretado (torqueado). Para el tipo de conexión eléctrica el fabricante marca un rango de valores de apriete de 60 a 70 libras-pie, ver figura 3.

Después sigue el tablero su proceso por las estaciones restantes. Una vez en el área de pruebas operacionales finales el operador especializado en pruebas realiza una inspección de 6 a 10 tornillos por cada bahía del tablero, dichas cantidades dependen de la cantidad de cobre y la forma de las trayectorias con que cuente cada orden. Estos datos son escritos en un formato en papel mismo que está incluido en el formato de resultados de pruebas. El problema radica en que solo se quedan en papel los resultados y no se hace ningún análisis o seguimiento de forma constante para saber si el proceso de apriete de conexiones está bajo control tal como nos marca la teoría SPC.

Bajo esta necesidad se decide a tomar la herramienta del SPC las gráficas de control X-R para poder presentar a los directivos del área de aseguramiento de calidad los resultados y el comportamiento a lo largo de 4 meses del año 2020.

Recopilación de datos, uso de la herramienta y presentación de resultados.

Como en todo análisis estadístico, el primer reto es la recopilación y limpieza de datos, para empezar solo se tenían los datos directamente de la hoja del formato de la gente de pruebas finales, entonces se utiliza el software más común Excel, y se vacían en los valores obtenidos de cada uno de los tableros y secciones o bahías de los 4 meses que se tenía información, se comenzó a implementar en febrero hasta mayo del 2020 sin ningún tipo de análisis de comportamiento.

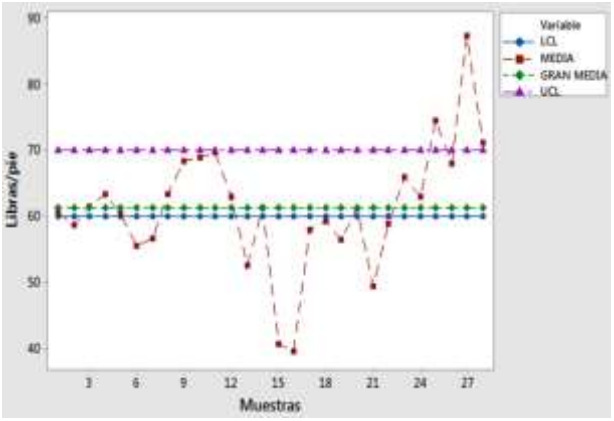
Finalmente se obtienes los datos completos y se presentación con edición amigable ya que estos resultados deben ser muy rápidos de digerir ya que es lo que busca la gente en jefaturas.

 ISSN 2007-8102

En la figura 8, se muestran los datos en tabla recopilados del mes de febrero y así mismo se realizó para los tres meses siguientes. Dicha tabla describe lo siguiente.

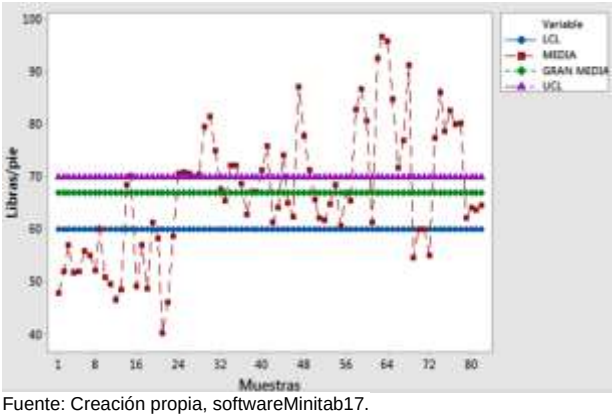
1) Fecha de liberación; es el día en que calidad aprueba la liberación del tablero.
2) Siglas con las que se denota la referencia de cada tablero ejemplo R5B07501.
3) Numero de secciones o bahías con las que contaba la orden.
4) Numero de datos tomados por el operador en libras pie por cada sección.
5) Limite de control inferior.
6) Media
7) Gran media.
8) Limite de control superior.

Parala obtención del límite de control superior e inferior no es necesario realizar el análisis matemático ya que la especificación propia del fabricante nos dicta que estos están entre 60 y 70 libras pie. Lo que se obtienen una vez teniendo los datos en cada uno de los meses es la media por sección de cada equipo y finalmente la gran media de todos los datos. Una vez con esta información se utiliza el software Minitab 17 para tener las gráficas de control X y finalmente ver el comportamiento de los valores de todas las ordenes que entraron en el mes de febrero, marzo, abril y mayo, teniéndose los siguientes resultados.



Fuente: Creación propia, softwareMinitab17

Figura 4. Grafica de control X, Torques Febrero

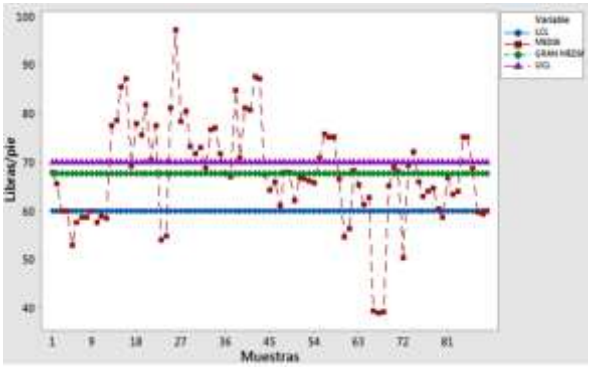


Fuente: Creación propia, softwareMinitab17.

Figura 5. Grafica de control X, Torques Marzo

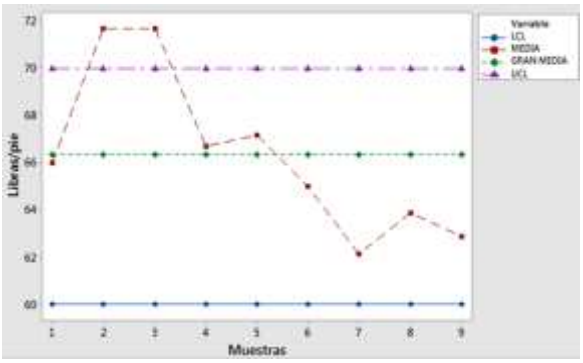
 ISSN 2007-8102

Para el mes de marzo figura 5, se tuvo un comportamiento errático y con resultados fuera de especificación con 29 de 82 medias dentro de límites, esto es solo el 25% de los aprietes realizados fueron correctamente hechos por la gente de la línea de ensamble. Abril tuvo 38 dentro de límites de 89, y mayo 7 de 9 dentro de límites, más del 75% dentro pero aun así deficiente para la criticidad que representa.



Fuente: Creación propia, softwareMinitab17.

Figura 6. Grafica de control X, Torques Abril



Fuente: Creación propia, softwareMinitab17.

Figura 7. Grafica de control X, Torques Mayo

Fecha de liberación	Orden	Seccion	Muestra 1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	LCL	MEDIA	GRAN MEDIA	UCL
16-feb	R4J12801	1	60	61	61	50	70	61									60	60.5	61.304	70
		2	60	55	60	60	60	57									60	58.66667	61.304	70
17-feb	R4J03301	1	70	68	70	60	40	60	65	60	60						60	61.44444	61.304	70
		2	60	60	60	65	68	70	60								60	63.28571	61.304	70
		3	60	65	70	80	20	80	68								60	60.42857	61.304	70
		4	50	50	50	50	60	60	60	60	60						60	55.55556	61.304	70
		5	60	60	40	50	60	60	60	60	60						60	56.66667	61.304	70
		6	60	70	60	60	70	50	60	70	60						60	63.33333	61.304	70
22-feb	R4L12301	1	65	70	67	69	70	69									60	68.33333	61.304	70
		2	70	69	70	69	66	69									60	68.83333	61.304	70
		3	70	69	70	70	70	69									60	69.66667	61.304	70
23-feb	R4L12802	1	60	60	60	68	65	60	60	70							60	62.875	61.304	70
		2	50	50	60	60	40	40	60	60							60	53.5	61.304	70
		3	60	60	60	60	60	60	70	60							60	61.25	61.304	70
23-feb	R4L10300	1	40	39	42	40	42	41									60	40.66667	61.304	70
		2	40	38	40	39	40	41									60	39.66667	61.304	70
23-feb	R4L10101	1	55	60	54	56	60	60	60	60	56						60	57.88889	61.304	70
		2	60	59	60	55	60	60	60	60	60						60	59.33333	61.304	70
		3	60	55	50	56	58	59	60	55	56						60	56.55556	61.304	70
		4	43	60	60	60	65	68	70	60	65						60	61.11111	61.304	70
		5	30	40	30	40	60	60	70	60	55						60	49.44444	61.304	70
		6	55	60	62	59	58	63	55								60	58.85714	61.304	70
		7	50	65	60	58	70	75	80	60	75						60	65.88889	61.304	70
		8	32	60	50	75	80	65	55	70	80						60	63	61.304	70
		9	80	60	90	120	60	80	70	60	50						60	74.44444	61.304	70
		10	60	65	67	80	60	80	70	80	80						60	68	61.304	70
		11	80	70	90	100	70	85	60	120	110						60	87.22222	61.304	70
		12	90	70	60	70	80	90	60	60	60						60	71.11111	61.304	70

Fuente: Creación propia, softwareMinitab17.

Figura 8. Ejemplo de la base de datos de febrero 2020.

Trabajo a futuro

Con dichos resultados se busca el entrenamiento y homologación de los criterios en la parte de ensamble y en la parte de calidad pruebas finales, se necesita hacer nuevamente el estudio y análisis des pues de haber concluido el entrenamiento.

Es sorprendente como un proceso se puede salir de control en una empresa de una alta envergadura siendo tan crítico y siempre seguido el requerimiento mecánico eléctrico de un valor de torque en una conexión de dos conductores por los cuales fluirá la corriente eléctrica que estará alimentando a un complejo que puede ser muy importante como lo puede ser salas de hospitales que si bien esos edificios tienen todo sistema de respaldo, no puede caber una falla critica de un proceso que se piensa y se planea tener bajo control.

Conclusiones

Después de los datos obtenidos, se realiza una auditoría interna a las personas que intervienen en el montaje, ensamble y apriete de los cobres del bus principal del equipo, todos conocen los rangos en los que debe de darse el par de apriete, sin embargo se realiza una práctica con ellos mismos y se notan desviaciones al momento de realizar los movimientos físicos para llevar a cabo el ejercicio, esto quiere decir que algunos dan el apriete muy rápido y eso cause que se llegue al valor en el torquímetro sin antes haber llegado al valor físicamente. Se analizan las hojas de calibración del equipo y estos se presentan con resultados satisfactorios.

Se hace el mismo ejercicio con los técnicos en pruebas ya que son otro grupo aparte de las personas que trabajan en el ensamble, el resultado es de igual forma que muchos de ellos conocen los limites inferiores y superiores en los cuales deben de estar el apriete de la tornillería, sin embargo muchos de ellos realizan el torque sin una contra llave y otros con contra llave, esto está causando una desviación en los resultados que ellos mismos colocan en las hojas de inspección de cada uno de los tableros que analizan.

Agradecimientos

Gracias por sus aportaciones y comentarios a los revisores de este artículo.

Referencias

[1] C. A. luís, Gestión integral de la Calidad, Barcelona: Profit, 2010.
[2] G. Michael l, D. Rowlands, P. Mark y M. John, The Lean Six Sigma Pocket, United States: McGraw-Hill, 2005.

[3] D. C. Montgomery y G. C. Runger, Probabilidad y Estadisitica aplicadas a la ingeniería, México: Limusa Wiley, 2003.

[4] B. Adrian, «spcgroup,» 11 Octubre 2019. [En línea]. Available: https://spcgroup.com.mx/6-herramientas-de-core-tools/. [Último acceso: 2 Agosto 2020].

[5] B. Adrian, «spcgroup,» 11 Octubre 2019. [En línea]. Available: https://spcgroup.com.mx/6-herramientas-de-core-tools/. [Último acceso: 2 Agosto 2020].
[6] J. Yánez y R. Yánez, «Auditorías, Mejora Continua y Normas ISO: factores clave para la evolución de las,» *Ingeniería Industrial. Actualidad y Nuevas Tendencias,* vol. III, nº 9, pp. 83-84, 2012.
[7] P. R. Alberto I y F. Jesús Rodríguez, «Control estadístico de la calidad de un servicio mediante Gráficas X y R,» Politica y Cultura, vol. II, nº 32, pp. 151-169, 2009.
[8] Power-Zone™ 4 Arc Resistant Switchgear Tablero de fuerza, 2018.
[9] D. Summers, Administración de la Calidad, México: Prentice Hall, 2006.

Proceso de ejecución del presupuesto. Caso: sector salud Departamento de la Guajira- Colombia

S. Payares Medina[1], C. Peñalver Vanegas [2] y B. Romero[3]

[1]Facultad de Ciencias Económicas y Administrativas, Dirección de Investigación, Universidad de La Guajira, Riohacha, Colombia.
[2]Facultad de Ciencias Económicas y Administrativas-Tesorería- Universidad de La Guajira, Riohacha, Colombia.
[3]Facultad de Ciencias Económicas y Administrativas, Vicerrectoría Administrativa, Universidad de La Guajira, Riohacha, Colombia.
sulmirapmedinap@uniguajira.edu.coo

***Área de participación**: Ingeniería Administrativa*

Resumen

Esta investigación tuvo como objetivo analizar el proceso de ejecución de presupuesto en las Instituciones Prestadoras de Servicios de Salud Indígena (IPSI) del Distrito Especial Turístico y Cultural de Riohacha, departamento de La Guajira. Metodológicamente, el estudio es de tipo descriptivo con un diseño no experimental, transeccional y descriptivo. Se seleccionó una muestra constituida por 13 gerentes administrativos de las IPSI de este Distrito, a través del censo poblacional, a quienes se le aplicó un cuestionario auto administrado. Los datos fueron analizados utilizando el paquete estadístico SPSS V10.0 para obtener las medias aritméticas de las respuestas. Estas medias aritméticas arrojaron como resultado: un control previo nada efectivo; el concurrente moderadamente efectivo; el control *a posteriori* efectivo en su mayoría, y el promedio global se ubicó en 2.90, traducido como moderadamente efectivo. Se recomienda poner en práctica mecanismos que permitan optimizar la ejecución y gestión presupuestaria en las instituciones públicas estudiadas.

***Palabras clave**: Ejecución presupuestaria, control previo, control concurrente, control a posteriori.*

Abstract

The objective of this research was to analyze the budget execution process in the Indigenous Health Service Provider Institutions (IPSI) of the Special Tourist and Cultural District of Riohacha, department of La Guajira. Methodologically, the study is of a descriptive type with a non-experimental, transectional and descriptive design. A sample constituted by 13 administrative managers of the IPSI of this District was selected through the population census, to whom a self-administered questionnaire was applied. The data were analyzed using the statistical package SPSS V10.0 to obtain the arithmetic means of the responses. These arithmetic means showed: a not effective prior control; the concurrent was moderately effective; the posterior control mostly effective, and the global average was 2.90, translated as moderately effective. To implement mechanisms for optimizing budget execution and management, in the public institutions studied, are recommended.

***Key words**: Budget execution, prior control, concurrent control, a posteriori control.*

Introducción

Actualmente se considera que la gestión pública efectiva es aquella que obtiene logros tangibles para la sociedad que van más allá de simples insumos o productos, que producen efectos transitorios en la gente e impactos duraderos sobre la calidad de vida de la población y que, causan gradualmente una transformación de la sociedad. Por lo tanto, la gestión del desarrollo no puede limitarse al ámbito técnico y administrativo;

necesariamente debe tener un importante contenido social.

El presupuesto público, en el marco de sus funciones político-institucionales, económica y de gestión, constituye un proceso de decisión concertado entre los niveles ejecutivo y legislativo. Está orientado al cumplimiento de la función suprema del Estado la cual consiste en promover el bienestar general, fundado en la justicia y en el desarrollo integral y equilibrado de la Nación. Arellano [1], director de la División de Administración Pública del CIDE (México), sostiene que los gestores públicos latinoamericanos ven limitado su trabajo debido a que existe demasiada interferencia política; extensa y abundante normatividad; escaso apoyo a la innovación, y muy poca capacidad de responder con inteligencia a situaciones cambiantes.

Para este autor, la perspectiva destinada a que las burocracias obtengan mayor flexibilidad e inteligencia para actuar, pero al mismo tiempo asegurar que su comportamiento sea legal y que la rendición de cuentas a la sociedad no se vea afectada por tal flexibilidad, es la de los presupuestos dirigidos a resultados. Los resultados buscan dar sentido y congruencia a la integración de las diversas instituciones y organismos públicos, ligándolos con los impactos que el Estado, en conjunto, pretende alcanzar. El presupuesto, en este sentido, adquiere una nueva dimensión: el gasto debe generar resultados e impacto y éstos deben definir el gasto.

En lo que respecta al presupuesto manejado por los sistemas de salud pública estos sistemas se han visto obligados a generar mecanismos para dar protección contra el riesgo financiero y definir un amplio abanico de actividades, dada la creciente complejidad que ha requerido su organización por espacios y tal como lo refiere Asenjo [2] dentro de un contexto que amerita un modelo de atención. Sin embargo, los sistemas de salud en las últimas décadas no han podido contener y menos aún superar la profunda crisis que se evidencia en los problemas de accesibilidad, cobertura, calidad y legitimidad que enfrentan las instituciones que prestan servicios médico-asistenciales.

La eficiencia administrativa de los entes de salud ha sido cuestionada por varios factores. En primer lugar, por encontrarse bajo un sistema que ha demostrado ser ineficiente, ineficaz e inefectivo lo cual le impide tener una alta capacidad de respuesta para adaptarse a los nuevos cambios que plantea el entorno. En segundo lugar, la injerencia político-partidista dentro del sector que se expresa mediante los conflictos que enfrentan las instituciones gubernamentales, encargadas del funcionamiento del sistema de salud en el país. Por otro lado, por poseer capital humano sin las competencias requeridas, la desmotivación y ausencia de sentido de pertenencia, entre otros.

Se observa igualmente que dentro de las Instituciones Prestadoras de Servicios de Salud Indígena (IPSI) no cuentan con modelos organizativos sino con una inadecuada administración de los recursos administrativos; un proceso lento y poco participativo para adelantar las negociaciones y la toma de decisiones; déficit presupuestario; y fuertes tensiones generadas por los conflictos entre las diferentes instancias de poder que están presentes en el sistema de salud.

Los factores antes expuestos motivaron la realización de este trabajo cuyo objetivo consistió en analizar el proceso de ejecución del presupuesto de las IPSI, dentro del contexto especifico de Riohacha, departamento de La Guajira, Colombia. Este análisis se justifica ya que tiene como propósito contribuir con el mejoramiento de la toma de decisiones y el adecuado uso de los recursos financieros para alcanzar cambios, tanto superficiales como estructurales. Entre estas mejoras se encuentran la infraestructura, el desempeño del personal, la gestión gerencial y la eficiencia del gasto. Vale acotar la importancia que tiene la gestión presupuestaria en la toma de decisiones, en los diferentes ámbitos jerárquicos. Dichas decisiones tienden a proveer los escenarios de actuación y gestión que deben considerarse para lograr los objetivos y metas planteadas y así garantizar las condiciones óptimas en las instituciones públicas en general y en las del sector salud en particular.

Para el alcance del objetivo propuesto se definen los principales conceptos y procedimientos relacionados con la ejecución y el control presupuestal que servirán de soporte para contrastar los resultados arrojados por la población sujeta a estudio.

Ejecución presupuestal

La ejecución del presupuesto de cualquier entidad pública considera a las instituciones como un todo y para su desarrollo toma en cuenta la estructura general de la institución y los recursos que a bien le provee. Burbano [3] señala que en el campo de las ventas el presupuesto se subordinará tanto a las perspectivas de los volúmenes

previstos a comercializar como a los precios. Según el autor, para garantizar el alcance de los objetivos mercantiles se tomarán decisiones inherentes a los medios de distribución, los canales promocionales y la política crediticia. Mientras que, en el frente productivo se programarán las cantidades a fabricar o ensamblar, de acuerdo con los estimativos de venta y las políticas sobre inventario.

En el área de administración, Muñiz [4] destaca la integración de gastos que deben ser considerados en el presupuesto y que, relacionados básicamente. permiten determinar el manejo de los recursos ante el proceso productivo de la organización. Para [4] el área administrativa controla las decisiones de carácter económico y financiero, ligadas a la operación de la organización en la cual se encuentran los elementos e información suficientes para establecer, a ciencia cierta, el comportamiento que surge a través de la búsqueda del cumplimiento del presupuesto proyectado. Este cumplimiento requiere hacer un seguimiento de la ejecución presupuestaria, mediante las investigaciones sobre las variaciones.

Dichas investigaciones, de acuerdo con Welsch *et. al* [5], representan un límite de control aun cuando se indagan todas las variaciones (tanto favorables como desfavorables) que rebasen ese límite previamente establecido por cada organización en particular. Para estas investigaciones se recurre a una distribución de probabilidades, la cual puede expresarse en términos monetarios (cifras absolutas) o en porcentajes de la cantidad presupuestada. Por lo general estos límites de control los fija intuitivamente la administración sin recurrir a un análisis sofisticado.

Por su parte, Del Rio [6] afirma que un análisis en las variaciones, en cualquier presupuesto financiero y económico, puede trascender en determinar las desviaciones que el control obliga a identificar para poder realizar las acciones pertinentes en el tiempo oportuno. Esto, mediante la actuación de los entes y las personas involucrados en el buen desarrollo del proceso presupuestario. Es fundamental la determinación y el uso de indicadores acertados, desarrollados normalmente en las teorías sistémicas actualizadas [3], mediante informes.

En cada uno de los informes presentados se evaluarán los resultados reales de la organización contra los estimados, los cuales deberán estar firmemente fundamentados y en congruencia con la realidad. En las diferencias resultantes saldrán a relucir las áreas débiles dentro de la organización; se mostraran las bondades del esfuerzo que conlleva su realización, se facilitarán las labores de control de la técnica presupuestaria y se fomentarán los estudios acerca de lo que ocurre dentro de la organización, mostrando las alternativas. Toda esta información puede ser utilizada por la administración, y por ende por la organización, para superar las dificultades y continuar activamente con la cosecha de los planes.

Control presupuestal

Para Robbins y Coulter [7] existen tres tipos de control presupuestario. Estos son: el previo o a priori, el concurrente y el posteriori. Seguidamente se definen y describen estos tres tipos bajo la óptica de expertos en la materia. **El previo o a priori:** Se refiere al que efectúa la unidad controladora con la finalidad de asegurarse de la ejecución efectiva del presupuesto. Este tipo de control evita los problemas que se estima sucedan, previamente a la actividad real. Va dirigido al futuro con la finalidad de ofrecer a los gerentes un margen de prevención de situaciones emblemáticas que puedan generar problemas. Un aspecto importante es que estos controles requieren de información oportuna y exacta [7].

El control previo garantiza que antes de emprender una acción se haya elaborado el presupuesto de los recursos humanos, materiales y financieros que se necesiten [8]. Se lleva a cabo con antelación a cualquier decisión que se genere en la administración de la organización que incurra en un gasto [9]. Igualmente, [5] destacan que se debe hacer el seguimiento necesario para evaluar la efectividad de la corrección, continuando con la alimentación adelantada para efectos de replanificación.

Concurrentes: Representa la condición ideal que requiere una organización para determinar cómo se están alcanzando las metas y los objetivos que se han establecido en el proceso de planificación y están definidos en términos claros y mensurables [7]. Incluyen fechas límites específicas que facilitan ver cómo va desarrollándose el proceso de las Instituciones públicas. Este tipo de control está definido en las correcciones a las desviaciones respectivas, en el mismo proceso presupuestario mientras éste es aplicado y utilizado, en virtud de que se realicen los cambios respectivos antes de que las afectaciones sean de mayor proporción y pueda causar estragos dentro de los procesos operativos y administrativos dentro de la organización.

Posterior: Es toda actividad ejercida por un órgano competente para verificar, de acuerdo con las disposiciones

legales vigentes, el correcto manejo de los ingresos, gastos y bienes nacionales que haga toda entidad, funcionario, particular o a quien se haya encomendado su administración, gestión, liquidación, recaudación o transferencia [7]. Este tipo de control que se presenta cuando finaliza la actividad, es muy usado en las organizaciones y tiene dos ventajas con respecto a los controles mencionados anteriormente. La primera es que ofrece a los gerentes la información de cuan eficaz fue su planificación y la segunda, radica en que este control refuerza la motivación a las personas que quieren obtener información acerca de su grado de desempeño en la organización [6].

Sobre este control, Rodríguez [10] destaca su enfoque en el uso de la información de los resultados anteriores para corregir posibles desviaciones futuras de estándares aceptables. El principal inconveniente de este tipo de control es que en el momento en que el administrador tiene la información, el daño ya está hecho, es decir, se lleva a cabo después de la acción. El control posterior busca no dejar en tela de juicio cualquier actividad que puede desvirtuarse por el control presupuestario previo o recurrente, en la medida que éste ofrezca la oportunidad de mejorarse en periodos o fases posteriores en las diversas etapas operativas de la organización, sin menoscabar la atención a los objetivos organizacionales.

En términos generales, el presupuesto es un instrumento esencial en la dirección de las organizaciones, y es considerado una expresión cuantitativa y cualitativa de los objetivos operativos de la organización, que se manifiestan en cantidades y valores monetarios [3] [5]. Adicionalmente, los presupuestos en las instituciones públicas son instrumento de gestión cuantitativo porque los objetivos deben ser mensurables y su alcance requiere la destinación de recursos durante el periodo fijado como horizonte de planeamiento.

Además, es el fruto de las estrategias adoptadas porque estas permiten responder al logro de los objetivos previstos. Según [3] [5] los objetivos de una organización pública y de salud, suponen evaluar tanto aquellos riesgos que puedan afectar su cumplimiento, como los que puedan afectar a los mecanismos de control para su detección. De esta forma, se crea un proceso de mejora continua en la definición de objetivos y en la gestión de riesgos y mecanismos de control.

Abordados los principales conceptos relacionados con la ejecución y control presupuestarios, a continuación se procede a detallar la metodología seguida para el alcance del objetivo propuesto. Vale recordar que dicho objetivo consistió en analizar el proceso de ejecución de presupuesto en las Instituciones Prestadoras de Servicios de Salud Indígena (IPSI) del Distrito Especial Turístico y Cultural de Riohacha, departamento de La Guajira.

Metodología

Este trabajo se caracterizó por poseer un enfoque positivista, con un método cuantitativo de tipo descriptivo ya que comprende el análisis e interpretación de hechos tomados de la realidad. Contó con un diseño no experimental, ya que no se manipuló la única variable del estudio, constituida por la ejecución presupuestaria y sus tipos de controles, sino que se observó en su contexto natural para luego ser analizada.

Asimismo, se destaca que el estudio tuvo un diseño transversal o transeccional porque se recolectan datos en un solo momento, en un tiempo único. Su propósito es describir variables y analizar su incidencia en un momento dado, tal como lo afirman Hernández, Fernández y Baptista [11].

Población y Muestra

La población de esta investigación la conformaron los directivos y coordinadores territoriales de salud de las IPSI del Distrito Especial, Turístico y Cultural de Riohacha, departamento de La Guajira, Colombia. Estos directivos que suman un total de trece (13) gerentes, constituyen una población de tipo finita, porque cuentan con un número menor a 100.000 unidades de estudio, de acuerdo con la definición aportada por Chávez [12].

En consecuencia y por ser una población accesible y disponible se toma el total de los estos gerentes como muestra del estudio, así como lo sugieren Tamayo y Tamayo [13] al referirse al censo poblacional. La tabla 1, a continuación describe esta población.

Tabla 1. Población y muestra de la investigación

No.	Instituciones Prestadoras de Servicios de Salud Indígena (IPSI) del Distrito Especial Turístico y Cultural de Riohacha, departamento de La Guajira.
1	ANASHIWAYA IPSI
2	CIDSALUD IPSI
3	EZEQ-SALUD IPSI
4	IPSI EIYAJAA WANULU
5	IPSI SUPULA WAYUU
6	IPSIANASHANTA SUPUSHUAYA
7	SAINN WAYUKANA IPSI SALUD Y VIDA PARA LOS WAYUU
8	IPSI INDIGENA SUMUYWAJAT
9	IPSI AYUULEEPALA WAYUU
10	IPSI SOL WAYUU
11	IPSI WAYUU ANASH
12	ANALIRAPULE IPSI

Técnica e Instrumento de Recolección de Datos

La técnica de recolección de datos fue la encuesta tipo cuestionario autoadmiistrado contentivo de 39 ítems, utilizados para medir cómo se manejan los tres tipos de controles presupuestarios, a saber, el control a priori, concurrente y a posteriori. En este instrumento se incluyeron cinco (05) opciones de respuestas con su respectiva puntuación en la escala de estimación Likert. Estas opciones variaron desde (5) siempre hasta (1) nunca. La validez del instrumento de recolección de datos se obtuvo por medio del juicio de diez (10) expertos en el área metodológica y en la variable de estudio, mientras que la confiabilidad arrojó un porcentaje de 0,97 considerada por Ruiz [14] como muy alta.

Análisis y Procesamiento de Datos

Para el análisis y procesamiento de la información recolectada, acerca de los tres tipos de controles utilizados por los directivos de los IPSI, se creó una base de datos con el paquete estadístico SPSS V10.0 y se utilizó la media aritmética para el procesamiento de las respuestas. Esto atendiendo al carácter positivista y cuantitativo de la investigación que permite seleccionar este tipo de medición para llegar a conclusiones acertadas. El tratamiento estadístico se llevó a cabo mediante la frecuencia absoluta (FA), frecuencia relativa, (FR%), promedio aritmético, mediana y desviación estándar, utilizándose para ello el programa Microsoft Office Excel 2013. Las categorías y rangos utilizados se ilustran en la tabla 2, a continuación.

Tabla 2. Baremo e interpretación del promedio o media

Categorías	Rangos		
Muy efectivo	4,21	-	5,00
Efectivo en su mayoría	3,41	-	4,20
Moderadamente efectivo	2,61	-	3,40
Poco efectivo	1,81	-	2,60
Nada efectivo	1,00	-	1,80

Resultados y discusión

En la tabla 3 se muestran los resultados arrojados, después de la aplicación del cuestionario autoadmiistrado a los 13 gerentes financieros de las Instituciones de salud, seleccionados como muestra para este trabajo.

Tabla 3. Resultados

Alternativas de Respuesta	Siempre		Casi Siempre		Algunas Veces		Casi Nunca		Nunca		TOTAL		Promedio	Categoría
	5		4		3		2		1					
Indicadores	Fa	Fr	Fa	Fr	Fa	Fr	Fa	Fr	Fa	Fr	Pob.	Fr		
Control Previo	0	0,00	1	7,69	2	15,38	3	23,08	7	53,85	13	100,00	1,77	Nada Efectivo
Control Concurrente	0	0,00	5	38,46	4	30,77	3	23,08	1	7,69	13	100,00	3,00	Moderadamente Efectivo
Control Posterior	4	30,77	5	38,46	3	23,08	1	7,69	0	0,00	13	100,00	3,92	Efectivo en su Mayoría
Total	**4**	**10,26**	**11**	**28,21**	**9**	**23,08**	**7**	**17,95**	**8**	**20,51**				

Baremo de Interpretación del Promedio o Media

Categorías	Rangos		
Muy Efectivo	4,21	-	5,00
Efectivo en su Mayoría	3,41	-	4,20
Moderadamente Efectivo	2,61	-	3,40
Poco Efectivo	1,81	-	2,60
Nada Efectivo	1,00	-	1,80

Promedio Total de la Dimensión

2,90

Moderadamente Efectivo

Los resultados obtenidos evidenciaron que, en el proceso de ejecución presupuestaria, el control previo resultó con un promedio de 1,77 ubicándose en la categoría de nada efectivo. Este resultado contradice lo planteado por Robbins y Coulter [7] cuando establecen que este tipo de control se llevan a cabo con la finalidad de ofrecer a los gerentes un margen de prevención de situaciones emblemáticas que puedan generar problemas, para lo cual se requiere de información oportuna y exacta.

Por su parte, el control concurrente se posicionó en la categoría de moderadamente efectivo con un promedio de 3,00 lo cual significa que en estas instituciones no siempre se está alerta para que se realicen los cambios respectivos antes de que las afectaciones sean de mayor proporción y pueda causar estragos dentro de los procesos operativos y administrativos dentro de la organización, tal como lo plantean [7].

En lo que respecta al control a posteriori, que se ubicó como efectivo en su mayoría, con un promedio de 3,92, se esperaba un promedio mucho más alto, dada la importancia de este tipo de control en el uso de la información de los resultados anteriores para corregir posibles desviaciones futuras de estándares aceptables [10] y las ventajas que ofrece a las instituciones de salud [6].

Finalmente, la variable en general obtuvo de forma global 2.90, es decir moderadamente efectivo. Estos resultados no eran los esperados, por cuanto la efectividad en la ejecución debió ser altamente efectiva. Resultados estos que contradicen lo propuesto por [3] y [5] cuando afirman que los objetivos de una organización pública y de salud, suponen evaluar tanto aquellos riesgos que puedan afectar su cumplimiento, como los que puedan afectar a los mecanismos de control para su detección, creando de esta forma, un proceso de mejora continua en la definición de objetivos y en la gestión de riesgos y mecanismos de control.

Para los investigadores queda claro que esta problemática representa un efecto cuya causa se evidencia en la falta de conocimientos precisos sobre la ejecución del presupuesto, por parte de la población encuestada. Los responsables de estos tipos de controles que conforman la ejecución y evaluación presupuestaria no cuentan con procedimientos para la formulación del presupuesto, que permita que estos controles se realicen siguiendo un procedimiento preestablecido, con el objeto de salvaguardar los recursos y garantizar la confiabilidad de los registros de las operaciones presupuestarias para realizar sus actividades con criterios de eficiencia y eficacia.

Conclusiones y Recomendaciones

Después del análisis realizado a los datos arrojados por la población seleccionada para este estudio, se concluye que la disparidad de los resultados en cuanto a los controles que conforman el proceso de ejecución de presupuesto permite corroborar la problemática planteada al inicio de esta investigación en cuanto al cuestionamiento de las IPSI del Distrito Especial, Turístico y Cultural de Riohacha, departamento de La Guajira y a los factores que inducen este comportamiento. En tal sentido, se recomienda poner en práctica mecanismos que permitan optimizar la ejecución y gestión presupuestaria, destinados a lograr un equilibrio presupuestario

capaz de contribuir con el mejoramiento de la toma de decisiones y el adecuado uso de los recursos financieros para alcanzar cambios, tanto superficiales como estructurales en las instituciones públicas estudiadas.

Referencias

[1] D. Arellano, *Dilemas y Potencialidades de los Presupuestos orientados a Resultados: Límites del gerencialismo en la reforma presupuestal*. CIDE, Buenos Aires, 2001.
[2] M. A. Asenjo, *Las Claves de la Gestión Hospitalaria,* Barcelona, Gestión 2000. 2002.
[3] J.E., Burbano, Presupuestos: Enfoque Moderno de Planeación y Control de Recursos, Bogotá, Mc Graw Hill. Segunda Edición, 2005.
[4] L. Muñiz, *Control Presupuestario. Planificación, elaboración y seguimiento del presupuesto,* Barcelona, España: Profit Editorial. (2009).
[5] G, A. Welsch, W. Hilton Ronald y P..Gordon, *Presupuesto planificación y control de utilidades,* México, Ed. Prentice Hall, 2010
[6] C. Del Río, *El Presupuesto. Generalidades, Tradicional, Áreas y Niveles de Responsabilidad, Programas y Actividades, Base Cero, Teoría y Práctica*. México: Editorial ECAFSA. 2012.
[7] S. Robbins y M. Coulter. *Gerencia,* México, Prentice Hall, 2005.
[8] J. Stoner, E. Freeman, A. Cordova, y P. Mascaró, *Administración,* México, Pearson Educación, 2014
[9] T. Bateman y S Snell, "Administración: una Ventaja Competitiva". México, McGraw Hill. 2012.
[10] J Rodríguez, Introducción a la Administración con Enfoque de Sistemas. México: International Thompson Editorial, 2013.
[11] R. Hernández, C., Fernández y Baptista, P. *Metodología de la Investigación,* México, McGraw Hill Interamericana, 2014.
[12] N. Chávez, *Introducción a la Investigación*. Caracas – Venezuela, Editorial ARS Grafica, 2004.
[13] M. Tamayo y Tamayo, "*Diccionario de la investigación científica*". México, Limusa, 2010
[14] J. Ruiz, *Metodología de la Investigación Cualitativa*, Bilbao, Deusto, 2012.

 ISSN 2007-8102

Diseño de una cartera de servicios para un dispositivo de supervisión cardiaco

C. E. Argüelles Téllez[1], G. Cortés Robles[1], E. Roldán Reyes[1]*, M. Hernández Bonilla[1], H. D. García Manilla[1]
[1]Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico de Orizaba, Departamento de Estudios de Posgrado e Investigación, Oriente 9, Emiliano Zapata sur, C. P. 94330, Orizaba, Veracruz, México.

ceat1395@gmail.com

***Área de participación**: Ingeniería Administrativa*

Resumen

El aprovechamiento y mezcla de bienes manufacturados y servicios brinda un área de oportunidad, debido a que, se diseña un modelo de negocios donde se consideran aquellos elementos necesarios para introducirse en el mercado con ofertas distintas, originales y llamativas para los clientes y los usuarios. A la integración de un sistema de producción de bienes y una cartera de servicios se le denomina Sistema Producto-Servicio (PSS) y se enfoca en satisfacer las necesidades del usuario por medio de la estrategia de la innovación empresarial y ofrece una mezcla de productos y servicios, agrega un valor a la empresa y tienen un impacto en las redes de apoyo e infraestructura de manera que sea más competitiva.

El presente trabajo se centra en el desarrollo de una cartera de servicios para crear un Sistema Producto-Servicio en una empresa de dispositivos para el corazón donde actualmente desarrollan un prototipo.

***Palabras clave**: Servicio, modelo, estrategias, dispositivos.*

Abstract

The use and mix of manufactured goods and services provide an area of opportunity because it designs a business model where those elements necessary to enter in the market with different and attractive offers for customers and users are considered. Integrating a system for the production of goods and a portfolio of services is called the Product-Service System (PSS). A PSS focuses on meeting user needs through a business innovation strategy and offers a mix of products and services, adds value to the company, and affects support networks and infrastructure in a way that is more competitive.

This work focuses on the development of a portfolio of services to create a Product-Service System in a heart device company where it is developing a prototype.

***Key words**: Service, model, strategies, devices.*

Introducción

Las decisiones de compra del cliente consideran diversos requerimientos y cada vez el cliente exige más [1]. Las necesidades y las ofertas varían, de modo que, la competencia en el mercado se vuelve

cada vez más diversa, e inclusive a compañías o empresas dentro del mismo giro, pero también a empresas externas a un mercado. De este modo, toda decisión de compra del cliente para cualquier producto o servicio necesita tomar en cuenta la opinión del cliente y sobre todo tener contacto con las expectativas para enfrentarse a los cambios futuros [2].

Sin importar el tamaño de una empresa, se requiere de diferentes estrategias que les permita ser más competitivos en el mercado [3]. Para desarrollar una ventaja competitiva, es fundamental aprovechar los recursos que se tienen a disposición. Al planear estrategias, se crea una visión diferente, de forma que se oriente la perspectiva empresarial hacia el mediano y largo plazo, que influye determinantemente en los productos y servicios que se ofrecen en un mercado.

Un área de oportunidad es el aprovechamiento e interacción de los productos y servicios, de forma que pueda crearse un modelo de negocios donde se consideren aquellos elementos necesarios para introducirse en el mercado con ofertas distintas, originales y llamativas para clientes y usuarios. El Sistema Producto-Servicio (PSS por sus siglas en inglés) integra tanto a productos como a servicios, de manera que crea soluciones más adaptadas a las necesidades de los clientes. También abarca las redes de apoyo e infraestructura para que sea más competitiva y así obtener un menor impacto ambiental comparado con los modelos de negocio tradicionales [4].

Un PSS orientado al producto [5] se lleva a cabo cuando el proveedor cuenta con un producto y ofrece un servicio adicional. Entre los servicios más frecuentes se puede considerar el mantenimiento, las reparaciones, la formación, la instalación, las asesorías y los seguros, solo por mencionar los comunes.

Para el caso de estudios, se seleccionó a una empresa ubicada en Orizaba, Veracruz que desarrolla un prototipo para cardiópatas. El propósito de este producto es recolectar información sobre el estado de un individuo, que toma en consideración el ritmo cardiaco. El modelo de negocios de la empresa está en evolución y se diseñó un modelo de negocios bajo el enfoque de un Sistema Producto-Servicio (PSS) para asistir el desarrollo del dispositivo para cardiópatas con la finalidad de preparar su introducción al mercado.

Metodología

Para realizar este proceso, se consideraron diferentes autores y de las etapas tomadas en cuenta de sus documentos, se ha construido una metodología para el actual trabajo.

Autor	Etapas
Yang & Evans (2019)	2
Lee, Chen, & Trappey (2019)	3
Phaal, Probert, & Yip (2015)	5
Yang & Evans (2019)	5

Tabla 1. Etapas de los diferentes autores.

En consecuencia, el trabajo de Phaal, Probert, y Yip combinado con el trabajo de Pezzotta crean un marco adecuado para proponer una metodología que contiene cuatro etapas: la generación de preceptos, la creación de un modelo de negocios mediante CANVAS, el desarrollo de un service blueprint y finalmente la simulación de las alternativas para facilitar la toma de decisiones.

Etapa 1: Preceptos

Un precepto es una abstracción que se implementa en un producto, esencialmente intangible. Se hizo una lluvia de preceptos que fueron los principios usados como base para establecer el modelo de negocios, donde se consideraron diferentes conceptos relevantes para la empresa y su producto, de forma que las palabras o frases sean representativas y formen los principios de sus productos y servicios. Una vez que se tuvieron los diferentes conceptos que dan forma a los preceptos [10], se procedió a definir cada uno, de manera que se pudieran relacionar con la empresa e identificar de forma individual la importancia que tienen.

Al considerar las distintas posibilidades, se determinó la relación entre conceptos y se agruparon las distintas palabras para formar familias comunes. Posteriormente, se tomaron las decisiones para integrar un precepto. Dentro de los preceptos que se tomaron en cuenta, se optó por los siguientes que representaron la base del modelo de negocios o, en otras palabras, las abstracciones de las necesidades de un cliente con respecto al sistema de supervisión cardiaca:

- Confianza.- Ausencia de peligro o riesgo respecto al funcionamiento del producto.
- Bienestar.- Proporcionar satisfacción y tranquilidad al usuario mientras su estado de salud no representa un riesgo.
- Certidumbre.- Conoce el comportamiento de su estado cardiaco y las predicciones más probables con base en la información histórica.

Etapa 2: CANVAS

El modelo CANVAS es una herramienta que analiza y crea modelos de negocio de una forma fácil.

Para cualquier empresa, es necesario contar con un modelo de negocios. La herramienta CANVAS puede planear y definir con claridad lo que se desea ofrecer a los clientes y usuarios [11]. Por otro lado, al crear un modelo de negocios, se analizan diferentes perspectivas como lo que la empresa desea, cómo se llevará a cabo, a qué costo, los elementos y medios para realizarse y las fuentes de ingresos más importantes. Un CANVAS se divide en diferentes aspectos que la empresa debe tomar en cuenta mediante nueve bloques [12].

Se desarrollaron los nueve módulos del CANVAS donde fue necesario considerar todos los recursos que acompañarían al nuevo modelo, donde se tenga prioridad en la venta del producto, junto a algunos servicios de posventa para diferenciarse en el mercado.

Dentro de la propuesta de valor, únicamente fueron consideradas las funciones básicas del dispositivo, como las notificaciones (colores que muestran el estatus del usuario) y la generación de reportes en dado caso de requerir tal información.

El mayor cambio que el dispositivo tiene y que es el que lo diferencia de productos similares, es que el producto cuenta con un ciclo de vida más largo al tener como propuesta una batería recargable y contar con los servicios de garantía y reparaciones a domicilio (en caso de tener un problema con el dispositivo y mantener la garantía vigente).

A continuación, se observa el modelo de negocios propuesto conformado por nueve módulos [13].

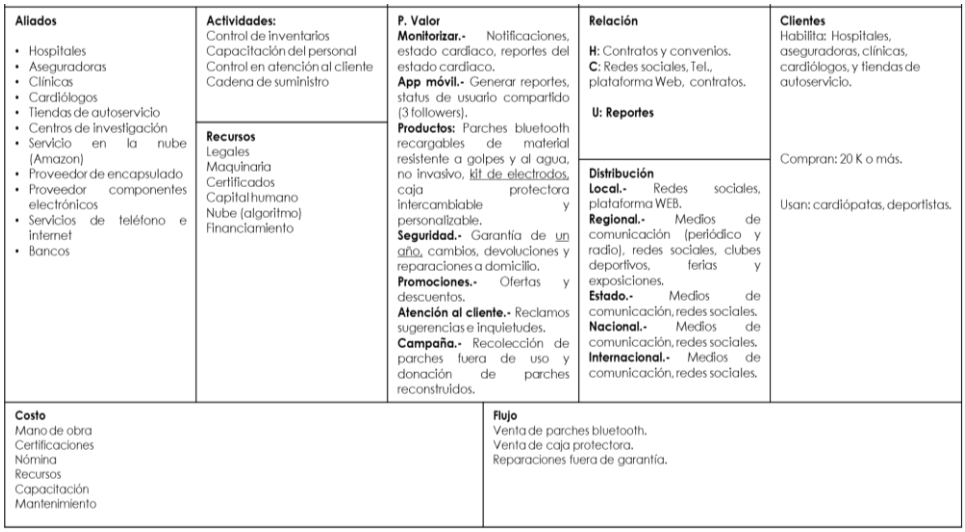


Figura 1. Canvas orientado al producto.

 ISSN 2007-8102

El modelo de negocios se validó al comparar los módulos del CANVAS con los preceptos establecidos.

	Propuesta de valor	Cliente	Canales	Relación con clientes	Recursos clave	Actividades clave	Asociaciones clave
Confianza	*	*	*	*	*	*	*
Bienestar	*	*			*	*	*
Certidumbre	*		*	*	*	*	*

Tabla 2. Comparación de preceptos orientado al producto.

Se consideran las relaciones entre los preceptos y los módulos que componen al Canvas y se observa que existe una relación entre ambos.

Etapa 3: Service blueprint

Es una herramienta de visualización y análisis debido a que permite estudiar la evolución que un proceso ha tenido. Se apoya en el desarrollo de los productos, procesos y servicios, de modo que de un valor agregado a la empresa al representar la opinión del cliente. Por tal motivo, algunas organizaciones centradas en el diseño, toman en cuenta la opinión del cliente durante el desarrollo o diseño de sus productos o procesos que generan valor y así, la opinión o las necesidades del mercado se conviertan en parámetros de diseño [14].

Para realizar el service blueprint, primeramente, se requirió solicitar el proceso para fabricar un dispositivo de supervisión cardiaco. Para representar este proceso, se consideraron las acciones, instrumentos y equipo de trabajo de la empresa [15]. De igual forma, se tomaron en cuenta todos los procesos tanto visibles como ocultos para el cliente, de manera que se obtuvo un panorama de los puntos de contacto con el cliente y de los aspectos tangibles e intangibles del servicio en general que se desea proporcionar.

El siguiente service blueprint abarca el proceso de compra del dispositivo cardiaco hasta la entrega del mismo. En las acciones invisibles del empleado, se consideró el diagrama de flujo y sus principales actividades y soporte [16].

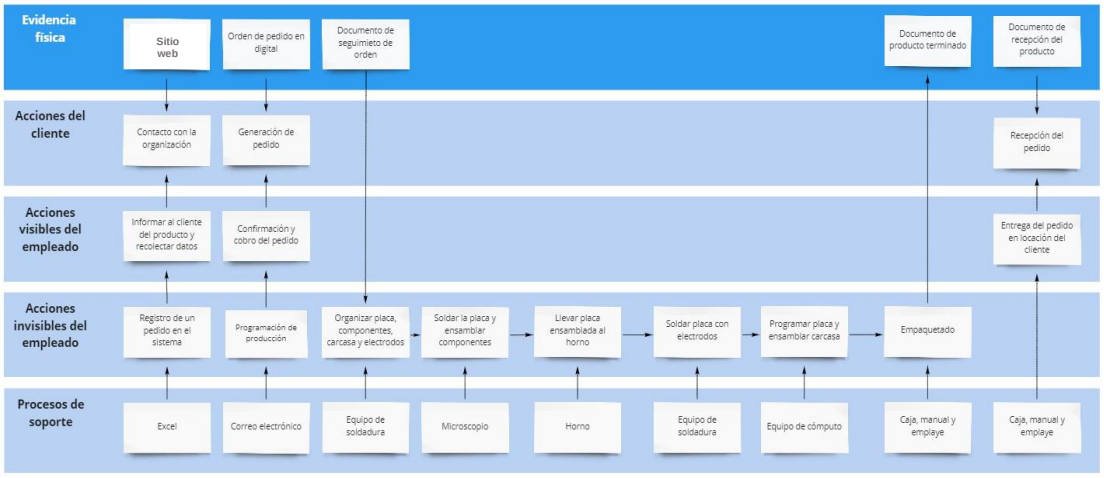


Figura 2. Service blueprint orientado al producto.

Se puede observar la interacción entre el cliente y el empleado, al igual que las actividades y respaldo en un registro del proceso que se lleva a cabo.

 ISSN 2007-8102

La mayor parte del proceso se enfoca en la fabricación y se pueden visualizar los recursos necesarios para el proceso de compra del producto, hasta la entrega del mismo. En las acciones invisibles del empleado, se consideraron los procesos de manufactura y sus principales actividades y soporte.

Etapa 4: Simulación del escenario con un enfoque al producto

Estudia el sistema o partes de él, de manera que maneja una representación del modelo real [17]. Con la simulación se pueden evaluar y complementar los procesos actuales o propuestos y el riesgo al usar una simulación disminuye, por lo tanto, representa un soporte al momento de tomar decisiones.

Se consideraron las actividades y tiempos para fabricar los dispositivos. Se utilizó un programa para crear un modelo similar al real y se tomó en cuenta el proceso de manufactura del dispositivo de supervisión cardiaco que generó el service blueprint, de forma que se abarcaron las variables de tiempos y recursos, con el fin de analizar la cantidad a producir y hacer los cambios en los recursos disponibles que la empresa tiene, ya sea la maquinaria necesaria o el personal a asignar por actividad [18].

Se analizaron tres departamentos diferentes; producción, cambios y reparaciones que se pueden ver a continuación, donde se usó el programa Simio para desarrollar el diseño:

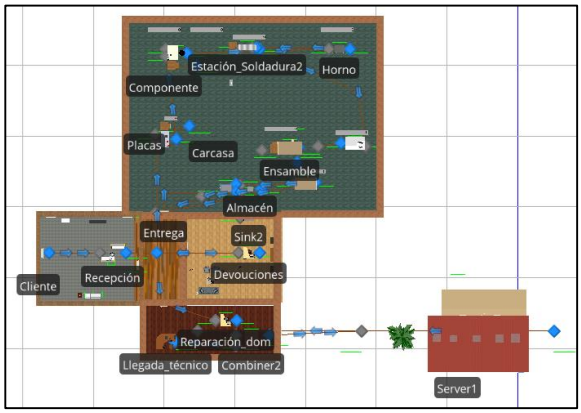


Figura 3. Modelo de simulación.

Resultados y discusión

La empresa espera una venta de 400 piezas cada tres semanas y cuenta con un horario laboral de 8 horas diarias, de lunes a viernes, de modo que, tiene una meta de 27 piezas vendidas por día, dato que se consideró al momento de hacer la simulación. También esperaba contar con no más de 5 cambios de producto y 5 reparaciones a domicilio.
Una vez que se tuvo en cuenta la información anterior, se corrió la simulación, donde se obtuvieron como resultado los siguientes datos:

Actividad	Cantidad
Producción del dispositivo	4 piezas
Cambios del dispositivo	4 piezas
Reparaciones a domicilio	5 piezas

Tabla 3. Salidas del modelo.

Se observa que el departamento de producción no llegó al objetivo, debido a que sólo produjo el 14.81% de los productos planeados (4 de 27). Por otro lado, los departamentos de cambios y reparaciones no sobrepasaron las piezas que la empresa colocó de límite (5 piezas).

 ISSN 2007-8102

Al observar el departamento de producción de forma particular en los resultados, se pudo considerar la capacidad del sistema, debido a que los tiempos actuales por cada estación, limitan el objetivo de la empresa para lograr producir mínimo 27 piezas en ocho horas.

A continuación, se observa una tabla con los tiempos por estación de trabajo:

Estación	Tiempo de proceso (Horas)	Tiempo de proceso (Minutos)
Microscopio	1.38	82.8
Soldadura 2	0.7052	42.312
Ensamble	0.1916	11.496
Programación	0.4997	29.982
Horno	0.007	0.42
Soldadura 1	0.3117	18.702
Empaquetado	0.0668	4.008
	Total de dispositivos producidos	4 piezas

Tabla 4. Tiempos de proceso.

Corridas	X_j	Y_j	Z_j	$(Z_j-\bar{Z}_{10})^2$
1	87.4	82.81	4.59	19.2604
2	76.56	81.63	-5.07	27.787
3	79.55	81.52	-1.97	4.71469
4	78.92	82.83	-3.91	16.9031
5	88.77	83.81	4.96	22.6449
6	86.5	82.99	3.51	10.9473
7	85.1	82.91	2.19	3.9548
8	84.12	82.58	1.54	1.79203
9	83.98	82.07	1.91	2.91954
10	87.54	82.89	4.65	19.7906
11	79.33	82.44	-3.11	10.9649
12	77.92	84.2	-6.28	42.0077
13	80.47	83.96	-3.49	13.6259
14	83.47	83.02	0.45	0.06184
15	86.74	83.69	3.05	8.1149
Suma	1246.4	1243.4	3.02	205.49
Promedio	83.09	82.89	0.20	13.70
Prueba t	2.145	$\widehat{Var}[\bar{Z}_{15}]$	0.979	
Intervalo		-1.920	-	2.323

Figura 4. Validación del modelo.

Para la validación de los datos, se usó la prueba t-pareada y se tomaron en cuenta 15 diferentes tiempos promedio en el sistema real y en el modelo de simulación. Se observa en la figura 4 que el intervalo de confianza resultante incluye al cero, es decir, la diferencia no es estadísticamente significante, por lo que se justifica que el modelo es válido y refleja la realidad.

El microscopio es la estación que más tarda en procesar una pieza en comparación con las demás estaciones de trabajo, de manera que existe un área de oportunidad en esa sección para lograr que el modelo logre alcanzar o se acerque al objetivo de producción diario.

Trabajo a futuro

Al integrar las diferentes técnicas y diseñar un modelo de negocios, se pudieron detectar las áreas de oportunidad en el modelo actual, debido a que gracias al lienzo CANVAS se consideraron elementos en el producto que no eran relevantes al principio, al igual que la adecuación de los servicios. El service blueprint impactó en los recursos tanto visibles como invisibles para el cliente y que se necesitan para brindar un mejor diseño del servicio, de igual forma, se generó un plan distinto

y se consideraron recursos que no se contemplaban. Al usar la simulación, se detectaron áreas de oportunidad al tomar en consideración el modelo de negocios y se pretende que en el futuro se implementen las mejoras en el sistema, ya sea al considerar la maquinaria y mano de obra actual para aumentar la cantidad de piezas a manufacturar o adquirir maquinaria que abarque diversas actividades del sistema actual y respaldar la decisión por medio de la simulación y tomar en cuenta la información que se propone. Se necesita mantener un seguimiento a los datos que se sigan recolectando, por eso se requiere colocar indicadores de rendimiento y establecer metas claras de lo que se pretende lograr para ver el comportamiento del sistema, considerando la manufactura y los servicios propuestos.

Conclusiones

Al desarrollar un modelo de negocios que considera al producto como al servicio, se obtienen resultados favorables debido a que la mezcla satisface las necesidades del cliente. Por medio de las herramientas Canvas, service blueprint y simulación, se dio una propuesta del modelo de negocios para generar valor al abarcar los recursos actuales. Con las herramientas que se usaron para el diseño del modelo propuesto, se creó una perspectiva diferente para la organización que abarca elementos no contemplados como es en el caso de la capacidad actual y el tiempo necesario para poder producir una pieza, al igual que las diferentes estaciones de trabajo con las que el área de manufactura cuenta. De igual manera, se identificaron las fortalezas de la organización y consideraron estrategias distintas para tener un mejor impacto en el mercado. Esta información tiene un impacto fundamental en los servicios que acompañan al dispositivo.

Se observó que existía un cuello de botella en dos distintas estaciones de trabajo; microscopio y soldadura 2. De forma que, se requiere implementar una mejora en esas áreas para poder obtener un mejor rendimiento en la producción del dispositivo y así disponer de estas estaciones de trabajo para asegurar el servicio en intervalos de tiempo que no afecten el proceso de producción.

Agradecimientos

Agradezco al Instituto Tecnológico de Orizaba, en específico al departamento de Posgrado e Investigación, el apoyo del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT). En especial agradezco al Dr. Guillermo Cortés Robles, I. S. Miguel Eduardo Romero Ruíz, al Dr. Eduardo Roldán Reyes y a la Dra. Edna Araceli Romero Flores por su apoyo y contribución a ampliar mi conocimiento y dar seguimiento a mi proyecto de Tesis.

Referencias

[1] K. Baird, «WAM,» 07 Mayo 2020. [En línea]. Available: https://www.wearemarketing.com/es/blog/importancia-de-la-tecnología-en-las-empresas-en-la-era-de-la-transformación-digital.html.

[2] E. E. Zapata Guerrero, «Las PyMES y su problemática empresarial,» *Redalyc,* pp. 120-123, 2014.

[3] Espinosa, Roberto;, «RE,» 2017. [En línea]. Available: https://robertoespinosa.es/2017/10/22/ventaja-competitiva-que-es-tipos-ejemplos#:~:text=Una%20empresa%20posee%20una%20ventaja,competitiva%20superior%20en%20el%20mercado..

[4] H. S. Kristensen y A. Remmen, «Science Direct,» 11 Marzo 2019. [En línea]. Available: https://sci-hub.tw/10.1016/j.jclepro.2019.03.074. [Último acceso: 01 Junio 2019].

[5] M. Yang y S. Evans, 06 Febrero 2019. [En línea]. Available: https://sci-hub.tw/10.1016/j.jclepro.2019.02.067. [Último acceso: 01 Junio 2019].

[6] M. Yang y S. Evans, «Science Direct,» 06 Febrero 2019. [En línea]. Available: http://sci-hub.tw/10.1016/j.jclepro.2019.02.067.

[7] C.-H. Lee, C.-H. Chen y A. Trappey, «Science Direct,» 17 Abril 2019. [En línea]. Available: http://sci-hub.tw/10.1016/j.aei.2019.04.006.

[8] R. Phaal, D. R. Probert y M. H. Yip, «Science Direct,» 10 Julio 2015. [En línea]. Available: http://sci-hub.tw/10.1016/j.techsoc.2015.05.014.

[9] G. Pezzotta, F. Pirola, F. Akasak, C. Sergio, Y. Shimomura y P. Gaiardell, «Science Direct,» Mayo 2013. [En línea]. Available: http://sci-hub.tw/https://doi.org/10.3182/20130522-3-BR-4036.00079.

[10] Real Academia Española, «Real Academia Española,» 2019. [En línea]. Available: https://dle.rae.es/precepto.

[11] Redacción emprendedores, «Emprendedores.es,» 24 Mayo 2019. [En línea]. Available: https://www.emprendedores.es/crear-una-empresa/a69057/que-significa-modelo-de-negocio/.

[12] J. Carazo Alcalde, «Economipedia,» Mayo 2019. [En línea]. Available: https://economipedia.com/definiciones/modelo-canvas.html.

[13] A. Osterwalder y Y. Pigneur, «Convergencia Multimedia,» 2016. [En línea]. Available: http://www.convergenciamultimedial.com/landau/documentos/bibliografia-2016/osterwalder.pdf.

[14] R. Ponce , J. Pacheco y V. R. Castillo , «Universidad Veracruzana,» 10 Julio 2018. [En línea]. Available: https://www.uv.mx/iiesca/files/2019/02/08CA201802.pdf.

[15] Universidad Autónoma de Nuevo León, «UANL,» 2019. [En línea]. Available: https://www.uanl.mx/utilerias/chip/descarga/diagrama_de_flujo.pdf.

[16] R. Kalakota y M. Robinson, Service Blueprint, Boston: Addison-Wesley, 2003.

[17] A. Azevedo y M. Sholihab, «Innovative costing system framework in industrial product-service system environment,» *Procedia Manufacturing ,* pp. 224-230, 2015.

[18] C. Fullana Belda, y E. Urquía Grande, «Encuentros Multidisciplinares,» 2009. [En línea]. Available: http://www.encuentros-multidisciplinares.org/Revistan%C2%BA32/Carmen_Fullana_Belda_y_Elena_Urqu%C3%ADa_Grande.pdf.

Modelo de gestión de la innovación para empresas ecoturísticas

J. Rodríguez Lázaro[1] y M. R. Barradas Martínez[2],
[1]Instituto de Diseño, Universidad Tecnológica de la Mixteca, siac08@yahoo.com.mx
[2]Instituto de Ciencias Sociales y Humanidades, Universidad Tecnológica de la Mixteca, rosario_barma@yahoo.com.mx

***Área de participación**: Ingeniería Administrativa*

Resumen
El presente artículo tiene como objetivo desarrollar un modelo para la Gestión de la innovación en las empresas ecoturísticas. El modelo propuesto se fundamenta en el Modelo Conceptual para la Gestión de la Innovación en el sector servicios y en el Modelo de Gestión de la Innovación de la Fundación COTEC, esta propuesta incluye aspectos relacionados con la gestión integral del negocio y la satisfacción del cliente, como elemento clave, además de las funciones básicas para la gestión de la innovación. Para la validación del modelo se diseñó un cuestionario, el cual se aplicó a un grupo de expertos de cuatro empresas ecoturísticas. Los resultados reflejan que es un modelo claro y conceptualmente accesible; además permite comprender y entender de mejor manera las variables relacionadas con la gestión de la innovación, así como la importancia de la innovación en la generación de valor en este tipo de empresas.

***Palabras clave:** modelo, gestión de la innovación, turismo, empresas ecoturísticas.*

Abstract
This article aims to develop a model for the Management of Innovation in Ecotourism Companies. The proposed model is based on the Conceptual Model for Innovation Management in the Services Sector and the Innovation Management Model of the COTEC Foundation, this proposal includes aspects related to comprehensive business management and customer satisfaction, as a key element, in addition to the basic functions for innovation management. For the validation of the model, a questionnaire was designed, which was applied to a group of experts in four ecotourism companies. The results reflect that it is a clear and conceptually accessible model; It also allows us to understand the variables related to innovation management, as well as the importance of innovation in the generating of value in this type of company.

Introducción
El sector turístico se enfrenta actualmente a un nuevo entorno derivado de las transformaciones propias del entorno actual; este aspecto ha venido a modificar las tendencias del sector, ante las demandas de un mercado que requiere concepciones más personalizadas y flexibles en los productos y servicios ofrecidos. Por lo anterior, las empresas necesitan orientar y centrar su modelo de gestión de negocio en las necesidades de sus clientes que les permitan afrontar los cambios y los retos estratégicos que tienen planteados.

Ante este panorama, es necesario adoptar estrategias que permitan obtener ventajas competitivas sostenibles. De esta manera, si una empresa pretende sobrevivir y prosperar en entornos dinámicos debe renovarse continuamente: un factor que permite a las organizaciones crear valor para sus clientes es la innovación [1]. El sector turismo no es ajeno a esta situación, ante la nueva era basada en el conocimiento, es de vital importancia implementar sistemas de gestión de la innovación.

Entre los países en desarrollo, México se ubica como el séptimo receptor mundial de turismo y ocupa el lugar 15 por ingreso de dividas con 22 mil 500 millones de dólares [2], en general este sector representa la tercera fuente de ingresos del país. Respecto al turismo de naturaleza, en el año 2016 se tenían registradas 1,186 empresas, de las cuales 927 operaron todo el año y 259 sólo operaron

en temporada alta de afluencia de turistas. Lo anterior, ha representado la creación de 8,895 empleos directos en dicho segmento [3]. En los últimos años la actividad turística en comunidades rurales de México se ha incrementado sustancialmente, posicionándolo como una importante fuente generadora de empleos y una oportunidad para mejorar la calidad de las comunidades a través de la creación de negocios desde una perspectiva sustentable [4].

En este contexto, es importante destacar que el término ecoturismo incluye el modelo de desarrollo sustentable, en el que la sociedad demanda un turismo respetuoso con el medio ambiente. De acuerdo con la norma NMX-AA-133-SCFI-2013 el ecoturismo se define como “todas aquellas actividades al aire libre que impliquen esfuerzo físico en algún grado, además de una comunión con la naturaleza a todos los niveles, desde observar detenidamente el paisaje, la flora y la fauna, hasta conocer las costumbres de los pobladores cercanos al sitio, volviéndose, el turista, parte dinámica del entorno sin provocar impactos negativos o contaminantes” [5].

El Manual de Oslo de Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE), señala que la innovación “es la introducción de un nuevo método de comercialización o de un nuevo método organizativo, en las prácticas internas de la empresa, organización del lugar de trabajo o las relaciones exteriores” [6].

Según la OCDE [7] existen tres factores que explican el nivel de innovación en el sector turístico y su patrón temporal: Los factores de oferta, ligados a las necesidades de cualificación, nuevos materiales y formas organizativas. Los cambios en la demanda, emergidos de los cambios en los patrones de consumo y ocio, en la pirámide poblacional y las mayores exigencias de calidad por parte de los consumidores. La presión competitiva. A mayor presión competitiva y, por tanto, mayores posibilidades de imitación más probables serán las innovaciones diferentes a las de producto.

En el Manual de Oslo (OCDE) [6] se plantea que las empresas innovan para mejorar sus resultados, bien aumentando la demanda o bien reduciendo sus costos. Respecto al sector turismo, la incorporación de la innovación supone ventajas competitivas en un mercado cada vez más exigente y cambiante, sin embargo, no es una tarea fácil, a pesar de la importancia que tienen las empresas ecoturísticas en el desarrollo de las comunidades.

El propósito de este trabajo consiste en diseñar un modelo de gestión de la innovación en el sector ecoturístico, existen diversos trabajos enfocados a definir un modelo propio de gestión de innovación para empresas turísticas, aunque no específicamente para empresas ecoturísticas. Para alcanzar este propósito se revisa la literatura existente sobre modelos de gestión de la innovación, se presenta la propuesta de un modelo de gestión de la innovación para empresas ecoturísticas y finalmente se presentan las conclusiones y recomendaciones.

Gestión de la innovación en las empresas

La gestión de la innovación es el proceso de organizar y dirigir los recursos humanos, materiales, financieros y tecnológicos de la organización, con la finalidad de aumentar la creación de nuevos conocimientos, generar ideas que permitan desarrollar nuevos productos, procesos y servicios o mejorar los ya existentes, y transferir ese conocimiento a todas las áreas de actividad de la organización.

En este apartado se analizan algunos modelos de gestión de la innovación que han propuesto diversos autores. En esta categoría de análisis se presentan las variables que integran cada modelo, así como los resultados obtenidos de cada investigación.

Sundbo [8] señala que la gestión y organización del proceso de innovación en las empresas de servicios, es una tarea estratégica; la estrategia establece el marco dentro del cual las innovaciones deben ser desarrolladas y la alta dirección guía el proceso de innovación donde muchas personas y departamentos están involucrados, generando un amplio proceso de organización. Asimismo, refiere que el proceso de innovación sigue un modelo con las siguientes fases: 1) generación de idea, 2) La transformación en un proyecto de innovación, 3) Desarrollo y 4) Aplicación.

La Fundación COTEC para la Innovación Tecnológica [9] propone un modelo de gestión de la innovación, estructurado en cinco fases o funciones fundamentales: 1) Vigilar. Exploración continúa del entorno (interno y externo) para identificar y procesar las señales o indicios de una innovación potencial (necesidades, oportunidades que surgen de la investigación, cambios legislativos, comportamientos de competidores,); 2) Focalizar. Desarrollo de una respuesta estratégica que ofrece las mayores posibilidades de obtener una ventaja competitiva; 3) Capacitar. Elegida una opción, disponer del conocimiento y dedicar los recursos necesarios para ponerla en práctica; 4) Implantar la innovación. Partiendo de la idea y siguiendo las distintas fases de desarrollo hasta su lanzamiento; y 5) Aprender. Reflexionar sobre los elementos anteriores y revisar las experiencias de éxito y fracaso. Este modelo pone especial énfasis en el conocimiento del entorno y en la capacidad de aprendizaje de la organización.

Hjalager [10] propone un modelo de innovación turística basado en el modelo de Abernathy y Clark, en este integra cuatro tipos de innovaciones: regulares, de nicho, revolucionarias y de arquitectura. Las *innovaciones regulares* son aquellas que a corto plazo generan efectos limitados tanto en el sector, como en la forma en que éste se relaciona con sus clientes; Las *innovaciones de arquitectura*, estas no sólo implican cambios en el sector sino también en la relación con los clientes; Las *innovaciones de nicho* alteran las estructuras del mercado, pero sin alterar conocimientos y competencias; y Las *innovaciones revolucionarias* alteran conocimientos y competencias de modo radical, pero manteniendo la relación con los clientes.

Hamel [11] sostiene que una innovación de gestión crea una ventaja duradera cuando cumple una o más de tres condiciones: la innovación se basa en un principio novedoso que desafía las ortodoxias de gestión; es sistémica, abarcando una gama de procesos y métodos; y es parte de un programa continuo de invención, donde el progreso se incrementa con el tiempo. Una innovación de gestión puede ser definida como un marcado alejamiento de los principios, procesos y prácticas tradicionales de gestión o como un alejamiento de las formas organizacionales acostumbradas que altera significativamente la forma en que se realiza el trabajo de gestión. Señala como procesos de gestión de una empresa la planificación estratégica, el presupuesto de capital, la gestión de proyectos, la contratación y promoción, la evaluación de empleados, el desarrollo ejecutivo, las comunicaciones internas y la gestión del conocimiento.

Arzola y Mejías [12] proponen un modelo que contempla siete dimensiones necesarias para la gestión de la función de innovación en las empresas en el sector servicios: Liderazgo, Planificación Estratégica, Competencias del Recurso Humano, Procesos, Organización, Satisfacción de Clientes y Responsabilidad Social. El origen conceptual de este modelo se enmarca en las características de las empresas del sector servicios, los modelos de excelencia empresarial, las herramientas para medir la innovación y la calidad de servicio.

Baena, Gutiérrez, Gutiérrez y Trujillo [13] proponen un modelo que se compone de siete criterios. Los dos primeros parten de la necesidad de adquirir una cultura innovadora que proporcione a la organización, el entorno y los medios necesarios para llevar a cabo las actividades incluidas en los siguientes criterios, denominados actividades de innovación, y que se refieren a lo que hace la organización en materia de innovación y los recursos que a ello destina. El último criterio se refiere a los resultados generados con estas actividades, que dan lugar al desarrollo o mejora de nuevos productos, procesos o servicios, y a la generación de valor en la organización que repercuten en su cultura y estrategia. La naturaleza de este modelo es cíclica, y sirve de referencia para que las empresas realicen una autoevaluación en su nivel de gestión de la innovación, así como para identificar sus fortalezas y oportunidades de mejora en este ámbito.

Dentro de los elementos y componentes más relevantes de cada modelo, es posible identificar que varios autores coinciden en que para implementar con éxito la innovación en las empresas, es necesario gestionar la innovación de manera sistematizada.

Metodología

Esta investigación se caracteriza por tener un enfoque cualitativo, dado que no se pretende medir ni asociar cálculos numéricos en el modelo propuesto; se considera como elemento de salida la satisfacción del cliente, la cual se puede medir a través de una encuesta de salida; es descriptiva porque se recopiló información para integrar una descripción sobre los modelos de gestión de innovación en las empresas ecoturísticas.

Para desarrollar el Modelo de Gestión de la Innovación en empresas ecoturísticas, primeramente se realizó un análisis de las bases teóricas relacionadas con el tema; el hallazgo más relevante fue la escasa literatura al respecto. Posteriormente se analizaron los modelos de gestión de la innovación, los cuales en su mayoría se dedican al sector manufacturero [8, 12, 14]. A partir de la identificación de las variables en cada uno de los modelos del sector servicios se realizó la propuesta.

Este modelo responde a la necesidad de contar con un modelo de gestión de la innovación para las empresas ecoturísticas; incluye los aspectos referidos a la gestión integral del negocio y a la satisfacción al cliente, como elemento clave en este tipo de empresas.

En la figura 1 se presenta la propuesta del modelo, el cual se basa en el Modelo Conceptual para la Gestión de la Innovación en el Sector Servicios, propuesto por Arzola y Mejías [12] y en el Modelo de Gestión de la Innovación de la Fundación COTEC [9].

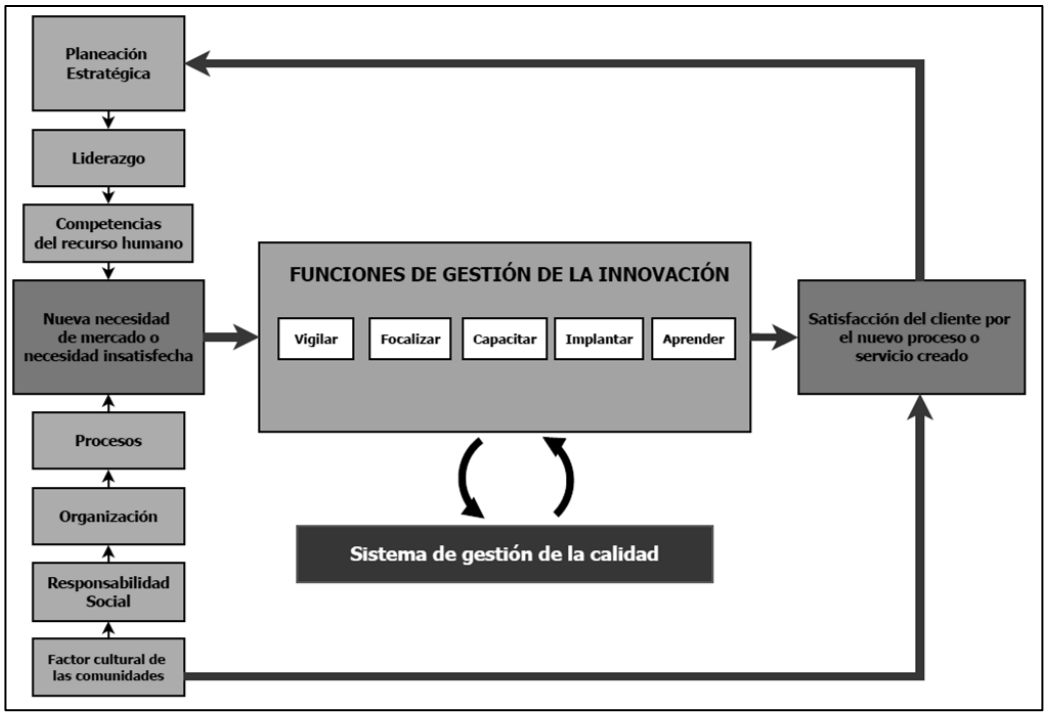


Figura 1. Modelo de Gestión para la Innovación en empresas Ecoturísticas

Las diferencias entre el modelo de Arzola y Mejías [12] y esta propuesta, es la integración de las funciones básicas de la gestión de la innovación planteadas por la Fundación COTEC. Como elemento distintivo de este modelo se integra el factor cultural, debido a que en las empresas ecoturísticas las costumbres, gastronomía, artesanías y estilo de vida de las comunidades forman parte de su ventaja competitiva, además del entorno natural en el cual se encuentran emplazados los proyectos.

Las dimensiones del modelo son: el enfoque de Planeación Estratégica, una herramienta gerencial que permite reaccionar oportunamente ante los cambios; dirige el desarrollo de las empresas

enfatizando en el conocimiento y uso adecuado de las capacidades internas, considerando las oportunidades y amenazas del entorno para formular las estrategias a seguir. Las variables en esta dimensión están relacionadas con la innovación como elemento indispensable en la formulación de la visión, misión, estrategias, mejoramiento continuo, recursos invertidos en innovación, activos de propiedad intelectual, inversión en formación de personal, vigilancia y plan de desarrollo tecnológico. El Liderazgo de innovación, se refiere a la importancia de ejercer acciones de liderazgo adecuadas, que fomenten la ejecución de acciones innovadoras en el sector servicios. Las variables consideradas en esta dimensión son el ejercicio de autoridad, responsabilidad, motivación, toma de decisiones y mecanismos para fomentar la innovación.

Competencias del recurso humano, son los conocimientos, habilidades y formación del personal necesarios para que el servicio ocurra en la calidad y oportunidad esperada por el cliente. Las variables que integran esta dimensión son: formación, capacitación, participación en programas de mejoras e innovación, creatividad, trabajo en equipo, motivación, recompensas, sistema de gestión de recursos humanos y las fuentes de aprendizaje tecnológico.

La dimensión Procesos se refiere a la medición de los aspectos asociados con la infraestructura de los procesos necesarios para la prestación del servicio de calidad. Las variables son, tecnología utilizada, documentación, certificación y mejora continua.

La dimensión Organización es considerada, debido a que en el sector servicios existe un predominio de la innovación organizacional. De acuerdo con Hamel [15], este tipo se refiere a la capacidad de idear conceptos de negocio radicalmente distintos o nuevas formas de diferenciar los existentes en las organizaciones. La innovación de tipo organizacional es la búsqueda de nuevos diseños organizacionales alterando las estructuras internas de la organización e implica además cambiar los límites entre la organización y el mercado [16]. Las variables asociadas son, estructura organizativa, manuales, normas, procedimientos, sistemas de información, seguimiento y control, ambiente de trabajo adecuado y la incorporación de mejoras en estos ítems en los últimos años.

La responsabilidad social es necesaria para cumplir con los *stakeholders*. Las variables que caracterizan esta dimensión son, crecimiento en rentabilidad, continuamente ofrecer nuevos productos y servicios, acciones para preservar el ambiente y acciones sociales que beneficien a la comunidad.

Los elementos del proceso de gestión de la innovación según COTEC son: Vigilar. Consiste en realizar una exploración continua del entorno (interno y externo) para identificar y procesar las señales o indicios de una innovación potencial (necesidades, oportunidades que surgen de la investigación, cambios legislativos y comportamientos de competidores). Focalizar. Es el desarrollo de una respuesta estratégica que ofrece las mayores posibilidades de obtener una ventaja competitiva. Capacitar. Al elegir una opción es necesario disponer del conocimiento y dedicar los recursos necesarios para ponerla en práctica. Implantar. Partiendo de la idea y siguiendo las distintas fases de desarrollo hasta su lanzamiento. Aprender. Reflexionar sobre los elementos anteriores y revisar las experiencias de éxito y fracaso (captar el conocimiento derivado de la experiencia).

La satisfacción del cliente se refiere al conjunto de variables vinculadas a la innovación del servicio y a la percepción que tiene el cliente el servicio recibido. Las variables consideradas son, frecuencia en la incorporación de nuevos servicios, percepción del cliente, satisfacción, necesidades, calidad de servicios, quejas y reclamos.

Partiendo del planteamiento anterior, el Modelo de Gestión de la Innovación para las Empresas Ecoturísticas se fundamenta en las dimensiones necesarias para la gestión de la innovación en las empresas del sector servicios, así como en las variables básicas para la gestión en la innovación, planteadas por COTEC. En esta propuesta se considera como elemento de salida la satisfacción del cliente, debido a que en las empresas del sector servicios esto es factor de suma importancia. Asimismo, consideramos que en este tipo de empresas una dimensión fundamental es el factor

cultural, como fuente de ventaja competitiva; ésta dimensión genera valor de manera directa en la satisfacción de los clientes que hacen uso de los servicios de este sector.

Resultados y discusión

Con la finalidad de validar el modelo propuesto se diseñó un cuestionario, el cual fue aplicado a 15 expertos de 4 empresas ecoturísticas. El instrumento se integró con 14 preguntas, dividido en dos partes: la primera considera las dimensiones del modelo y la segunda aspectos relacionados con la satisfacción del cliente. Para los ítems se utilizó una escala de Likert de cinco puntos; donde 1=Totalmente en desacuerdo, 2=Desacuerdo, 3=Neutral, 4=De acuerdo y 5=Totalmente de acuerdo.

Los principales hallazgos que se presentan en este apartado son los siguientes:
La tabla 2 muestra la media muestral del grupo, que representa la tendencia hacia la cual se agrupan las respuestas de los expertos. La desviación estándar calculada nos indica que una menor desviación es igual a la menor dispersión o variabilidad de las respuestas de los expertos. Los datos con menor desviación son más homogéneos, más similares con la distribución de frecuencias y la respuesta individual del experto. Lo que permite establecer un consenso a partir de las respuestas obtenidas por los expertos.

	Med	Sx	1	2	3	4	5	N
MODELO								
P1. Modelo	4.733	0.442	0%	0%	0%	27%	73%	15
P2. Liderazgo	4.667	0.596	0%	0%	7%	20%	73%	15
P3. P. Estratégica	4.667	0.596	0%	0%	7%	20%	73%	15
P4. R. Humanos	4.667	0.471	0%	0%	0%	33%	67%	15
P5. Organización	4.667	0.596	0%	0%	7%	20%	73%	15
P6. Procesos	4.733	0.442	0%	0%	0%	27%	73%	15
P7. R. Social	4.933	0.249	0%	0%	0%	7%	93%	15
P8. Factor cultural	4.933	0.249	0%	0%	0%	7%	93%	15
P9. Respuesta cambios	4.600	0.611	0%	0%	7%	27%	67%	15
P10. Comunicación dimensiones	4.733	0.442	0%	0%	0%	27%	73%	15
SATISFACCIÓN DEL CLIENTE								
P11. Incremento	4.933	0.249	0%	0%	0%	7%	93%	15
P12. Vinculación	3.000	0.894	0%	40%	20%	40%	0%	15
P13. Desarrollo	4.867	0.340	0%	0%	0%	13%	87%	15
P14. Innovación servicios	4.733	0.573	0%	0%	7%	13%	80%	15

Tabla 1. Estadístico descriptivo que muestra la tendencia de las respuestas de los expertos.

Por la opinión de los expertos que participaron en el proceso, la propuesta resulta ser clara y conceptualmente accesible. Permite comprender de mejor manera las variables relacionadas con la gestión de la innovación y la importancia de vincular la innovación con los nuevos servicios implementados.

El desarrollo del modelo resultó congruente con las actividades que realizan las empresas del sector ecoturístico. Los expertos además identificaron que la innovación es un medio que fortalece la ejecución de la estrategia organizacional.

Respecto a los elementos que componen el modelo de gestión de la innovación, los expertos señalan que son claros, aunque consideran que en la parte de responsabilidad social, este tipo de empresas por su naturaleza son amigables con el medio ambiente y contribuyen con el desarrollo económico del lugar en donde se establecen, ya que generan empleos con influencia local, aunado a que los socios de las empresas son miembros de la comunidad.

Otro aspecto a destacar es el hecho que los expertos reconocen que sus empresas no están lo suficientemente preparadas para desarrollar procesos innovadores en sus áreas funcionales y consideran que debe fomentarse y reforzarse un estilo de liderazgo innovador. En el mismo sentido señalaron la necesidad de romper paradigmas antes de iniciar con el desarrollo de procesos de innovación en los servicios que se ofrecen a los clientes.

Los expertos refieren que con la aplicación del modelo es probable que se logre un incremento de la satisfacción del cliente, debido a que las dimensiones contempladas en la propuesta contribuirán a la mejora continua de las empresas de este sector. En el mismo sentido, consideran que el cliente debe ser el centro de todas aquellas actividades que se realizan al interior y exterior de la empresa.

Trabajo a futuro

El modelo de gestión de la innovación deberá ser aplicado en empresas ecoturísticas para validar su pertinencia en un entorno real. Debido a que la mayoría de los proyectos ecoturísticos se desarrollan en comunidades rurales, sus procesos de planeación estratégica deberán ser abordados desde una perspectiva sistémica.

La implementación del modelo en un entorno real permitirá identificar a detalle cada uno de los factores que intervienen en las dimensiones propuestas en el modelo de gestión y que debieran ser considerados como elementos fundamentales para fortalecer la implementación exitosa del mismo.

Deben definirse los elementos y establecer criterios puntuales a partir de los cuales se desarrollen los planes estratégicos necesarios para la correcta gestión de la innovación en empresas ecoturísticas.

Es evidente la necesidad que tienen las organizaciones analizadas de apoyo profesional relacionado no sólo con el ámbito administrativo, sino también en lo referente al desarrollo de proyectos integrales de ingeniería acordes al concepto del proyecto y a las necesidades específicas de los usuarios.

Conclusiones

Las empresas deben generar procesos de innovación para mejorar sus resultados en el marco de un entorno económico mundial complicado que prevalece en los tiempos actuales. El sector ecoturístico no es ajeno a esta demanda, la incorporación de un Modelo de gestión de la innovación genera ventajas competitivas en un mercado cada vez más exigente y cambiante, sin embargo, es una tarea difícil que requiere ser ampliamente estudiada e implementada debido a la importancia que tienen las empresas ecoturísticas en el desarrollo económico de las comunidades.

Los modelos de gestión de la innovación identificados para empresas de servicios, se enfocan al sector financiero u hotelero, sin embargo, no se adaptan a las empresas ecoturísticas, porque en este tipo de empresas el turista constituye un elemento dinámico del entorno y los factores culturales de la comunidad en donde se emplaza el proyecto forman parte de su ventaja competitiva. La propuesta por tanto, se orienta a la gestión integral del negocio enfocada a la satisfacción al cliente, e incluye las funciones básicas de gestión de la innovación.

El Modelo propuesto contribuye a la comprensión y evaluación de las funciones básicas de la gestión de la innovación, particularmente en empresas ecoturísticas donde la innovación debe considerarse como una tarea estratégica, alineada siempre con sus objetivos organizacionales. En el mismo sentido, es de vital importancia que la innovación sea considerada como elemento indispensable en la formulación de la visión, misión, estrategias y los procesos de mejora continua.

El Modelo responde a las necesidades de gestión de la innovación que demandan este tipo de empresas y propone las dimensiones que deben ser consideradas para gestionarla; dado que la innovación por sí sola no produce valor en una organización, para lograr un aporte exitoso de la misma, deberá existir una sistematización de los procesos desarrollados para la gestión de la innovación.

En las empresas ecoturísticas las dimensiones propuestas en el modelo deben interactuar simultáneamente, además de estar vinculadas a las funciones básicas de gestión de la innovación, enfocadas a satisfacer las necesidades de los clientes. En este sentido, es fundamental que los directivos rompan sus paradigmas y ejerzan acciones de liderazgo orientadas a fomentar acciones innovadoras entre todos los miembros de la organización.

Para contrastar los retos que enfrentan las empresas ecoturísticas, es necesario considerar la gestión de la innovación desde un punto de vista sistémico y es fundamental incorporar servicios novedosos orientados a satisfacer las necesidades de los clientes. Lo anterior coincide con lo expresado con Hamel, [11] quien señala que una innovación de gestión podrá crear una ventaja sostenible siempre y cuando cumpla una o más de tres condiciones: la innovación implementada está basada en un principio original que rompe los dogmas de la gestión; tiene un enfoque sistémico, integra una serie de procesos y métodos; y está englobada en un programa continuo de invención, que se manifiesta en un incremento de los indicadores de progreso y crecimiento a través del tiempo.

Referencias

[1] M. Delgado, J. Navas, G. De Castro y P. López (2008). Propuesta de un Modelo Teórico sobre el Proceso de Innovación Tecnológica Basado en los Activos Intangibles. *Cuadernos de Estudios Empresariales*, *18*, 203-227. Recuperado de: http://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=3083728.

[2] Secretaría de Turismo. Comunicado de Prensa. Estrategia Nacional De Turismo 2019-2024. SECTUR. 2019. Recuperado de: https://www.gob.mx/sectur/prensa/estrategia-nacional-de-turismo-2019-2024-tendra-un-sentido-democratico-miguel-torruco.

[3] Secretaría de Turismo. Turismo de Naturaleza. Dirección general de Innovación del Producto Turístico, SECTUR. 2016.

[4] Flores, N. Turismo rural, una opción sustentable para las comunidades (II). El Economista. 2018. Disponible en: Turismo rural, una opción sustentable para las comunidades (II)

[5] Secretaría de Economía. Norma Mexicana NMX-AA-133-SCFI-2013 Requisitos y especificaciones de sustentabilidad del ecoturismo. Dirección General de Normas de la Secretaría de Economía. SE. 2014.

[6] Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico. Oslo Manual: Guidelines for Collecting and Interpreting Innovation Data. OECD European Communities, 2005.

[7] J. Pulido, “Turismo, universidad, conocimiento y empresa: ¿Mundos aislados?” *Revista de Análisis Turístico*, no. 6, pp. 66-75, 2008.

[8] J. Sundbo, “Management of Innovation in Services”, *The Service Industries Journal*, vol. 17, no. 3, pp. 432-455, 1997.

[9] Fundación COTEC para la Innovación Tecnológica. Informes sobre el Sistema Español de Innovación. Gestión de la Innovación y la Tecnología en la Empresa. Recuperado de: http://www.cotec.es/index.jsp?seccion=8&id=200505100007, 2001.

[10] A. Hjalager, “Repairing innovation defectiveness in tourism”, *Tourism Management*, no. 23, pp. 464-474, 2002.

[11] G. Hamel, “The Why, What, and How of Management Innovation”, *Harvard Business Review,* vol. February, pp. 1-12, 2006.

[12] M. Arzola y A. Mejías, “Modelo conceptual para gestionar la innovación en las empresas sector servicios”, *Revista Venezolana de Gerencia*, vol. 12, no. 37, pp. 80-98, 2007.

[13] C. Baena, L. Gutiérrez Del Pozo, E. Gutiérrez y M. Trujillo, Guía para la Autoevaluación de la Gestión de la Innovación Empresarial. Centro Andaluz para la Excelencia en la Gestión. Instituto Andaluz de Tecnología, 2009.

[14] S. Antón y J. Duro, Competitividad y sistemas de innovación territorial en turismo. CATEDRA INNOVA -Working Papers, 2009.

[15] G. Hamel, *Liderando la revolución*. Bogotá. Ediciones Norma, 2001.

[16] L. Arraut, “La Innovación de Tipo Organizacional en las Empresas Manufactureras de Cartagena de Indias”, *Semestre Económico*, vol. 11, no. 22, pp 185-203, 2008.

 ISSN 2007-8102

Modelos de movilidad académica en el CUMex Centro Occidente enfoques en la praxis

O. Mares Bañuelos[*1], A. Arcega Ponce[1], E. Macías Calleros[1],*
A. Cárdenas Villalpando, J. Larios Montelongo[1]
[1]Facultad de Contabilidad y Administración de Tecomán, Universidad de Colima, Carretera Colima-Manzanillo Kilómetro 40, Col. La Estación, C. P. 28934, Tecomán, Col., México.

*oscar_mares@ucol.mx
***Área de participación**: Ingeniería Administrativa*

Resumen

La investigación versa sobre los Procesos de Movilidad Académicos (PMA), para lo cual se practicó un análisis comparativo mediante un procedimiento sistemático de contrastación entre PMA de CUMex para la región Centro Occidente. El objetivo radica es descubrir y analizar los diferentes esquemas de los mecanismos de gestión en los programas de movilidad académica mediante un sustento de argumentación documental basada en fuentes documentales oficiales y de primera mano, provenientes de las Instituciones de Educación Superior (IES) del CUMex. Entre los resultados destacan los diferentes requisitos, proceso, destinos, becas y costos, datos que permiten evaluar con conocimiento de causa, dichos procesos de PMA.

Palabras clave: *Movilidad académica, IES, CUMex, Gestión*.

Abstract

The research deals with Academic Mobility Processes (PMA), for which a comparative analysis was carried out using a systematic contrast procedure between PMA of CUMex for the Central-Western region. The objective is to discover and analyze the different schemes of management mechanisms in academic mobility programs by supporting documentary argumentation based on official and first-hand documentary sources, from CUMex Institutions of Higher Education (IES). Among the results, the different requirements, process, destinations, scholarships and costs stand out, data that allow evaluating said PMA processes.

Key words: *Academic mobility, IES, CUMex, Management.*

Introducción

El término de movilidad académica ha ido aumentando con el paso de los años, ha existido desde épocas anteriores, pero se puede situar el surgimiento de intercambio académico en la actualidad con el nacimiento de la globalización, fenómeno el cual trajo consigo la movilidad de las economías, de las culturas, de las ideologías y consecuentemente de las personas. Di Lorenzo [1] menciona que la movilidad internacional de estudiantes es un fenómeno mundial con antigüedad, cuyo origen se remonta al siglo XV, pero ha sido en las últimas décadas del siglo XX donde se ha intensificado y se ha comenzado a ser considerada como uno de los procesos más importantes en la educación de Bachillerato. Según el Centro Interuniversitario de Desarrollo en su informe anual 2005 [14], para la mayoría de los alumnos tener una experiencia de formación en otra entidad diferente a la ciudad de residencia, el relacionarse con alumnos, docentes e investigadores de otras áreas académicas y tener la oportunidad de cursar asignaturas diferentes a las que ofrece su institución educativa constituye un aporte positivo en su formación, así como también fortalece y enriquece su cultura tanto personal como académica.

La movilidad académica, en general, es resultado de la cooperación entre distintas instancias gubernamentales y educativas, asociaciones profesionales, representantes del sector productivo y organismos de diversa índole con una manifiesta preocupación por la educación terciaria, “se define como el proceso mediante el cual un estudiante cursa una parte de su programa de estudios, -uno o dos semestres académicos-, en una institución distinta a la de origen, con reconocimiento de créditos y en el marco de un convenio.” Dirección General de Relaciones Internacionales [2].

Se dice que la movilidad académica permite incrementar la calidad de los programas de estudio en los cuales participan los estudiantes y profesores, conocer otros modelos de enseñanza-aprendizaje y desarrollar competencias interculturales y globales, esta se conoce como el desplazamiento de estudiantes hacia otros escenarios de aprendizaje, y aunque el objetivo es cursar por un período escolar sus estudios con el propósito de lograr un aprendizaje de alto nivel, también se fomenta el desarrollo de habilidades intrapersonales, sociales y el enriquecimiento cultural Santiago Ruiz, Amada de los Ángeles, & García Rodríguez, José Félix, & Santiago, Pedro Ramón [3].
Desde que se firmaron los tratados de Bolonia en 1998, se persiguió el deseo de configurar una integración alrededor del conocimiento, que promoviera la movilidad estudiantil entre universidades. La movilidad académica permite incrementar la calidad de los programas de estudio en los que participan los estudiantes y profesores, conocer otros modelos de enseñanza-aprendizaje y desarrollar competencias interculturales y globales. El Programa de Movilidad Estudiantil es parte de los procesos de cooperación nacional e internacional entre la Universidad de Colima y otras instituciones de educación superior de México y del extranjero, este se define como el proceso mediante el cual un estudiante cursa una parte de su programa de estudios (uno o dos semestres académicos) en una institución distinta a la de origen, contando con reconocimiento de créditos y en el marco de un convenio. Otras modalidades de movilidad estudiantil se facilitan mediante el programa de Verano de Investigación Científica y las ayudas para difundir los resultados de proyectos de investigación científica, tanto en los niveles de pregrado como en los de posgrado como lo describe [2]

Planteamiento del problema

La movilidad académica en contextos institucionalizados ha intentado mejorar los índices de estudiantes que realizan una movilidad dentro o fuera del país. Sin embargo, en los últimos años la movilidad académica no ha tenido incremento en varias universidades, lo cual no es ajeno a nuestra propia DES Facultad de Administración y Contabilidad de Tecomán de la Universidad de Colima (tasa menor al 10%). La presente investigación analiza las IES que se encuentran afiliadas a las ANUIES y de estas las que se han incorporado al consorcio del CUMex, pues la Universidad de Colima forma parte de esta comunidad académica, y al ser México un país perteneciente a la OCDE en los cuales se evalúan programas como PiSA, mecanismos de lecto-escritura y otros relacionados con la movilidad y experiencias de formación integral, entre ellos la de intercambio pluricultural como lo proponen los programas de movilidad en su visión en varias universidades en Latinoamérica y el mundo, programas en los cuales México no figura en los primeros puestos. Por el contexto citado anteriormente, el presente estudio analiza los procesos administrativos de los programas de movilidad (PMA) de las IES pertenecientes al CUMex, para de esta manera contar con elementos de juicio para evaluar la eficiencia y la propia concepción de estos mecanismos de formación integral en los estudiantes que forman parte de estas comunidades académicas. El problema se aborda con cinco universidades de la región Centro Occidente por ser de interés a la investigación debido a que la Universidad de Colima [2] es parte de ella.

Pregunta de investigación

¿Qué factores significativos aplican en los procesos administrativos de los programas de movilidad de las universidades integrantes del Consorcio de Universidades Mexicanas (CUMex) de la región Centro Occidente?

Objetivo general

La presente investigación realiza un análisis comparativo de los procesos administrativos de los programas de movilidad (PMA) del año 2019-2020 de las universidades que integran el Consorcio de Universidades Mexicanas (de los cuales se muestran resultados parciales y no de manera extensiva en el presente documento). Se ha practicado una encuesta aplicada vía telefónica con las Direcciones de Relaciones Internacionales de cada Universidad implicada en este trabajo.

Revisión literaria

Visión contemporánea para las IES del país

La educación es uno de los principales instrumentos para impulsar el progreso económico y social; por ello, las sociedades deben asegurar oportunidades de estudios de buena calidad a todos los habitantes. La exclusión del acceso a las universidades frena la competitividad al inhibir la formación de recursos humanos que bajo

otras circunstancias impulsarían la productividad laboral, la disponibilidad de cuadros técnicos e ingenieros, el stock de personal científico y los procesos de innovación tecnológica (Delors, 1996).
Sin embargo, para que un sistema de educación superior (SES) contribuya con todo su potencial al progreso de la sociedad, debe proporcionar espacios a los jóvenes que demandan estudios, así como ofertar una educación de buena calidad que garantice que se incorporen exitosamente los egresados al mercado laboral y, en el caso de los egresados de doctorado, a las actividades de investigación y desarrollo tecnológico.
La magnitud de recursos que una nación invierte en educación guarda un vínculo estrecho con la prioridad que la sociedad le asigna en su proyecto de desarrollo y con la rentabilidad social relativa frente a la atención de otras necesidades de la comunidad. Al definir prioridades las naciones deciden no sólo cuánta inversión destinan a este sector, sino también qué niveles escolares se privilegian considerando la disponibilidad de recursos, las expectativas de las familias y las externalidades sociales Mendoza, A. [4].

En la actualidad el SES de México enfrenta grandes desafíos:

1. Existe un rezago en cobertura que deja sin acceso a cerca de 70% de la población en edad de estudiar, gran parte de la cual se concentra en los grupos sociales de menores ingresos.
2. La eficiencia terminal sigue siendo baja según un estudio realizado por la SEP (2012b), en donde se calcula que es de apenas 57.2% como promedio nacional y fluctúa entre 11.2 y 62.9% en las IES públicas, dependiendo del subsistema, y 90% en las IES privadas.
3. Los estudiantes buscan experimentar la movilidad en una unidad receptora que fortalezca sus conocimientos, y dé peso a su currículum profesional.
4. Los estudiantes comparan sus conocimientos y desarrollan otras habilidades con las que antes no contaban.
5. Los estudiantes aprecian la interculturalidad de los docentes y la visión mundial que de ellos adquieren.
6. Los estudiantes valoran el uso de herramientas tecnológicas con las que se encuentra en la unidad receptora

Erasmus Mundus: Espacio Europeo de Educación Superior

El comunicado de Leuven formula el objetivo de que para el año 2020 al menos un 20 por ciento de los graduados europeos del Espacio Europeo de Educación Superior (que incluye los ya 47 países firmantes) deben haber realizado una estancia de estudios o de prácticas en el extranjero. Al mismo tiempo, se encargó a la Comisión Europea [10] el establecimiento de un benchmarking para el final del año 2010, de forma que este objetivo se pueda hacer realidad. En este sentido, desde la Comisión Europea [10] se lanzó una consulta pública “denominada Green Paper on the Learning Mobility of Young People” en la que los ciudadanos e instituciones aportaron sus ideas y explicaron cuáles son los principales problemas para la movilidad internacional.
En 2004, la Unión Europea puso en marcha la versión internacional de su exitoso programa Erasmus, el llamado Erasmus Mundus que promueve la creación de másteres y doctorados conjuntos en los cuales las instituciones no europeas pueden participar como socios de pleno derecho. Destaca especialmente la participación de los estudiantes mexicanos en el programa: 342 mexicanos han sido seleccionados en las siete convocatorias anuales hasta el año 2010, siendo el sexto país con mayor participación después de la India, China, Brasil, Etiopía y Rusia, y por delante de los Estados Unidos. La tasa de éxito de los estudiantes mexicanos en este programa tan competitivo fue de más de 15 por ciento para el curso académico 2010-2011, muy por encima de la media de 6.3 por ciento para el conjunto del mundo.

Factores geo económicos en la movilidad académica de Argentina, Brasil, Chile, Colombia, México y Perú

Características generales:

1. México es el país con más estabilidad económica pesar de los problemas en su balanza de pagos.
2. En tanto Perú avanza con la aplicación de nuevas políticas, con un crecimiento rápido y un INPC muy bajo.
3. Colombia es el país que mayor crecimiento tuvo y el que más disminuyo su saldo en la balanza comercial, aspectos importantes para su economía, por lo que se espera que en pocos años pueda estar al nivel de las economías fuertes de América Latina [9].
4. Brasil no creció, sin embargo, sus políticas implementadas fueron buenas y se espera que en el futuro tengan mejores resultados sostenidos.

5. Respecto a Argentina [1], ésta tuvo que sortear una serie de dificultades y su economía comenzó a tener mejor ritmo, de tal forma que se espera que su tasa de inflación disminuya en breve. Chile [11], por su parte, mantuvo equilibrio constante en su economía tanto en la balanza de pagos como en el crecimiento del PIB, con beneficio para el desarrollo económico del país.

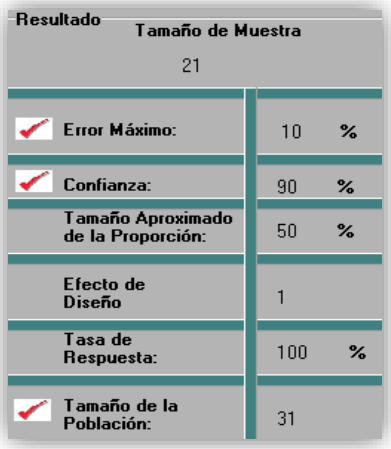
Metodología

La presente investigación se desarrolló mediante un Método de Análisis Comparativo el cual se seleccionó dado que el objetivo es descubrir y analizar los diferentes esquemas de los mecanismos de gestión en los programas de movilidad académica (PMA), el cual llevó a cabo mediante un sustento de argumentación documental basada en fuentes primarias y entrevistas de primera mano, realizadas a las diferentes instancias de gestión de los programas de movilidad académica constituidas en las Instituciones de Educación Superior (IES) del Consorcio de Universidades Mexicanas (CUMex). Para poder entender el objetivo de esta investigación se deben conocer los conceptos básicos que se manejan en esta metodología. La investigación documental es un procedimiento científico, un proceso sistemático de indagación, recolección, organización, análisis e interpretación de información o datos en torno a un determinado tema. Al igual que otros tipos de investigación, éste es conducente a la construcción de conocimientos. Se utilizó Análisis comparativo como procedimiento sistemático de contrastación de uno o más fenómenos (o variables), con el objetivo de establecer similitudes y diferencias entre ellos. Como resultado se han conseguido datos para evaluar de manera objetiva los PMA de las IES pertenecientes al CUMex Centro Occidente.

Proceso de obtención de la muestra poblacional

La población considerada en la investigación está conformada por el Consorcio de Universidades Mexicanas CUMex, la cual cuenta con un total de 31 universidades inscritas en su padrón, mediante técnicas de muestreo no probabilístico y selección aleatoria simple, de las cuales se han tomado solamente las pertenecientes a la región Centro Occidente, Universidad Autónoma de Aguascalientes (UAA), Universidad de Colima (UdeC), Universidad de Guanajuato (UGTO), Universidad de Guadalajara (UDG) y la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo (UMSNH), por ser de interés a esta investigación en la que participa la Universidad de Colima, es decir 5 de 21 debido a lo expuesto en el planteamiento del problema. Z = es el valor obtenido mediante niveles de confianza. Su valor es una constante, por lo general se tienen dos valores dependiendo el grado de confianza que se desee siendo 99% el valor más alto (este valor equivale a 2.58) y 95% (1.96) el valor mínimo aceptado para considerar la investigación como confiable, en el caso del estudio 90% con 1.65. e = representa el límite aceptable de error muestral, generalmente va del 1% (0.01) al 9% (0.09), siendo 5% (0.05) el valor estándar usado en las investigaciones, para el estudio sería de 10% considerando (0.1).

Figura 1: Resultado tamaño muestra



Fuente: Consulta Mitofsky 2019



Figura 3: Región Centro Occidente del CUMex: UAA, UdeC, UGTO, UDG y UMSNH, quienes conforman la muestra población del presente análisis en sus PMA.

Figura 2: Formula población

$$n = \frac{N \cdot Z^2 \cdot \sigma^2}{(N-1) \cdot e^2 + Z^2 \cdot \sigma^2}$$

Fuente: https://www.universoformulas.com/estadistica/descriptiva/tamano-muestra/

$$n = \frac{31 \cdot 1.65^2 \cdot 0.5^2}{(31-1) \cdot 0.1^2 + 1.65^2 \cdot 0.5^2} = 21.5163$$

Instrumento

Para la obtención de resultados de nuestra investigación se han realizado entrevistas a las diferentes direcciones de movilidad de las universidades seleccionadas de la región Centro Occidente. La concepción del instrumento recoge en esencia, datos vitales sobre las siguientes interrogantes:

1.	**¿Cuáles son los requisitos para poder realizar una movilidad académica?**
2.	**¿Cuál es el proceso que realiza el estudiante para poder realizar una movilidad académica?**
3.	**¿Cuáles son las carreras que realizan más movilidad académica?**
4.	**¿Qué carreras se ofertan para realizar una movilidad académica en el territorio nacional o en el extranjero?**
5.	**¿Qué apoyos otorga la institución a los estudiantes para realizar una movilidad académica?**
6.	**¿Cuentan con apoyos externos de movilidad para que los estudiantes puedan aplicar a ellos?**
7.	**¿Cuáles son los destinos que los estudiantes eligen para realizar una movilidad académica?**
8.	**¿Cuáles son los destinos que la institución ofrece para que los estudiantes puedan realizar una elección para su movilidad académica?**
9.	**¿Tienen conocimiento de la implementación de algún plan de mejora en el programa de movilidad?**

Tabla 1. Ítems fundamentales para la información relevante sobre PMA

Resultados y discusión

Este apartado describe el análisis realizado a la información obtenida de las Direcciones de Movilidad Académica y Relaciones Internaciones de la Universidad Autónoma de Aguascalientes (UAA), Universidad de Colima (UdeC), Universidad de Guanajuato (UGTO), Universidad de Guadalajara (UDG) y la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo (UMSNH). Se han tomado estas universidades debido a que la contingencia no permitió realizar las entrevistas de manera extensiva, y también por ser estas de la zona Occidente a la cual pertenece la Universidad de Colima, la cual es punto de comparación e interés de esta investigación.

De igual manera se podrán encontrar los requisitos y el proceso para poder postularse a los programas de movilidad, así como también los destinos que ofrecen las IES para poder realizar la estancia académica ya sea nacional o internacionalmente, otro de los resultados que se obtuvo información fue a cerca de las becas que ofrecen las instituciones, así como los costos para realizar la movilidad, cabe aclarar que este último punto sobre los costos solo una institución pudo otorgarnos dicha información.

En la tabla 2 se puede apreciar una comparación de los requisitos de los Programas de Movilidad Académicos en la cual las 5 Universidades piden un promedio mínimo de 8.0 para realizar una movilidad, se puede aplicar a la movilidad académica a partir del 4° semestre excepto en la Universidad de Guanajuato donde se puede realizar desde que completas el 20% del plan de estudios, por otra parte para movilidad nacional e internacional solo la Universidad Autónoma de Aguascalientes y la Universidad de Colima [2] nos proporcionan datos los cuales para la movilidad internacional se pide pasaporte vigente y para la movilidad nacional solamente la Vigencia de derechos del IMSS y por último se tiene el Examen de idioma extranjero en el cual en tres de nuestras cinco universidades es obligatorio y en las dos restantes se obtuvieron datos.

Universidad	Requisitos				
	Promedio	Semestre Mínimo	Movilidad Internacional	Movilidad Nacional	Examen idioma
Universidad Autónoma de Aguascaliente	8 u 8.5	5° o 6° semestre	Pasaporte Vigente	Vigencia de Derechos IMSS	Si, depende la universidad.
Universidad de Colima	8	4° semestre	Pasaporte Vigente	Vigencia de Derechos IMSS	Aprobar inglés TOELF
Universidad de Guanajuato	8	20% del plan de estudios	Sin datos	Sin datos	Sin datos
Universidad de Guadalajara	8	40% del plan de estudios	Sin datos	Sin datos	Si, depende la universidad.
Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo	8.5	45% del plan de estudios	Sin datos	Sin datos	Sin datos

Tabla 2. Requisitos del PMA

La tabla número 3 muestra lo que es el proceso de los PMA de las 5 universidades de nuestra población, donde en 4 de las universidades el proceso de puede llevar en línea, en la Universidad de Colima se debe asistir a un taller denominado “Alistando mis Alas” para poder participar en el proceso de movilidad, también es importante mencionar que las universidades piden una carta de exposición de motivos en la cual se deben detallar las razones por las que el estudiante desea realizar la movilidad académica así como entregar el comprobante de dominio de una segunda lengua en este caso el inglés.

La tabla 4 plasma los destinos tanto nacionales como internacionales, para efectos comparativos solo se muestra el total de destinos por universidad, la UAA tiene 59 universidades elegibles para movilidad nacional dichas universidades repartidas por todo el territorio mexicano y para movilidad internacional cuenta con un total de 25 países.

	PROCESO				
	Universidad Autónoma de Aguascalientes	**Universidad de Colima**	**Universidad de Guanajuato**	**Universidad de Guadalajara**	**Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo**
1	Cumplir con los lineamientos.	Llevar a cabo el registro en linea	Solicitud impresa	Llevar a cabo el registro en linea	Realizar llenado de solicitud
2	Imprimir el plan de estudios	Imprimir el Plan de estudios	Ensayo y exposición de motivos	Curriculum vitae	Formato de validación de materias
3	Llevar a cabo el registro en linea	Historial académico y carta de intención	Historial acádemico	Constancia de dominio de idioma	Carta de postulación
4	Imprimir la solicitud de movilidad	Carta solicitud al programa	Documento original de dominio de idioma	CURP	Aprobación del consejo
5	Entregar en el Departamento de Intercambio Academico	Foto tamaño pasaporte y copia del pasaporte	Documento de identidad	Copia de identificación oficial	Carta de motivos e historial acádemico
6		Comprobante del idioma inglés.	Presupuesto Financiero		Certificado de buena salud
7		Asistir al taller "Alistando mis Alas"	Carta compromiso		Abrir una super cuenta universitaria

Tabla 3. Procesos de los PMA

La U de C no menciona universidades sino 31 estados de la república mexicana los cuales son elegibles para movilidad nacional y para movilidad internacional cuenta con 34 países, la UGTO no proporciona datos de movilidad nacional pero cuenta 21 países para realizar movilidad internacional, enseguida nos muestra la UDG la cual cuenta con 86 Universidades para realizar una movilidad nacional y 41 países para realizar una movilidad internacional, cabe mencionar que esta universidad es la que cuenta con más destinos elegibles para los estudiantes tanto como nacional e internacionalmente, y por último y no menos importante se encuentra la UMSNH la cual cuenta con un total de 38 universidades para realizar una movilidad nacional y 7 países para realizar una movilidad internacional.

En la tabla 5 se muestran las becas, en el cual las universidades tienen convenios diferentes con cada organización cabe destacar que la UAA es la Universidad que cuenta con ocho convenios para becas nacionales e internacionales a las cuales sus estudiantes puedan aplicar a ellas, la U de C cuenta con solo dos convenios en este caso sería la institución con menos convenios de toda nuestra población de ahí sigue la UGTO que cuenta con tres convenios, por parte de la UDG no se encontraron datos para este apartado y por último la UMSNH que tiene cinco convenios

Universidad	**DESTINOS**	
	NACIONAL	**INTERNACIONAL**
Universidad Autónoma de Aguascaliente	59 Universidades	25 Paises
Universidad de Colima	31 Estados	34 Paises
Universidad de Guanajuato	Sin datos	21 Paises
Universidad de Guadalajara	86 Universidades	41 Paises
Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo	38 Universidades	7 Paises

Tabla 4. Destinos de las universidades

Universidad	BECAS			
Universidad Autónoma de Aguascalientes	Santander Mov. Movilidad SEP	Alianza del Pacífico CONAHEC	UMAP AMEXCID	PAME - UDUAL ANUIES-CREPUQ
Universidad de Colima	Santander		Alianza	
Universidad de Guanajuato	CONACYT	Campus France		OEA
Universidad de Guadalajara	SIN DATOS			
Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo	CNBES nacional e internacional	Santander	ECOES	CUMEX

Tabla 5. Becas de las universidades

Conclusiones

El análisis de sustento teórico y empírico, tanto en sus resultados como en su indagación documental permiten al presente trabajo argumentar el cumplimiento de los objetivos planteados al inicio del presente trabajo de investigación: “La presente investigación se enfoca en descubrir y analizar los diferentes esquemas de los mecanismos de gestión en los programas de movilidad académica mediante un sustento de argumentación documental basada en fuentes primarias y en entrevistas de primera mano, realizadas a las diferentes instancias de gestión de los programas de movilidad académica constituidas en las IES del CUMex”.

En este sentido, a razón a que se logró identificar los diferentes esquemas de los mecanismos de gestión en los programas de movilidad académica y los procesos de carácter administrativo que estos integran, así como los análisis comparativos de las diferentes IES del CUMex de la zona Occidente.

Dicho análisis permite de la misma manera, verter conclusiones relacionadas con los objetivos específicos:

a. Sustentar desde las teorías los fundamentos de la Movilidad Académica: Se logró sustentar los fundamentos de la Movilidad Académica.
b. Recabar y extraer los documentos oficiales que hacen referencia a la gestión de los PMA en las Instituciones de Educación Superior del CUMex de la zona Occidente.
c. Realizar un análisis comparativo de los programas de movilidad académica en las IES del CUMex y publicarlo para beneficio de la comunidad universitaria de nuestra casa de estudios

Los sustentos argumentativos permiten abonar a las preguntas de investigación:

¿Qué factores significativos aplican en los procesos administrativos de los programas de movilidad de las universidades integrantes del Consorcio de Universidades Mexicanas (CUMex) de la zona Occidente? Los factores significativos que se pudieron encontrar en los programas de movilidad fueron los requisitos, el proceso, los destinos y las becas.

Trabajo futuro

Para trabajos posteriores se recomienda realizar análisis comparativos en universidades del continente latinoamericano y del propio espacio europeo, así como también en las competitivas universidades asiáticas cuyos rankings ocupan los primeros puestos, esto con la finalidad de conocer sus formas administrativas y sus políticas en materia de movilidad académica estudiantil, para de esta manera estar en condiciones de mejorar en nuestras casas de estudio.

Referencias

[1] Di Lorenzo, D. (2013), “Factores Asociados a la movilidad estudiantil en la Argentina: el caso de los alumnos internacionales de la UNCPBA”. (Tesis de maestría). Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires, Tandil. Recuperada de: https://www.academia.edu/11018702/_factores_asociados_a_la_movilidad_estudiantil_en_la_Argentina_el_caso_de_los_alumnos_internacionales_de_la_UNCPBA.

[2] Dirección General de Relaciones Internacionales. (2020). Recuperado 7 de mayo de 2020, de Universidad de Colima website: https://www.ucol.mx/relaciones-internacionales/a-donde-ir-nacional.htm

[3] Santiago Ruiz, Amada de los Ángeles, & García Rodríguez, José Félix, & Santiago, Pedro Ramón (2019). “Movilidad Estudiantil…nuevas experiencias académicas, otros significados!”, Atenas, 1(45), undefined-undefined. [fecha de Consulta 14 de Noviembre de 2019]. ISSN: . Disponible en: https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=4780/478058273003.

[4] Jiménez Mendoza, A. (2015), “ La movilidad estudiantil y el intercambio académico en la ENEO UNAM” Una estrategia hacia la consolidación de Enfermería. Enfermería Universitaria, 12(1), undefined-undefined. [fecha de Consulta 14 de Noviembre de 2019]. ISSN: 1665-7063. Disponible en: https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=3587/358741842001.

[5] Otero-Gómez, María Cristina, & Giraldo-Pérez, Wilson, & Sánchez-Leyva, José Luis (2018), “La movilidad académica internacional: experiencias de los estudiantes de Villavicencio, Colombia y Coatzacoalcos, México”. Hallazgos, 15(30), undefined-undefined. [fecha de Consulta 14 de Noviembre de 2019]. ISSN: 1794-3841. Disponible en: https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=4138/413859175009

[6] Tiana Ferrer, Alejandro (2012), ”La contribución de la movilidad académica a la construcción de un espacio iberoamericano de educación superior”. Revista Lusófona de Educação, (21), undefined-undefined. [fecha de Consulta 14 de Noviembre de 2019]. ISSN: 1645-7250. Disponible en: https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=349/34924585004.

[7] Morales Martin, Juan Jesús, & Manosalba Torres, Consuelo (2016), “Dilemas y tensiones alrededor de la Plataforma de Movilidad Académica y Estudiantil de la Alianza del Pacífico”. Universidades, (69), undefined-undefined. [fecha de Consulta 14 de Noviembre de 2019]. ISSN: 0041-8935. Disponible en: https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=373/37348528004.

[8] Stockwell, Nathalie, & Bengoetxea, Endika, & Tauch, Christian (2011), “El Espacio Europeo de Educación Superior y la promoción de la cooperación académica y de la movilidad con México. Perfiles Educativos”. XXXIII(133), undefined-undefined. [fecha de Consulta 14 de Noviembre de 2019]. ISSN: 0185-2698. Disponible en: https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=132/13219088012.

[9] Rovelli, Laura Inés (2012), “Expansión universitaria y movilidad academica: trayectorias de investigadores universitarios en el área metropolitana de Buenos Aires”. Revista Pilquen - Sección Ciencias Sociales, (15), undefined-undefined. [fecha de Consulta 14 de Noviembre de 2019]. ISSN: 1666-0579. Disponible en: https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=3475/347532059001.

[10] Solanas, Facundo (2014), “Intercambio cooperativo versus mercantilización competitiva: las políticas de movilidad académica en el MERCOSUR y la Unión Europea”. Revista Iberoamericana de Educación Superior, V(12), undefined-undefined. [fecha de Consulta 14 de Noviembre de 2019]. ISSN: . Disponible en: https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=2991/299129977001.

[11] Ferrari Martinez, César Augusto (2019), ”¿Por qué Chile? Un análisis post crítico sobre los discursos de escala en la movilidad académica internacional”. Educação, 42(1), undefined-undefined. [fecha de Consulta 14 de Noviembre de 2019]. ISSN: 0101-465X. Disponible en: https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=848/84860213013.

[12] (2007). Movilidad académica en América Latina. Innovación Educativa, 7(40), undefined-undefined. [fecha de Consulta 14 de Noviembre de 2019]. ISSN: 1665-2673. Disponible en: https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=1794/179420967006.

[13] (2007). Movilidad académica en América Latina. Innovación Educativa, 7(40), undefined-undefined. [fecha de Consulta 14 de Noviembre de 2019]. ISSN: 1665-2673. Disponible en: https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=1794/179420967006.

[14] Quecedo, Rosario, & Castaño, Carlos (2002), “Introducción a la metodología de investigación cualitativa”. Revista de Psicodidáctica, (14), undefined-undefined. [fecha de Consulta 3 de Diciembre de 2019]. ISSN: 1136-1034. Disponible en: https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=175/17501402.

Implementación de la metodología PDCA enfocado en el indicador clave de desempeño eficiencia de decorado.

G. Sánchez Martínez[1], M. S. Flores Serrano[1], M. R. Acevedo Serrano[1],*
[1]Departamento de Ingeniería Industrial, Instituto Tecnológico Superior de Tierra Blanca, Av. Veracruz s/n, Col. PEMEX, C.P. 95180, Tierra Blanca, Veracruz, México.
**ing_sanchez_gabriel@hotmail.com*

***Área de participación**: Ingeniería Administrativa.*

Resumen

Se describen las principales actividades que se realizaron en la implementación del proyecto asignado en una empresa fabricante de botellas de vidrio, con el objetivo de implementar la metodología PDCA para el aumento de la eficiencia del departamento Decorado, en participación de otros departamentos se fue documentando los datos que se requerían de acuerdo a lo que indica la metodología, al finalizar con el método se tomaron los resultados arrojados comparando y verificando la efectividad del proyecto de acuerdo al historial de resultados anteriores generando conclusiones y recomendaciones al departamento para futuras mejoras en sus procesos, ya sean procesos de producción o de mantenimiento.

***Palabras clave**: Eficiencia, PDCA, Mejora.*

Abstract

The main activities that were carried out for the implementation of the assigned project in a glass bottle manufacturing company are described, in order to meet the objective of implementing the PDCA methodology to increase the efficiency of the Decorated department, in the participation of others. departments, the required data was documented according to what the methodology indicates, at the end of the method the results obtained were taken to make a comparison and verify the effectiveness of the project according to the history of previous results to draw conclusions and recommendations to the department for future improvements in their processes, whether they are production or maintenance processes.

***Key words**: Efficiency, PDCA, Improvement.*

Introducción

El sistema VPO (Voyager Plant Optimization) es un sistema de gestión robusto y muy extenso, este sistema es utilizado con el fin de alcanzar la sustentabilidad en el desempeño económico, social y ambiental en las empresas cerveceras y empresas verticalizadas de la misma. VPO está conformado por 6 pilares: seguridad, calidad, medio ambiente, mantenimiento, logística y gestión, como base de estos pilares tiene a gente, estos pilares son los medios con los cuales se logra alcanzar mayor calidad y disminuir costos. Cada uno de los pilares contiene bloques para los KPI (indicador clave de desempeño) del pilar, principalmente estos bloques están clasificados de tipo Esencial, los bloques Mantener y los bloques Mejorar.

En VPO se utilizan dos metodologías, en los bloques mantener se aplica la metodología SDCA (Estandarizar, Hacer, Verificar y Actuar) y para mejorar se aplica la metodología PDCA (Planear, Hacer, Verificar y Actuar). Cada una de estas dos metodologías contiene sus propias herramientas de solución de problemas o herramientas de gestión. [1]

En el presente trabajo tomará la metodología PDCA para lograr mejorar y optimizar los procedimientos del departamento de Decorado, evitando paros prolongados y frecuentes en los equipos críticos, defectos de decorado y, mal empacado y paletizado, todos estos PI (Indicador de desempeño) tienen una relación directa con el KPI Eficiencia decorado y por consecuencia también

 ISSN 2007-8102

afecta de manera directa a uno de los KPI más importantes de la planta, el KPI PTM (Pack To Melt). Con esta implementación se espera cumplir con la meta establecida de PTM del año 2018. Se hará uso de las herramientas de solución de problemas creando un plan de acción de cada problema a resolver y aplicar las acciones para posteriormente medir los resultados obtenidos y así cerrar con el ciclo del PDCA del año 2018. [2]

Metodología

Planear. (Plan)

a.- Descripción del problema.

Se inicia con la descripción del problema que en este caso es el siguiente: *"Las pérdidas de envase decorado en el 2017 fue del 4.1 %, se busca alcanzar 98% de eficiencia de decorado en el 2018 y ser el departamento benchmarking con una pérdida del 1%, contribuyendo en el logro del PTM anual de 86.7%, reduciendo el MTTR* (Tiempo medio de reparaciones*) y MTBF* (Tiempo medio entre fallas) *en un 50%."*

El objetivo establecido real de la eficiencia Decorado es de 98% pero para lograr ser el Benchmarking de las Vidrieras verticalizadas se requiere obtener un 99%, lo cual es un reto como dueños del departamento, en otras palabras, el Benchmarking implica ser el que en sus procesos de trabajo son comparados por evidencia de mejores prácticas sobre el área de interés, con la finalidad de transferir el conocimiento de las mejores prácticas y su aplicación [3]. Una vez que se describió el problema, se realizó una gráfica como línea de tiempo para poder observar de manera visual el estado actual del departamento y el comportamiento del KPI a través del tiempo, así también se tendrá una visión más clara de los resultados que arrojará al final; vea la Figura 1.

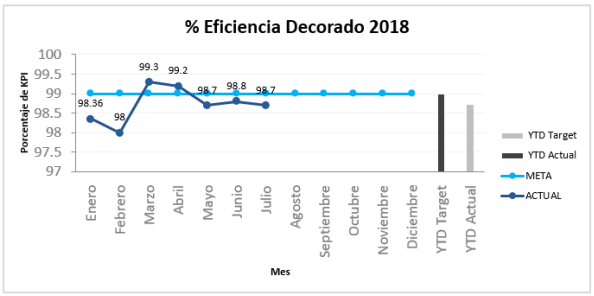


Figura 1. Eficiencia decorado mensual 2018.

Teniendo la gráfica mostrada anteriormente y la tabla de datos, esta nos servirá para ir actualizando el status del KPI y mantenerla viva hasta concluir con la implementación de la metodología, esto nos ayuda a dar seguimiento de manera puntual.

b.- Observación.

Se realizó recolección de datos que se obtuvieron en el pasado para realizar un diagrama de Pareto de acuerdo a los factores a observar, que se muestran en la Figura 2 y Figura 3. En este caso se hicieron gráficas de Pareto de los equipos críticos que generaron paros prolongados por fallas mecánicas y electrónicas. Los equipos críticos son denominados de esta manera porque son aquellos equipos o maquinarias que cuando fallan, producen una parada total o suspensión drástica de producción ocasionando que afecte substancialmente el funcionamiento normal del sistema productivo. Los equipos críticos también son aquellos que pueden generar producto defectuoso o no conforme por aspectos de calidad.

Las maquinas decoradoras (STRUTZ) se encargan como su nombre lo dice, decorar envase y por lo tanto es la razón de ser del departamento Decorado, una falla de 10 minutos de esta máquina puede ocasionar aproximadamente un total de 1,800 envases mermados por defectos de decorado dependiendo la velocidad de botellas por minuto (BPM), siendo así el equipo que mayor impacto tiene sobre el KPI de eficiencia de decorado, por tal motivo primero se analizaron las maquinas decoradoras para observar cual tenía la mayor frecuencia de paros y cuales generaban los paros más prolongados.

 ISSN 2007-8102

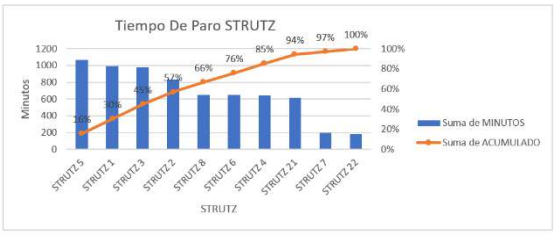


Figura 2. Tiempo de paro por STRUTZ.

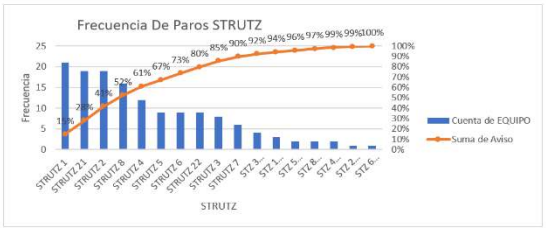


Figura 3. Frecuencia de paro por STRUTZ.

c.- Análisis.

Del paso Observación, en los diagramas de Pareto mediante la regla de 80/20 surgieron 5 problemas principales que impactaban la eficiencia de decorado, estas fueron las siguientes:

1.- Falla de carga. 2.- Empujador. 3.- Perdida de envase en la línea 12.
4.- Sistema de apertura de solapas. 5.- Sistema de flejado.

Se crearon 5 diagramas de causa y efecto de acuerdo a los 5 problemas establecidos del paso Observación, una vez que se llevó a cabo mencionada actividad se tomaron las variables que surgieron de cada factor (6M) para implantar una matriz de criticidad de cada diagrama, como se muestra en la Tabla 1. Para formar la matriz se requirió constituir una tabla con los criterios y asignarles una numeración dependiendo el impacto o dificultad de remediar o erradicar las variables que se tomaran en cuenta.

Tabla 1. Matriz de criticidad.

POSIBLES CAUSAS	IMPACTO	AUTORIDAD	DIFICULTAD	CRITERIOS ADICIONALES	TOTAL
No hay stock de portadores reparados para cambio	5	5	5		125
No se realiza preventivo acorde al plan	3	3	1		9
Botella lisa ovalada	5	3	1		15
Falta de refacciones	5	3	1		15
Poco tiempo de preventivo	5	3	1		15
No hay una frecuencia establecida para cambio de hule	5	5	5		125
Mecánicos nuevos	5	1	1		5
Falta de inspección autonomo	5	5	5		125
Supervisor no genera avisos de autónomo	5	5	5		125
Hules encintados	3	5	5		75
Falla de sensor de by-pass	3	5	5		75
Tasas desgastadas	3	5	5		75
Portador dañado	5	5	5		125
Altas temperaturas del medio ambiente	5	1	1		5

Al finalizar la matriz de priorización o criticidad se tomaron las posibles causas que obtuvieron mayor puntuación ante la ponderación para aplicar el método 5 porque y llegar a la causa raíz de manera concreta y posteriormente lograr hacer un plan de acción (PDA) de mayor efectividad que sea alcanzable y lo más apegado a la realidad del departamento, como se muestra en la Tabla 2.
Se realizaron catorce 5porque ya que solo surgieron catorce causas fuertes de los 5 problemas que se planteó atacar o disminuir su efecto. La herramienta 5porque fue aplicada con la finalidad no solo de encontrar la causa raíz sino también poder analizar las acciones que se podían surgir de una sola causa ya que una sola acción no cierra por completo la brecha de la causa raíz del problema.

 ISSN 2007-8102

Tabla 2.- 5Porqué.

1er PORQUÉ	2ndo PORQUÉ	3er PORQUÉ	4to PORQUÉ	5to PORQUÉ	ACCIONES
No hay stock de portadores reparados para cambio	No hay refacciones suficientes para habilitar portadores	El stock planeado es insuficiente para cubrir la reparacion de los portadores	No esta actualizado el stock de minimos y maximos al consumo real.	Esta mal definido el stock maximo de portadores en el almacen.	Establecer minimos y maximos de refacciones de portadores en el almacen (minimo 64 y maximo 128)
No hay frecuencia establecida para el cambio de hule	No se calculado el tiempo de vida util del hule	No se ha realizado una medición	N/A	N/A	Determinar tiempo de vida util del hule para agregar a rutina de mantenimiento autonomo
Falta de inspeccion de autonomo	No se tiene un catalogo de desgaste de piezas	No se tienen parametros de desgaste conformes	No se ha realizado la medición de vida util de las piezas		Realizar catalogo de desgaste de piezas con tolerancias de aceptación para cambio
Portador se daña	Por desgaste y tiempo de vida util	Por faltas de mantenimiento	Por falta de disponibilidad del equipo	Por apego al plan de producción	Establecer SLA con CSC para definir la disponilidad de equipos con apego al plan de producción y dar mantenimiento a las strutz
No hay rutina de mantenimiento para sistema de apertura de dampers	Porque no está considerada en el plan de mantenimiento	Porque no hay historial de fallas en el equipo			Crear rutina semanal de mantenimiento la revisión de sistema de apertura de dampers en conjunto con operación.

Hacer. (Do)

Se genero el PDA de la Tabla 3, en él se menciona que, quien, como y cuando se deberá realizar la actividad planteada y como adición a esta información, se indicó a que indicador (IP) impacta cada actividad a realizar de acuerdo a los bloques que conforman el Pilar Mantenimiento, los indicadores que impactan las actividades del plan de acción son:

- Disponibilidad de equipos.
- MTBF
- MTTR
- Operación autónoma.

Tabla 3.- Plan de acción PDA.

¿QUÉ?	¿QUIÉN?	¿CÓMO?	¿CUÁNDO?	ESTATUS	INDICADORES	RESULTADOS
Esta mal definido el stock maximo de portadores en el almacen.	Paul Cortes	Establecer mínimos y máximos de refacciones de portadores en el almacén (mínimo 64 y máximo 128)	12/01/18	Concluded	Disponibilidad de Equipos	Tener el abasto necesario de refacciones para reparar portadores y garantizar el funcionamiento correcto del sistema de carga.
No se ha realizado una medición	Alejandro Rodriguez	Determinar tiempo de vida util del hule para agregar a rutina de mantenimiento autonomo	11/30/18	Concluded	MTTR	Detectar desgaste de hules y corregir antes de que se presente la falla reduciendo el MTTR
No se ha realizado la medición de vida util de las piezas	Alejandro Rodriguez	Realizar catalogo de desgaste de piezas con tolerancias de aceptación para cambio	10/122018	Concluded	MTTR	Que el personal cuente con patron de referencia de desgaste de las piezas y proceder con la aceptacion o rechazo de cambio
Por apego al plan de producción	Joel Hermida	Establecer SLA con CSC para definir la disponibilidad de equipos con apego al plan de producción y dar mantenimiento a las strutz	10/122018	Concluded	Disponibilidad de Equipos	Planear el mantenimiento preventivo en las strutz
No hay historial de fallas en el equipo.	Paul Cortes	Crear rutina semanal de mantenimiento la revisión de sistema de apertura de damper´s en conjunto con operación.	11/28/18	Concluded	MTTR	El funcionamiento automatico del equipo y controlar las temperaturas de la zonas, contribuyendo a la disminucion del defectivo de pegada.
No esta incluida la rutina de limpieza de placas en la operación autonoma	Omar Fernández Rodriguez	Incluir la limpieza de las placas de entrada a horno de vitrificado en la rutina diaria de operación autonoma	12/10/18	Concluded	Operación Autonoma	Mejorar el manejo del envase, reduciendo el defectivo de pegada.
No se tiene una rutina de verificacion de las aspas de ventiladores	Paul Cortes	Incluir a la rutina semestral de mantenimiento la inspeccion de aspas de los ventiladores	11/24/18	Concluded	MTTR	El optimo funcionamiento de los ventiladores, evitando vibraciones, disminuyendo el defectivo de pegada.
Por desconocimiento.	Samuel Sastre	Capacitar al personal en la forma correcta de lubricar en operación autonoma.	12/16/18	Concluded	Operación Autonoma	La correcta ejecucion de la rutina de lubricacion, usando la grasa y el aceite de acuerdo a la ficha tecnica en los diferentes puntos de lubricacion.
No esta incluida la rutina de limpieza de rodajas en su check list	Samuel Sastre	Establecer fecuencia de limpieza de rodajas que resulte de una medicion	11/25/18	Concluded	Operación Autonoma	Se requiere establecer frecuencia de ejecución de limpieza de rodajas para evitar paros de la maquina
No hay rutina establecida para limpieza de rodajas	Samuel Sastre	Incluir en rutina de operador de granel la limpieza de rodajas	11/26/18	Concluded	Operación Autonoma	Se requiere establecer frecuencia de ejecución de limpieza de rodajas para evitar paros de la maquina
Falta de capacitación de limpieza de rodajas	Omar Fernández Rodriguez	Inluir en PAC la capacitacion de limpieza de rodajas	12/01/18	Concluded	Operación Autonoma	Que los operadores tengan la habilidad de limpieza de rodajas
Punzones desgastados en flejadoras	Paul Cortes	Incluir en plan de mantenimiento el cambio de punzones	12/01/18	Concluded	Operación Autonoma	Se requiere establecer frecuencia para cambio de punzones en maquinas flejadoras
Defectos de decorado de envase	Omar Fernández Rodriguez	Reentrenar a operadores de maquinas decoradoras en la correccion de defectos con antigüedad menor a 1 año	12/30/18	Concluded	Eficiencia de decorado	Garantizar que el operador revise a detalle los compontes de la etiqueta acorde a la especificación
Defectos de decorado de envase	Omar Fernández Rodriguez	Realizar catalogo para correccion de defectos de decorado	10/10/18	Concluded	Eficiencia de decorado	Garantizar que el operador revise a detalle los compontes de la etiqueta acorde a la especificación
Envase caido	Rene Palmeros	Realizar levantamiento de puntos de caida de envase y alimentar archivo para dar seguimiento de su correccion	12/01/18	Concluded	Eficiencia de decorado	Disminuir la perdida de envase por mal manejo y mantenerel area en 5´s
Defecto de envase pegado en hornos	Paul Cortes	Realizar procedimiento para revisión y corrección de los empujadores	12/15/18	Concluded	Eficiencia de decorado	Reducir quejas del cliente por defecto de pegada

Para disminuir el tiempo de respuesta en reparaciones de equipos, se establecieron carritos de herramienta y refacciones necesarios a estos se les denomino Self-service. Se colocaron 4 carritos en el H1 y otros 4 en el H2:

- Self-service de STRUTZ.
- Self-service de armadoras.
- Self-service de empacadoras.
- Self-service paletizadora.

Además, se diseñó el catálogo de desgaste de piezas con tolerancias de aceptación para cambiar. Se determino la vida útil del hule agregándolo a la rutina de mantenimiento autónomo [4]. Apoyando al departamento Mantenimiento se agregó tarjetas de autónomo, que se muestra en la tabla 4, para tener un apoyo visual de en qué partes de los equipos requieren de atención técnica de mantenimiento y electrónica, en conjunto de las tarjetas se creó un archivo en Excel para dar seguimiento a las tarjetas que vayan quedando pendientes de atender, como también llevar documentado las reparaciones menores que han realizado los operadores del departamento de Decorado.

Tabla 4.- Seguimiento de las tarjetas de autónomo.

Tipo tarje	Fecha de detecci	Mes	Foli	Auto	Nombre del operador	Sap de equip	Equipo	AVISO	DESCRIPCION DE LA ANORMALIDAD	ACCION CORRECTIV	FECHA TERMIN	STATUS
Verde	27/01/2019	01/2019	230015	163985	CASTELLANOS CARLOS HUSSEIN	10123937	PALETIZADORA DE CAJA No 1	13464434	FUGA DE ACEITE EN MOTOR	SE REPORTA A MTTO.	27-ene	En proceso
Roja	29/01/2019	01/2019	200198	145420	BARBIS CRUZ FERNANDO	10123675	BOIX 1	13467911	EL EMPUJADOR NO DE DETIENE PARA CARGAR EL TESTERO LO QUE PROVOCA QUE SE DIFICULTE LA ACTIVIDAD AL OPERADOR		05/02/2019	En proceso
Roja	29/01/2019	01/2019	200081	145420	BARBIS CRUZ FERNANDO	10123676	BOIX 2	13467909	EL EMPUJADOR NO DE DETIENE PARA CARGAR EL TESTERO LO QUE PROVOCA QUE SE DIFICULTE LA ACTIVIDAD AL OPERADOR		05/02/2019	En proceso
Roja	29/01/2019	01/2019	200177	145420	BARBIS CRUZ FERNANDO	10123676	BOIX 2	13467910	COLOCAR POSTES A BARANDAL DE CAJA ARMADA A LA SALIDA DE LA BOIX		05/02/2019	En proceso
Azul	01/02/2019	02/2019	N/A	122828	AGUILAR MORALES JUAN RUDY	10144080	STRUTZ 1	N/A	DEPOSITO DE ACEITE EN ROJO	SE RELLENA DEPOSITO DE ACEITE	01/02/2019	Completado
Azul	01/02/2019	02/2019	N/A	122625	ROMERO PEREZ JOSE JAVIER	10144081	STRUTZ 2	N/A	DEPOSITO DE ACEITE EN ROJO	SE RELLENA DEPOSITO DE ACEITE	01/02/2019	Completado
Azul	01/02/2019	02/2019	N/A	122763	PALACIOS RODRIGUEZ DAVID	10144083	STRUTZ 4	N/A	TAZAS DAÑADAS	SE CAMBIAN TRES TAZAS	01/02/2019	Completado
Roja	01/02/2019	02/2019	200,180	32167306	ELI ABRAHAM	10123940	PALETIZADORA DE CAJA No 4	13472306	REFLEJANTE Y BASE DE REFLEJANTE DAÑADO	AJUSTAR BASE DE REFLEJANTE Y CAMBIAR	01/02/2019	Completado
Roja	01/02/2019	02/2019	200,178	32167306	ELI ABRAHAM	10123940	PALETIZADORA DE CAJA No 4	13472307	GUARDA FALTANTE EN CABLEADO DE OCME			En proceso
Roja	03/02/2019	02/2019	200,187	142748	PATRACA ROMERO LUIS GERARDO	10123932	PALETIZADORA A GRANEL Nº 1	13474551	SELECTOR FALTANTE DE MANUAL DE TRANSPORTACION DE DISPENSADOR DE SEPARADORES	COLOCAR SELECTOR		En proceso
Azul	03/02/2019	02/2019	N/A	122763	PALACIOS RODRIGUEZ DAVID	10144083	STRUTZ 4	N/A	LONAS ROTAS	CAMBIAR LONAS DAÑADAS	03-feb	Completado

De los datos ingresados en la tabla de seguimiento de tarjetas de autónomo se sacaron 3 tablas, ya que se manejan 3 tipos de tarjetas de autónomo, estas tarjetas se aplican dependiendo la naturaleza de la avería del equipo, por ejemplo:

- Tarjeta Roja: Requiere asistencia del técnico de Mantto.
- Tarjeta Verde: Fuente de contaminación (derrame de sustancias peligrosas).
- Tarjeta Azul: Operador lo puede reparar.

Resultados y discusión (Check).

Mediante la aplicación del plan de acción generado a través de la metodología PDCA se obtuvieron los resultados esperados en cada objetivo establecido al inicio de este proyecto, teniendo la Figura 4, que nos muestran la evidencia de que nuestro PDA fue efectivo. El objetivo principal fue aumentar la eficiencia decorado un 98±99% en el año 2018 y como resultado se obtuvo lo siguiente

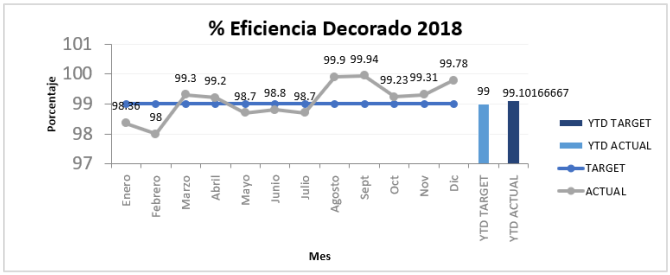


Figura 4. Eficiencia de decorado mensual (2ª parte del año)

Observando la figura, se muestra que se obtuvo un 99.1% de Eficiencia Decorado y de acuerdo a la meta que se impuso de un 98±99% de eficiencia se puede comprobar que se ha logrado el objetivo

 ISSN 2007-8102

principal acordado. Como contribución del KPI Eficiencia Decorado, también se logró alcanzar la meta del KPI PTM con un 86.84% como resultado final de la meta 86.72% del cierre de año 2018.

Otro de los objetivos específicos que se logro fue la disminución del indicador MTTR, como se muestra en la Figura 5, esto nos indica que el tiempo medio para reparar disminuyo lo que impacta directamente con la eficiencia del departamento, este resultado refleja la efectividad del uso de los carros self-service y la ejecución de los mantenimientos autónomos así también el seguimiento puntual de las tarjetas de autónomo de parte de Mantenimiento. [5]

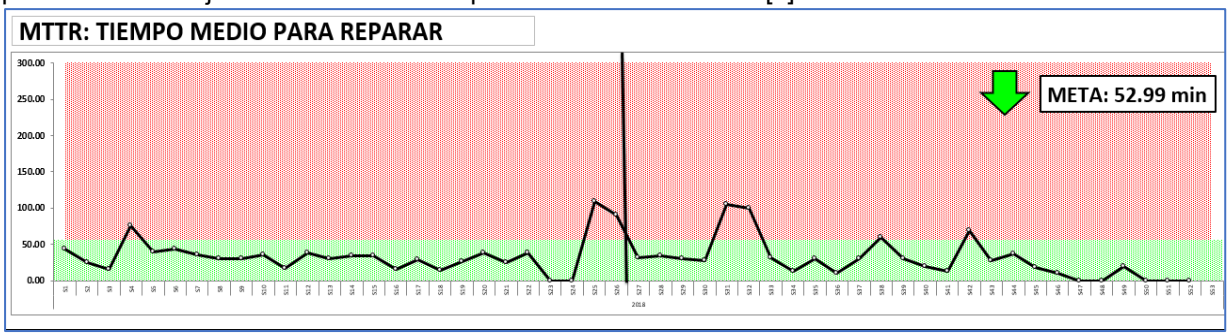


Figura 5. Resultados semanales del MTTR.

Trabajo a futuro (Act).

Una vez que se ejecutaron las acciones del PDA obtenido de las observaciones y análisis de las fases Planear y Hacer, se creó nuevamente otro plan de acción (PDA) con la finalidad de mantener lo que se logró sin desviaciones previas, la tabla 5, muestra el listado de acciones, los estándares y el dueño o responsable de que se continúe con las actividades.

Tabla 5. Plan de acción para estandarizar.

ACCIÓN	ESTÁNDARES	DUEÑO	TEAM TO BE COMMUNICATED/TRAINED	TRAINING DATA (DATO DE ENTRENAMIENTO)	BUENA PRACTICA OPERATIVA	FECHA COMPROMISO
Crear rutina semanal de mantenimiento la revisión de sistema de apertura de damper´s en conjunto con operación.	Se agrega a la rutina de mantenimiento la inspección semanal de los damper´s en hornos	Paul Cortes Olivo		10/10/2018	NA.	28/11/2018
Incluir a la rutina semestral de mantenimiento la inspeccion de aspas de los ventiladores	Se agrega a la rutina de mantenimiento la inspección de aspas de ventiladores de recirculación	Paul Cortes Olivo		16/10/2018	NA.	24/11/2018
Incluir en PAC la capacitacion de limpieza de rodajas	Se agrega al PAC la capacitación de los operadores de granel en la limpieza de rodajas de flejadoras	Deysel Rodriguez		1/12/2018	SI	1/12/2018
Realizar catalogo para correccion de defectos de decorado	Se agrega a la rutina de operadores de strutz un catalogo para corregir defectos de decorado el cual se encuentra en SOP´S y Eto	Omar Fernández		1/12/2018	NA.	10/10/2018
Incluir en PAC la capacitacion de Limpieza, Inspección y Lubircación en equipos	Se agrega al PAC la capacitación de los operadores de decorado en la limpieza, la correcta inspección y lubricación de equipos	Deysel Rodriguez		1/12/2018	SI	10/12/2018

Conclusiones

La aplicación del método PDCA buscando mejorar en el departamento Decorado se mostró favorable de acuerdo a los resultados arrojados, sin embargo, se debe de continuar con las practicas entabladas del plan de acción para mantener las brechas cerradas que se hallaron con los análisis estadísticos y herramientas de gestión. Durante el proceso de la implementación de las acciones planteadas se requirió inversión en las herramientas necesarias de acuerdo a los equipos que correspondían, también se impartió platicas motivacionales en las juntas de cambio de turno para

lograr concientizar al personal operador de Decorado y técnico de Mantto la importancia de la ejecución de los mantenimientos autónomos y preventivos. La cultura que se le impartió a los operadores de los equipos también fue un punto clave para cambiar la perspectiva y la mentalidad de “yo opero, mantenimiento repara” a “yo opero, yo reparo” siempre y cuando sean reparaciones menores que atender.

Referencias

[1] J. J. Bernal, «PDCAHome,» 27 Noviembre 2017. [En línea]. Available: https://www.pdcahome.com/5202/ciclo-pdca/.

[2] ISO 9001:2015, 2015. [En línea]. Available: http://www.escolaalguero.com/wp-content/uploads/2016/12/Iso-Internacion.

[3] L. V. S. Zuleta, «Blogger.com,» 20 Noviembre 2013. [En línea]. Available: http://adpphva.blogspot.com/2013/11/ventajas-se-concentra-el-esfuerzo-en.html.

[4] Mantenimiento planificado , «Mantenimiento Planificado,» 2010. [En línea]. Available: http://www.mantenimientoplanificado.com/j%20guadalupe%20articulos/MANTENIMIENTO%20AUT%C3%93NOMO.pdf.

[5] Kanbanize, «Kanbanize,» 2019. [En línea]. Available: https://kanbanize.com/es/recursos-de-kanban/primeros-pasos/que-es-tarjeta-kanban/.

Las TIC y el estrés tecnológico en estudiantes universitarios UV, UNACAR y TEC Mérida

L. Peraza Perez[1] , M. López Noriega[2], M. Aguirre Alemán[3], P. Ortiz Sánchez[4] , L. Zalthen Hernandez[5]

[1]Facultad de Ciencias Económicas Administrativas, Universidad Autónoma del Carmen, Calle 56 No.4 Esq. Av. Concordia. Col. Benito Juárez, C.P. 24120, Cd. del Carmen, Camp., México

[2]Facultad de Ciencias Económicas Administrativas, Universidad Autónoma del Carmen, Calle 56 No.4 Esq. Av. Concordia. Col. Benito Juárez, C.P. 24120, Cd. del Carmen, Camp., México

[3]Facultad de Contaduría y Administrativas, Universidad Veracruzana Campus Coatzacoalcos, Av. Universidad. Km. 7.5 Col. Santa Isabel, C.P. 96535, Coatzacoalcos Ver., México

[4]Depto. de Ingeniería en Sistemas Computacionales, Instituto Tecnológico de Mérida, Periférico de Mérida Lic. Manuel Berzunza, Zona Dorada Km.9.9., C.P. 24120,Mérida, Yucatán., México

[5]Facultad de Ciencias Económicas Administrativas, Universidad Autónoma del Carmen, Calle 56 No.4 Esq. Av. Concordia. Col. Benito Juárez, C.P. 24120, Cd. del Carmen, Camp., México

***Área de participación**: Ingeniería Administrativa*

Resumen

Se sabe que las tecnologías de información y comunicación (TIC), son de gran utilidad en la formación de los estudiantes universitarios. En particular las TIC proporcionan un acceso rápido de almacenamiento y procesamiento de la información que ha permitido a los estudiantes nuevas formas de aprender. Recientemente, investigadores han examinado los efectos que ocasiona el uso constante de las TIC en los estudiantes universitarios resaltando la necesidad de identificar las causas del estrés tecnológico. Este documento tiene como objetivo determinar si existen diferencias en el nivel de tecno-estrés de estudiantes de nivel superior de tres universidades en el sureste mexicano. Los resultados permiten concluir que existen diferencias significativas en las tres universidades con respecto al nivel de estrés en los alumnos, provocado por el uso de las TIC. Además, un resultado relevante fue que la mayoría de los estudiantes mencionó estar indeciso sobre si se aburren cuando estoy con amigos o familiares por lo cual prefieren usar el Internet.

***Palabras clave**: Estrés, TIC, estrés académico, tecno-estrés*

Abstract

Information and communication technologies (ICT) are known to be very useful in the training of university students. ICTs provide quick access to information storage and processing that have allowed students new ways of learning. Recently, researchers have examined the effects caused by the constant use of ICT in university students, highlighting the need to identify the causes of technological stress. The objective of this document is to determine if there are differences in the level of techno-stress of higher level students from three universities in the Mexican southeast. The results allow us to conclude that there are significant differences in the three universities with respect to the level of stress in students, caused using ICT. Furthermore, a relevant result was that most of the students mentioned being undecided about whether they get bored when I am with friends or family, which is why they prefer to use the Internet.

***Key words**: stress, ICT, academics stress, Technostress*

Introducción

La presente investigación se refiere al tema de estrés tecnológico entre los estudiantes universitarios de tres universidades del sureste del país. Con la llegada de las tecnologías de la información, las herramientas digitales, y los dispositivos móviles, se ha derivado un cambio esencial en el mundo de la comunicación e información que determina una rápida y nueva forma de tener acceso a la información. La característica principal de esta problemática es un síntoma de estrés que se presenta entre los estudiantes.

Las tecnologías de la información y comunicación (TIC) han reinventado la dinámica global en la educación, siendo esta una nueva vía para transmitir información, convirtiéndose así en herramientas de cambio en las instituciones de educación superior (IES).

Aunque hay muchos conceptos sobre el estrés, es frecuente entre los investigadores que coincidan, en que es una sensación de agotamiento, agobio y preocupación, que puede afectar a cualquier persona, sin importar la

edad, sexo y circunstancias personales, pero, además, puede producir problemas de salud tanto físicos como psicológicos.
En [1] define el estrés como cualquier experiencia emocional molesta, acompañada de cambios bioquímicos, fisiológicos y conductuales predecibles y en [2] El estrés laboral es la reacción que puede tener el individuo entre exigencias y presiones laborales que no se ajustan a sus conocimientos y capacidades, y que ponen a prueba su capacidad para enfrentar la situación.
El estrés, en la actualidad, es un problema de salud pública cuyo concepto fue acuñado en [3] quien lo definió como la respuesta no específica del organismo a cualquier demanda de cambio. Ahora bien, cuando el estrés se origina en el contexto educativo, se convierte en una manera de adaptarse a las exigencias educativas. Algunos investigadores [4] y [5] han mencionado que el nivel de estrés aumenta conforme el estudiante progresa en sus estudios y que llega a grados altos cuando cursan sus estudios universitarios.

Este marco teórico pretende exponer los fundamentos teóricos de distintos investigadores y cómo el denominado tecnoestrés afecta a los estudiantes universitarios.
Walter Canon [6] fue un fisiólogo que introdujo el término estrés para referirse a la reacción fisiológica provocada por la percepción de una situación aversiva o amenazante; enfocándose en el sistema endocrino y describiendo el papel que juegan las emociones en su funcionamiento.

Investigó y llegó a definir el estrés como la respuesta fisiológica, no específica, de un organismo ante toda exigencia que se le haga. El autor considera que cualquier estímulo podría derivar en un estresor siempre que provocase en el organismo su correspondiente respuesta biológica de reajuste, no obstante, no incluía los estímulos psicológicos como agentes causales. [7].

[8] Es la respuesta de organismos ante determinado estímulos o situaciones que rompen con su equilibrio, a sí mismo el [9] define el estrés es todo aquello que disgusta, todo cuanto la persona hace a pesar suyo, en contradicción consigo misma, su ambiente y su propia capacidad de adaptación.
Dadas las definiciones anteriores podemos decir que el estrés es una fase de tensión física y mental, que produce efectos nocivos en la salud de las personas, y puede ser reflejada de distintas maneras en cada una de ellas, por estar sometidas a grandes presiones, laborales, académicas y económicas.

En consecuencia, el estrés implica una serie de síntomas que tienen que ser identificadas para ser atendidas a tiempo. Por otra parte, el estrés académico, es una de las clasificaciones del estrés, siendo esta causada por las demandas académicas que se asumen entre los estudiantes de las instituciones de educación superior o bien de las universidades, sin embargo, muchos de ellos suelen responder de manera activa a esta fase de tensión.

Por su parte [10] este complejo fenómeno implica consideración de variables interrelacionadas: estresores académicos, experiencia subjetiva, de estrés, moderadores del estrés académico y finalmente, efecto del estrés académico. siendo estas incidencias que intervienen en el proceso del estrés entre los estudiantes. [11] Entre las diferentes variables moderadoras del estrés académico, en la literatura se encuentran algunas biológicas como edad, género, psicosociales como estrategias de afrontamiento y apoyo social, psicoeducativas como el autoconcepto académico entre otras.

Partiendo de lo anterior, podemos decir de manera particular que el entorno que se genera en las universidades es un factor de riesgo para los estudiantes, ya que pueden estar sometidos a grandes presiones y tensiones académicas derivadas de evaluaciones, tareas, proyectos, siendo estas una gran variedad experiencias sujetas a la generación del estrés, presentándose momentos de nerviosismo, cansancio, ansiedad, fatiga, confusión, impaciencia, desesperación, molestia, causándoles una fuerte incapacidad de afrontamiento de sus compromisos académicos [12] consideran que el estrés académico afecta a variables tan diversas como el estado emocional, la salud física o las relaciones interpersonales, pudiendo ser vivenciadas de forma distinta por diferentes personas.

Por otra parte, las TIC y las redes sociales, juegan un papel muy importante en la nueva forma de ofrecer los conocimientos, de obtener la información y de alguna manera crear contenidos que cambian el modo de enseñar, de una manera digital en las aulas, sin embargo, estos rápidos cambios están teniendo un grave efecto en los estudiantes, ya que el proceso de adaptación suele tener una forma diferente de analizar e interpretar correctamente la información, generado así una desventaja de las TIC, aun nado a esto, también es factor causante de estrés, algunos autores le llaman tecno estrés, esto producido por uso de las mismas TIC.

El tecnoestrés se puede definir como un estado psicológico negativo relacionado con el uso de TIC o amenaza de su uso en un futuro. Ese estado viene condicionado por la percepción de un desajuste entre las demandas y los recursos relacionados con el uso de las TIC que lleva a un alto nivel de activación psicofisiológica no placentera y al desarrollo de actitudes negativas hacia las TIC. [13].

Se encontró [14] (citado en [15, p.65]) que el estrés tecnológico – también conocido como tecnoestrés, es una sensación de incapacidad para alcanzar un grado satisfactorio del dominio de la tecnología. Derivado de las definiciones anteriores, se puede entender que el tecnoestrés es causado por el uso de las tecnologías de información y comunicación entre los estudiantes universitarios. Parea cumplir con los objetivos de esta investigación, se tomaron en cuenta las dimensiones que se presentan en la Tabla 1 de acuerdo con la propuesta de los autores que se presentan en [16].

Tabla 1. Dimensiones del estrés tecnológico.

Dimensión	Concepto	Autor
Actitud frente a las TIC	Es la forma de adaptación a las TIC, en un sentido de amenaza en que los que la rechazan sufren estrés.	Alfaro de Prado Sagrera, (2008)
Estrés laboral o escolar	Es la preocupación que presenta el estudiante, al sentirse bajo presión, considerando que, ocasiona un bajo rendimiento académico.	Martínez Díaz y Díaz Gómez, (2007
Efectos del uso de las TIC	Son los efectos negativos que causa el uso de las TIC	Selanova, et. Al. (2007)
Redes sociales y TIC en la educación	Es el aprovechamiento académico que se originan al implementar estas herramientas como apoyo al aprendizaje	López Barbosa, (2018)

En este artículo se mencionan las causas que originan el estrés tecnológico en los estudiantes universitarios, por otra parte, se realizó una comparación de las diferencias en los niveles de estrés que tienen los estudiantes de las tres universidades analizadas.

Metodología

Hipótesis

El nivel de estrés provocado por el uso de las TIC en los alumnos es significativamente distinto con respecto a las tres universidades.

Diseño del estudio

La investigación se llevó a cabo a partir de un enfoque cuantitativo, su diseño fue no experimental de tipo transversal con alcance descriptivo. De acuerdo con los objetivos, para la recolección de datos se aplicó un instrumento a modo de encuesta, construido a partir de las variables: actitud hacia las TIC, estrés escolar, efecto del uso de las TIC y redes sociales y TIC en la educación. Se partió de la lógica estadística al identificar los atributos y percepciones comunes en los individuos participantes, sin pretender abordar ni interpretar sociológicamente el problema.

Análisis de confiabilidad del instrumento

Para evaluar las variables de interés, se dividió el instrumento en cuatro partes. La primera, con 20 ítems con respecto a la actitud hacia las TIC; la segunda, con 10 ítems referentes al estrés escolar; la tercera, con 10 ítems que midieron el efecto del uso de las TIC y la cuarta parte, compuesta por 19 ítems, correspondientes a las redes sociales y TIC en la educación. Asimismo, se estableció una escala del 1 al 5 donde 1= completamente de acuerdo y 5= completamente en desacuerdo, por lo que se consideró que valores mayores o igual que 3 significa una respuesta negativa.

De acuerdo con los análisis de confiabilidad Alfa de Cronbach (Tabla 2), en su totalidad el instrumento obtuvo un coeficiente de 0.905 lo cual representa una confiabilidad alta. En cuanto a cada uno de sus apartados, se obtuvo

que para la variable estrés escolar, el coeficiente fue de 0.612, lo que significa que su confiabilidad no es del todo aceptable. Sin embargo, los resultados obtenidos para las otras variables fueron aceptables ya que el coeficiente resultó ser entre 0.923 y 0.824. Por lo tanto, se concluye que el instrumento es confiable.

Tabla 2. Confiabilidad del instrumento.

Variable	Alfa de Cronbach	No. De ítems	Confiabilidad
Actitud hacia las TIC	0.0253	0.00497	1.293
Estrés escolar	0.0276	0.00528	1.207
Efecto del uso de las TIC	0.0332	0.00653	1.347
Redes sociales y TIC en la educación	0.0359	0.00654	1.385
General	0.0381	0.00741	1.335

Población y muestra

La población que se tomó en cuenta para esta investigación estuvo compuesta por los estudiantes de nivel superior pertenecientes a la Universidad Autónoma del Carmen (UNACAR), Universidad Veracruzana (UV) campus Coatzacoalcos y el Instituto Tecnológico de Mérida (ITM). Se aplicó un total de 715 cuestionarios a estudiantes de las tres universidades, que cursaban licenciaturas en distintos programas educativos que se ofertan en las escuelas o facultades de cada institución. En la Facultad de Ciencias Económicas Administrativas (FCEA) de la UNACAR se consideraron los cinco programas educativos (PE) de las licenciaturas en Administración de Empresas (LAE), en Contaduría (LC), en Mercadotecnia (LMKT), en Negocios Internacionales (LNI) y en Administración Turística (LAT).

Por otra parte, del Instituto Tecnológico de Mérida se consideró la licenciatura en Ingeniería en Sistemas Computacionales (ISC) que pertenecen al Departamento de Ingeniería en Sistemas Computacionales; y para el caso de la Universidad Veracruzana (UV) campus Coatzacoalcos, se tomó como población solo a los estudiantes pertenecientes a la Licenciatura en Administración de Empresas que cursaban el primero, tercero, quinto y séptimo semestre. Para el cálculo del tamaño de la muestra se hizo una estratificación tomando en cuenta los criterios mencionados (Tabla 3). Se utilizó un nivel de confianza del 95% y un margen de error del 5%. El muestreo fue no probabilístico por conveniencia, con representación en las tres universidades.

El trabajo se realizó en tres etapas: 1) la revisión bibliográfica que permitió el desarrollo del marco teórico; 2) la etapa empírica de la investigación, en la cual se realizó la recogida de datos a través de la aplicación del cuestionario; y 3) finalmente, en la última etapa se realizó el análisis de la base de datos con el programa IBM SPSS Statistics 24, de manera que se pudieron obtener resultados para dar respuesta al objetivo inicialmente planteado.

Tabla 3. Tamaño de la muestra por escuela.

Escuela	Estratos	Población	Muestra
Universidad Veracruzana Coatzacoalcos LAE	7mo semestre	78	65
	5to semestre	81	67
	3er semestre	89	72
	1er semestre	100	80
Instituto Tecnológico de Mérida	ISC	94	79
Universidad Autónoma del Carmen - FCEA	LAE	155	111
	LAT	27	25
	LC	139	102
	LMKT	37	34
	LNI	101	80
Total		901	715

Resultados y discusión

Resultados

Los resultados obtenidos a partir de una muestra de 715 estudiantes de las diferentes universidades involucradas revelan que, de estos, el 61.40% fueron mujeres y el 38.60% hombres, cuya edad promedio fue de 20.31 años con una desviación estándar de 2.17 años. Asimismo, el promedio de horas que hacen uso de las TIC al día fue de 6.74 horas con una desviación estándar de 5.05 horas.

Por otra parte, como se puede observar en la Tabla 4, referente a la actitud que tienen los estudiantes hacia las TIC, de manera general se puede destacar que, con un promedio de 3.56 y 3.54, se encontraron en desacuerdo con respecto a que éstas son para los jóvenes y que son considerados buenos utilizándolas. Asimismo, con promedios entre 2.65 y 3.45, se encontraron indecisos en cuestiones como: dudar a la hora de utilizar tecnologías por miedo a cometer errores, sentirse implicados en el uso de las TIC. Pensar que pueden destruir información por el uso inadecuado y si les cuesta trabajo dormir cuando tienen mucho trabajo relacionado con el uso de las TIC. Lo anterior se puede interpretar como una percepción de inseguridad al momento de usar las TIC, lo cual podría ser causante de estrés o algún tipo de ansiedad.

Tabla 4. Actitud hacia las TIC.

Ítems	Media	Desviación estándar
Las tics son para los jóvenes	3.56	1.280
La gente dice que soy bueno utilizando las tecnologías	3.54	1.124
Cada vez me siento menos implicado en el uso de las TIC.	3.45	1.200
Dudo a la hora de utilizar tecnologías por miedo a cometer errores	2.79	1.451
Me asusta pensar que puedo destruir información por el uso inadecuado de las TIC.	2.66	1.366
Frecuentemente me cuesta trabajo dormir cuando tengo mucho trabajo relacionado con TIC	2.65	1.197

En cuanto al estrés escolar, en la Tabla 5 se presentan, de manera general, algunos resultados representativos. En ese caso se puede mencionar que el mayor promedio fue de 3.25, es decir, los estudiantes se encuentran indecisos en cuestiones como oponer resistencia al uso de la tecnología y sobre la atención que prestan a los comerciales mientras hacen uso de Internet. Asimismo, un resultado relevante fue el obtenido para el ítem “me aburro cuando estoy con mis amigos o familiares por eso prefiero estar en Internet”, donde la mayoría mencionó estar indeciso, esto podría ser interpretado como un indicio de una leve adicción al uso del Internet.

Tabla 5. Estrés escolar.

Ítems	Media	Desviación estándar
Opongo resistencia al uso de la tecnología que supuestamente son para mejorar los procesos.	3.25	1.277
Ya hasta me sé los comerciales que me aparecen cuando estoy en Internet.	3.25	1.142
Me aburro cuando estoy con mis amigos o familiares por eso prefiero estar en Internet.	3.13	1.282
Estoy expuesto diariamente a una gran cantidad de información a través de las TIC.	2.46	1.289
Al despertar, reviso la hora y las notificaciones en mi celular.	2.23	1.315
Tengo varias ventanas abiertas en el navegador para realizar múltiples tareas al mismo tiempo.	2.18	1.342

Los resultados obtenidos con respecto al efecto del uso de las TIC se presentan en la Tabla 6. Se puede observar que el mayor promedio fue de 3.62 y le corresponde al ítem “mis amigos se enojan porque cuando nos reunimos yo me la paso con mi dispositivo”. Mientras que el menor promedio fue de 2.42, lo que significa que los estudiantes se encuentran de acuerdo en que cuando usan su dispositivo, pueden pasar horas sin darse cuenta. Esto se podría significar que el uso de los dispositivos móviles representa una distracción para los estudiantes que podría incidir negativamente en el cumplimiento de sus responsabilidades.

Tabla 6. Efecto del de las TIC.

Ítems	Media	Desviación estándar
Mis amigos se enojan porque cuando nos reunimos yo me la paso con mi dispositivo.	3.62	1.283
Cuando finalmente dejo el dispositivo me siento muy ansioso o nervioso y a veces hasta enojado.	3.58	1.295
A veces se me olvida comer cuando estoy usando mi dispositivo. TIC.	3.51	1.271
Me cuesta trabajo concentrarme en mi trabajo o en mi clase porque ya quiero usa mi dispositivo.	3.27	1.149
Los fines de semana me paso todo el día usando mi dispositivo.	2.99	1.192

Cuando uso mi dispositivo, pueden pasar horas sin darme cuenta.	2.42	1.204

Como se mencionó en la etapa previa de esta investigación, el uso de las TIC, incluyendo las redes sociales, como apoyo en la educación, ha ido en incremento. Sin embargo, de acuerdo con los resultados obtenidos, se puede mencionar que, de manera general, éstas no se están utilizando con fines académicos en las instituciones observadas.

Como se muestra en la Tabla7, la mayoría de los estudiantes mencionaron estar en desacuerdo en cuanto al uso de un grupo en redes sociales con fines académicos. Asimismo, se puede observar que se encuentran indecisos en cuanto al uso de videoconferencias, así como video llamadas para realizar actividades escolares.

Tabla 7. Redes sociales y TIC en la educación.

Ítems	Media	Desviación estándar
Tenemos un grupo de RSC con nuestro líder/coordinador solo con fines laborales/académicos.	3.53	1.065
El líder o coordinador nos avisa por la RSC sobre tareas o actividades.	3.47	1.134
En mi facultad usamos redes sociales creadas para fines educativos.	3.42	1.314
Cuando uso las TIC para mis clases o actividades todo es mucho mejor que no usarlas.	2.99	1.277
Las video conferencias grupales facilitan mi trabajo.	2.97	1.181
Usamos video llamadas usando al RSC para un mejor trabajo en equipo.	2.94	1.284

Comparación del tecno-estrés en entre las tres universidades

De acuerdo con los datos obtenidos, se realizó un Análisis de la Varianza (ANOVA) a una vía para determinar si existen diferencias significativas entre las tres universidades con respecto a las variables observadas. En ese sentido, el procedimiento consistió en obtener los promedios y las desviaciones estándar de cada variable con respecto a cada institución (Tabla 8). Posteriormente se realizó el análisis tomando en cuenta el siguiente planteamiento de hipótesis:

- H_0: El promedio de cada variable es igual en todas las universidades.
- H_1: No todos los promedios son iguales en todas las universidades.

Tabla 8. Promedio por variable e institución.

Variable	Institución	N	Media	Desviación estándar
Actitud hacia las TIC	UV Coatzacoalcos	284	2.93	0.28
	ITM	79	2.93	0.61
	UNACAR	352	3.37	0.68
	Total	715	3.15	0.59
Estrés escolar	UV Coatzacoalcos	284	2.77	0.37
	ITM	79	3.10	0.52
	UNACAR	352	2.81	0.69
	Total	715	2.82	0.58
Efecto del uso de las TIC	UV Coatzacoalcos	284	3.25	0.39
	ITM	79	2.32	0.93
	UNACAR	352	3.57	1.01
	Total	715	3.31	0.90
Redes sociales y TIC en la educación	UV Coatzacoalcos	284	2.44	0.56
	ITM	79	3.94	0.59
	UNACAR	352	3.72	0.61
	Total	715	3.23	0.87

Como se puede observar en la Tabla 9, se obtuvo un valor-p= 0.0000 en todos los casos. Tomando en cuenta un nivel de significancia α= 0.05 se puede concluir que los promedios de las variables difieren significativamente con respecto a cada institución. Por lo tanto, se procedió a realizar la prueba post-hoc HSD de Tukey para determinar estas diferencias.

Tabla 9. ANOVA para comparar los grupos.

Variable	Fuente de variación	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Actitud hacia las TIC	Entre grupos	35.002	2	17.501	58.896	0.000
	Dentro de grupos	211.570	712	0.297		
	Total	246.572	714			
Estrés escolar	Entre grupos	6.918	2	3.459	10.708	0.000
	Dentro de grupos	229.996	712	0.323		
	Total	236.915	714			
Efecto del uso de las TIC	Entre grupos	102.210	2	51.105	77.263	0.000
	Dentro de grupos	470.950	712	0.661		
	Total	573.160	714			
Redes sociales y TIC en la educación	Entre grupos	300.014	2	150.007	437.017	0.000
	Dentro de grupos	244.396	712	0.343		
	Total	544.409	714			

De acuerdo con los resultados obtenidos a partir de la prueba Post-Hoc HSD de Tukey, se encontró que, en cuanto a la actitud hacia las TIC, la UNACAR difiere significativamente del resto de instituciones. Siendo ésta la que obtuvo el mayor promedio en dicha variable.

Con respecto al estrés escolar, fue el ITM que difiere significativamente, con un promedio de 3.10. Mientras tanto, para el caso de la UNACAR y la UV el promedio fue el mismo. En el caso del efecto del uso de las TIC, se puede observar que existen diferencias estadísticamente significativas en las tres universidades, siendo el ITM donde se presentó el menor promedio y la UNACAR con el mayor promedio. Asimismo, las tres universidades difieren significativamente con respecto al uso de las redes sociales y las TIC en la educación, siendo la UV quien obtuvo el menor promedio y el ITM el mayor promedio.

Tabla 10. Prueba HSD Tukey para comparación de medias por grupo.

Variable	Institución	N	1	2	3
Actitud hacia las TIC	ITM	79	2.93		
	UV Coatzacoalcos	284	2.93		
	UNACAR	352		3.37	
	Sig.		0.998	1.000	
Estrés escolar	UV Coatzacoalcos	284	2.77		
	UNACAR	352	2.81		
	ITM	79		3.10	
	Sig.		0.774	1.000	
Efecto del uso de las TIC	ITM	79	2.32		
	UV Coatzacoalcos	284		3.25	
	UNACAR	352			3.57
	Sig.		1.000	1.000	1.000
Redes sociales y TIC en la educación	UV Coatzacoalcos	284	2.44		
	UNACAR	352		3.72	
	ITM	79			3.94
	Sig.		1.000	1.000	1.000

Conclusiones

En esta investigación se pudieron identificar las diferencias en el nivel de estrés causado por el uso de las TIC en alumnos de tres universidades, estas diferencias pueden deberse a múltiples factores. Sin embargo, considerando los distintos contextos en los que se encontraban los estudiantes, se pudieron obtener los resultados aquí presentados. Los datos se pudieron obtener a partir de la aplicación de un instrumento a modo de encuesta compuesto por cinco partes, donde se midió la actitud hacia las TIC, el estrés escolar, el efecto del uso de las TIC y el uso de las redes sociales y las TIC en la educación. Asimismo, se recolectaron datos sociodemográficos que permitieron describir las características de la muestra observada.
De acuerdo con los resultados obtenidos, se puede concluir lo siguiente:

- Los alumnos presentan indicios de estrés provocado por el uso de TIC en las universidades observadas.

- En cuanto a la actitud hacia las TIC, la UNACAR difiere significativamente, siendo la que obtuvo el mayor promedio.
- En el caso del estrés escolar, el ITM difiere significativamente siendo la escuela con mayor promedio obtenido en este rubro.
- Referente al efecto de uso de las TIC las tres universidades difieren significativamente, siendo ITM la más baja y UANCAR la más alta.
- Con respecto al uso de la redes sociales y TIC en la educación, las tres universidades difieren significativamente, siendo UV la más baja y el ITM la más alta.

Se puede apreciar que existen diferencias significativas en cuanto al nivel de tecno estrés en las tres universidades, se concluye un efecto significativo en cuanto al nivel de estrés provocado por el uso de las TIC en relación con las actividades académicas, lo cual podría impactar en el rendimiento académico de los estudiantes. Se recomienda continuar con el estudio a un nivel correlacional, para determinar si existe relación entre el nivel de estrés provocado por el uso de TIC y el rendimiento académico de los alumnos y describir cómo es esa relación.

Referencias

[1] R. López García et al., "Vista de Estrés e ideación suicida en estudiantes universitarios", *Revistas.uaa.mx*, 2020. [Online]. Available: https://revistas.uaa.mx/index.php/luxmedica/article/view/710/687. [Accessed: 23- Feb- 2020].

[2] A. Griffiths, , G. Leka y T. Cox, "*La organización del trabajo y el estrés : estrategias sistemáticas de solución de problemas para empleadores, personal directivo y representantes sindicales",* p. 3, 2004.

[3] B. Sandín, "El estrés: un análisis basado en el papel de los factores sociales", *Sistema de Información Científica Redalyc Red de Revistas Científicas*, no. 33730109, pp. 141- 157, 2003.

[4] Dyson, R. y Renk, K, *Freshmen adaptation to university life: Depressive symptoms, stress and doping.* Journal of Clinical Psychology, 62, 1231-1244, (2006).

[5] Putwain, D, "*Researching academic stress and anxiety in students: Some methodological considerations".* British Educational Research Journal, 33, 207-219, (2007).

[6] W.Cannon, "Dos sesgos fundamentales", *Revista Española de Neuropsicología*, no. 6, p. 31, 2004.

[7] J. Ayuso Marente, "Profesión docente y estrés laboral: una aproximación a los conceptos de Estrés Laboral y Burnout", *Revista Iberoamericana de Educación*, p. 2.

[8] E. Reverchon, S. Cardea, and C. Rapuano, "Formation of poly-vinyl-alcohol structures by supercritical CO2," *Journal of Applied Polymer Science,* vol. 104, no. 5, pp. 3151-3160, 2007.

[9] M. Naranjo Pereira, "UNA REVISIÓN TEÓRICA SOBRE EL ESTRÉS Y ALGUNOS ASPECTOS RELEVANTES DE ÉSTE EN EL ÁMBITO EDUCATIVO", Educación, no. 2, p. 174, 2009.

[10] I. Martín Mozón, "Estrés académico en estudiantes universitarios", *Apuntes de Psicología*, no. 1, p. 89, 2007.

[11] E. Bedoya Cardona, "Factores Moderadores del Estrés Académico en Estudiantes Universitarios", *Ucc.edu.co*, 2017. [Online]. disponible: https://www.ucc.edu.co/prensa/2016/Paginas/factores-moderadores-del-estres-academico-en-estudiantes-universitarios.aspx. [Acceso: 24- Mar- 2020].

[12] S. De Rearte and E. y Castaldo, "FACTORES CAUSALES DEL ESTRÉS EN LOS ESTUDIANTES UNIVERSITARIOS", en Congreso Internacional de Investigación y Práctica Profesional en Psicología XX Jornadas de Investigación Noveno Encuentro de Investigadores en Psicología del MERCOSUR., 2013, p. 292.

[13] M. Salanova Soria, "Trabajando con tecnologías y afrontando el tecnoestrés: el rol de las creencias de eficacia", *Revista de Psicología del Trabajo y de las Organizaciones*, no. 3, p. 231, 2003.

[14] R. López Barbosa, "Encuesta Estrés Tecnológico", 2018.

[15] A. Sánchez Macía, V. Azuara Pugliese and M. Martínez Cerda, "LAS TIC EN EL PEA Y EL ESTRÉS TECNOLÓGICO EN ESTUDIANTES DE LA CARAO- UASLP", in *Ecos 2019 EXPERIENCIAS DOCENTES COLOQUIO INSTITUCIONAL*, Universidad Autónoma de San Luis Potosí, 2020, p. 65.

[16] M. Veytia Bucheli, A. Macías and V. Azuara Pugliese, "El estrés tecnológico y el uso de las TIC en proceso académico en estudiantes de la FCEA de la UNACAR", 2019.

Análisis comparativo CACECA–CIEES, para la acreditación de un programa educativo en el ITSTB

C. R. Reyes Hernández [1], Ma. G. Trujillo Espinoza[2], Ma. R. Acevedo Serrano[3]R. Chávez Rodriguez [4], J.Estevez Lavín [5]

[1]Departamento de subdirección académica. Tecnológico Nacional de México, Campus Tierra Blanca.
[2]Departamento de Licenciatura en Contaduría. Tecnológico Nacional de México, Campus Tierra Blanca.
[3]Departamento de Ingeniería Industrial. Tecnológico Nacional de México, Campus Tierra Blanca
[4]Departamento de Ingeniería en administración. Tecnológico Nacional de México, Campus Tierra Blanca.
[5]Departamento Planeación y vinculación. Tecnológico Nacional de México, Campus Tierra Blanca
Prol. Av. Veracruz S/N esq. Héroes de Puebla. Col. Pemex, C.P. 95180, Tierra Blanca, Ver.

ubi.reyes@itstb.edu.mx

***Área de participación**: Ingeniería Administrativa*

Resumen

El propósito fundamental de las evaluaciones que realizan los organismos acreditadores de CACECA y CIEES es contribuir a mejorar la calidad de la educación superior. La evaluación de programas educativos de tipo superior tiene grandes beneficios para la sociedad cuando son reconocidos por organismos internacionales, este hecho brinda información y garantías a los interesados (estudiantes, padres, autoridades educativas, asociaciones profesionales, etc.) ofreciendo profesionales competentes dentro del Área económica administrativa en el entorno actual. Mediante el método de factores ponderados, se analizaron 16 aspectos que son considerados para la toma de decisiones mediante una evaluación cuantitativa, se determinó cuál es el organismo más idóneo para la acreditación del programa educativo de Contador Público del Tecnológico Nacional de México Campus Tierra Blanca.

***Palabras clave**: Acreditación, Organismos acreditadores, Evaluación, Criterios.*

Abstract

The fundamental purpose of the evaluations carried out by the CACECA and CIEES accrediting bodies is to help improve the quality of higher education. The evaluation of educational programs of a higher type has great benefits for society when they are recognized by international organizations, this fact provides information and guarantees to interested parties (students, parents, educational authorities, professional associations, etc.) offering competent professionals within the administrative economic area in the current environment. Using the method of weighted factors, 16 aspects that are considered for decision making were analyzed through a quantitative evaluation, it was determined which is the most suitable body for the accreditation of the public accountant educational program of the Tecnológico Nacional de México Campus Tierra Blanca.

***Key words**: Accreditation, Accrediting organizations, Evaluation, Criteria*

Introducción

Hoy en día las acreditaciones son de suma importancia en las instituciones de educación superior, es por ello que estas se preocupan por buscar organismos que establezcan un proceso enfocado a la evaluación de la calidad en los programas educativos de forma especializada. Ante esta situación se espera que un proceso de certificación implique la disposición o actitud de las autoridades educativas hacia una mejora continua, debido a que este proceso es voluntario.

Al alcanzar esta acreditación se obtienen ciertos beneficios como institución tales como:

- Obtención de recursos.
- Reconocimiento y prestigio social.
- Mejoramiento del desempeño de las IES.
- Creación de mecanismos de mejora continua.
- Eleva el nivel académico de los programas educativos y la competitividad del instituto.
- Satisface las demandas y expectativas de la sociedad con servicios educativos de calidad.
- Competitividad de los egresados en un entorno global con la internacionalización de la educación.

Existen organismos acreditadores que se ocupan de evaluar y certificar la calidad de las instituciones que integran el sector público y privado de la educación como lo son: El Consejo para la Acreditación de la Educación Superior (COPAES), la ANUIES y la Federación de Instituciones Mexicanas Particulares de Educación Superior (FIMPES). Las tres tienen estándares que coinciden y procedimientos que difieren entre sí, el propósito común es asegurar que las Instituciones de Educación Superior (IES) cumplan con la calidad académica requerida. Sin embargo, sus certificaciones son voluntarias y opcionales. Por lo tanto, al contar con tal carácter las certificaciones son de limitada influencia al mejoramiento de la calidad académica del sector de educación superior, no todas las instituciones se interesan en someterse a un proceso de esta naturaleza.

Es por eso que dentro de la institución se busca alcanzar dicha acreditación preocupados por el bienestar de su comunidad tecnológica, por ello se analizan los criterios que ofrecen los organismos de **CACECA** (Consejo de Acreditación en Ciencias Administrativas, contables y a fines) y **CIEES** (Consejo interinstitucionales para la evaluación de la educación superior). Ambos organismos certificadores establecen diferentes criterios de evaluación los cuales se analizaran a través de la presente investigación.

El Programa educativo de contador público tuvo su inicio en el Tecnológico Nacional de México Campus Tierra Blanca en el año 2010, siendo una de las Instituciones que oferta dicho programa en el Estado de Veracruz. La carrera de Contador Público es una carrera que atiende actualmente una matrícula de 311 alumnos en sistema escolarizado y semi-escolarizado en las áreas de finanzas, fiscal, auditoría, costos, administración de las empresas del sector público y privado, teniendo 5 exitosas generaciones de egresados, por lo que cuenta con una gran demanda a nivel regional, nacional e internacional. Uno de los principales retos del programa educativo es brindar los recursos materiales, humanos y de servicios necesarios a los estudiantes para que construyan los saberes necesarios que les garanticen una adecuada inserción en el campo laboral. Como programa educativo existe el compromiso con la calidad de la educación, motivo por el cual, se ha esforzado por cumplir los requisitos que establecen los sistemas de calidad y marcos de referencia de organismos acreditadores, es por ello que estamos realizando esta investigación para poder determinar cuál es el organismo idóneo para llevar acabo la certificación.

 ISSN 2007-8102

Metodología

El presente trabajo consiste en una investigación documental de carácter cuantitativo, referente a las diferencias significativas entre dos instituciones certificadoras de educación superior, a partir de la bibliografía existente se realizó un análisis de contenidos, examinando los diferentes factores que de acuerdo a la institución considera importante para determinar el organismo más factible.

Se utilizó el método de factores ponderados para evaluar de forma cuantitativa los puntos a considerar para la toma de decisiones como lo son: brindar asesoría y capacitación al personal, los costos de adquisición y cursos, los tiempos de respuestas, la accesibilidad a plataforma e información, la pertinencia a padrón de programas de buena calidad, reconocimiento por COPAES, así como las categorías y criterios a evaluar en cada una, oportunidades de certificación para todos los programas educativos del institutos entre otros.

Se asignó un peso relativo de cada criterio en términos porcentuales, la evaluación de cada alternativa se estableció un puntaje de calificación del 1 al 10, donde 10 es el máximo y el 1 es el minino, con base a los datos recolectados de cada organismo certificador. Se seleccionó el organismo que obtuvo el mayor puntaje de acuerdo a la valoración. Aunado al análisis cuantitativo se consideraron aspectos cualitativos derivados factores auditables que considera cada certificador.

La evaluación de la educación superior se realiza en conjunto con instancias y organismos que el gobierno federal ha trabajado buscando su coordinación en un Sistema Nacional de Evaluación y Acreditación. Estos son los Comités Interinstitucionales para la Evaluación de la Educación Superior (CIEES) [1]este organismo fue creado en 1991 en el seno de la Asociación Nacional de Universidades e Instituciones de Educación Superior (ANUIES) y con el aval de la Secretaría de Educación Pública (SEP) para realizar evaluaciones diagnósticas sobre la Educación Superior en México. Actualmente evalúan y acreditan la calidad de los programas educativos (carreras universitarias) de tipo superior a lo largo y ancho del país [2]. Por su parte CACECA (Consejo de Acreditación en Ciencias Administrativas, contables y a fines) Es un organismo no gubernamental, que promueve la evaluación de programas académicos en el nivel superior bajo estándares internacionales y con fines de acreditación. Única agencia acreditadora en las áreas de Contaduría, Administración y afines. Asegura la calidad y pertinencia de los programas académicos impartidos por las IES públicas y privadas. Avalado y reconocido por el Consejo para la Acreditación de la Educación Superior (COPAES). [3]

De acuerdo a la FAO [4] (Food and Agriculture Organizatión of the United Nations) la Acreditación es el reconocimiento de la conformidad de un organismo de certificación a los requisitos de la norma. La acreditación garantiza el reconocimiento mutuo de los organismos de certificación a nivel internacional. Mediante la acreditación se logra el reconocimiento formal de la calidad de una institución o programa educativo, a través del órgano operador correspondiente, el cuál emite un informe de evaluación externa emitido por una entidad evaluadora, de acuerdo con las normas vigentes. Toda acreditación es temporal, voluntaria y su renovación implica necesariamente un nuevo proceso de autoevaluación y evaluación externa. [5]

Se realiza una comparación de la metodología que siguen los organismos certificadores y los criterios para la evaluación, así como los procedimientos que adoptan en el proceso de la evaluación a la institución de educación superior. En la tabla 1 se muestra los diferentes ejes rectores que establecen cada institución certificadora.

Dentro de los cuales podemos encontrar que los más significativos son:

 ISSN 2007-8102

Organismos Acreditadores				
CACECA		**CIEES**		
Categorías	**Criterios**	**Ejes**	**Categorías**	**Criterios**
1. Personal Académico	8	I. Fundamentos y condiciones de operación	1. Propósitos del programa	4
2. Estudiantes	6		2. Condiciones generales de operación del programa	5
3.Plan de Estudios	8	II. Currículo específico y genérico	3. Modelo educativo y plan de estudios	3
4. Evaluación del Aprendizaje	2		4. Actividades para la formación integral	4
5. Formación Integral	7	III.Tránsito de los estudiantes por el programa	5. Proceso de ingreso al programa	3
6. Apoyo al Aprendizaje	3		6. Trayectoria escolar	3
7. Vinculación Extensión	6		7. Egreso del programa	2
8. Investigación	4	IV. Resultados	8. Resultados de los estudiantes	6
9. Infraestructura y Equipamiento	2		9. Resultados del programa	5
10. Gestión Administrativa y Financiamiento	3	V. Personal académico, infraestructura y servicios	10. Personal académico	4
			11. Infraestructura académica	5
			12. Servicios de apoyo	5
Total criterios	**49**		**Total criterios**	**49**

Tabla No. 1 Comparativo de las categorías CACECA-CIEES. Fuente de elaboración: Propia

En relación con la tabla anterior se analizaron las categorías y criterios del organismo acreditador CACECA, (Consejo de Acreditación en Ciencias Administrativas, contables y a fines), el cual maneja 10 categorías, 49 criterios y 170 indicadores en donde nos hace un total de 1000 puntos y nos da el parámetro de aprobación a partir de 701 puntos. Por otro lado CIEES (Consejo interinstitucionales para la evaluación de la educación superior). Maneja 5 ejes y 12 categorías y 49 criterios este organismo solicita formar un equipo de trabajo encabezado por el jefe de carrera del programa educativo el cual deberá llenar un cuestionario sobre el cumplimiento de cada uno de esos estándares, así como evaluar las fortalezas y debilidades que se tenga en cada categoría.

Después de este análisis de categorías se identificó que CIEES realiza una evaluación de carácter cualitativo respecto a los productos presentados dentro de cada una de sus categorías en relación a CACECA el cuál realiza este proceso de manera cuantitativa.

Resultados y discusión

En la actualidad la búsqueda de calidad en las organizaciones es muy importante, no dejando de lado el sector educativo, donde se egresan la fuerza laboral de nuestro país, es por ello, que recae la importancia de contar con instituciones de educación superior que ofrezcan programas educativos de calidad. Para cumplir con este objetivo las instituciones deben de elegir organismos certificadores que ofrezcan mayores beneficios en pro de la institución y los estudiantes.

Por lo anterior la institución consideró diferentes aspectos que impactan en la toma de decisiones en cuanto a la certificación, los más significativos son, pertenecer a un padrón de programas de buena calidad (PPBC) así mismo ser reconocidos por COPAES. Otro de los aspectos son los costos del proceso como son: la capacitación del personal y la certificación del programa educativo.

La búsqueda de una institución que certifique la mayor cantidad de programas educativos que incluya licenciaturas e ingeniería es uno de los aspectos trascendentales, de igual forma la vigencia de la certificación añade una puntuación sustancial, considerando la integración de las categorías, criterios e indicadores que cada organismo requiere para la certificación.

Dentro de los factores con menor impacto se encuentran, las visitas de campo que representan una mejora continua al dar seguimiento a los procesos desde la captación de los estudiantes hasta el seguimiento de egresados, otro elemento que se consideró es la atención brindada por la institución certificadora, en la consulta sobre los procesos, acceso a la información, el llenado y la revisión de la autoevaluación entre otros.

CRITERIOS A EVALUAR	PESO RELATIVO (%)	CACECA		CIEES		PONDERACIÓN CACECA	PONDERACIÓN CIEES
		Descripción	Calificación	Descripción	Calificación		
Consultas sobre los procesos de evaluación	8	Una vez realizado el pago	5	En todo momento	10	40	80
Solicitud de una evaluación (IES)	2	1 día	9	1 día	9	18	18
Permitir acceso a la consulta de información	3	No permite acceso	3	2 días	7	9	21
Llenado de la autoevaluación (IES)	5	No hay un tiempo estimado puede ser hasta 12 meses	10	Hasta 5 meses	5	50	25
Revisión de la autoevaluación	3	No tiene tiempo estimado de revisión.	5	2 semanas	8	15	24
Concertar la visita en sitio	3	4 semanas	8	6 semanas	6	24	18
Visita en sitio	2	3 dias	7	3 dias	7	14	14
Elaboración y envío de informe y dictamen	3	4 semanas	7	3 semanas	8	21	24
Padrón de programas de buena calidad (PPBC)	10	No	1	Si	10	10	100
Duración de la acreditación	8	3 a 5 años	9	3 a 5 años	9	72	72
Visitas de Seguimientos	5	2 veces	8	4 visitas	10	40	50
Costo de capacitación por persona	8	$4,640 por persona	5	Se cubren viaticos del instructor	8	40	64
Costo del proceso de certificación	10	$120,640.00	7	$100,000.00	10	70	100
Reconocidos por Copaes	10	Si	10	Si	10	100	100
Categorias y criterios a Evaluar	10	10/49 criterios	10	12/49 criterios	8	100	80
Acredita a licenciaturas e ingenierías	10	Area economico-administrativo	5	Licenciaturas e ingenieras en general	10	50	100
	100					**673**	**890**

Tabla No. 2 Factores ponderados CACECA-CIEES. Fuente de elaboración: Propia

Después de analizar y valorar ambos organismos acreditadores se determinó que el organismo más conveniente para la certificación del programa educativo es CIEES, el cual obtuvo una puntación de 890 superior a los alcanzados por CACECA, siendo CIEES el que otorga un costo-beneficio debido que a que evalúa y acredita (mediante pares académicos externos), otra de los beneficios es formar parte del Padrón Nacional de Programas Educativos de Calidad (PNPEC) publicado por la Secretaría de Educación Pública. Al estar certificado por esta institución y ser parte del padrón de (PNPEC) se puede acceder a estímulos financieros con mayor facilidad y además conformar equipos de trabajo y pares académicos externos que puedan vincular con instituciones hermanas.

Al buscar la certificación de los 9 programas educativos con los que cuenta la institución se requiere una inversión aproximada de $1,260,000 pesos, esto derivado de la necesidad de recurrir a 2 organismos certificadores distintos CACECA para el área económico-administrativo y CACEI para las ingenierías, por otro lado, a través de CIEES permite acreditar programas educativos de licenciaturas e ingenierías ,el costo de certificación de todos las carreras oscila entre los $900,000 lo que representa un ahorro significativo para la institución.

Otro beneficio inherente es la facilidad del trabajo en la gestión homologando todos los procesos académicos, financieros, de planeación y vinculación, con la unificación de criterios y formatos para las carreras evitando el retrabajo en cada una de las áreas involucradas en el proceso lo que promueve y facilita el trabajo en equipo.

Una razón más por la que se considera la mejor opción CIEES, es porque permite acceder a la información sin tener que realizar pagos anticipados, así mismo admite la conformación de pares académicos que brindan asesorías para llevar acabo las actividades necesarias para la elaboración de la autoevaluación

A diferencia de CACECA, CIEES evalúa las fortalezas y las debilidades, de cada una de las categorías requeridas en la certificación, dando pauta a la implementación de programas de mejora continua en las diferentes áreas.

La metodología de evaluación de CIEES implica la observación y revisión de categorías e indicadores; sin embargo, durante el proceso de evaluación no se asienta o marca puntajes para cada una, sino que se describe de forma inicial el proceso, valoran por el equipo de trabajo de acuerdo al cumplimiento de los estándares de cada categoría que va desde optimo, adecuado, suficiente, insuficiente y no aplica; caso contrario de CACECA establece evidencias que deben cumplirse de acuerdo a lo solicitado por el organismo para asignar un puntaje, siendo necesario obtener un mínimo de 701 puntos para acceder a la acreditación.

CIEES evalúa a través de equipos de trabajo, mediante narrativas integradas por los miembros de la academia, a diferencia de CACECA donde el jefe de área es el que realiza la recopilación de la información.

Por todo lo anterior, después de realizar el análisis se recomienda a la institución llevar el proceso de acreditación del programa educativo de Contador Público con el organismo certificador CIEES, al tener la mayor puntuación de acuerdo a la ponderación ilustrada en la Tabla 2, además de contar con los beneficios antes mencionados, logrando así cumplir con el objetivo de alcanzar programas educativos de calidad acreditados en el instituto.

Trabajo a futuro

El trabajo a futuro es la realización de la acreditación del programa educativo de Contador Público, mediante la documentación de la información y conformación del equipo evaluador, para posteriormente aplicarla en los diversos programas.

Conclusiones

A partir de la información analizada se llega a la conclusión que las acreditaciones establecen estándares, los cuales al cumplirse elevan la calidad educativa que se le brindan a los futuros profesionistas de nuestro país, de alguna manera permiten el análisis de la situación actual y su redefinición para adoptar medidas de mejora continua que permitan la permanencia y la aceptación social de la institución.

El proceso de acreditación y certificación de la carrera de contador público contribuye a establecer las bases y las necesidades propias de la innovación en todos los ámbitos en todos ámbitos del Instituto, puesto que propone el trabajo colegiado, la transparencia y precisión de procedimientos administrativos para el mejoramiento institucional y la construcción de una cultura de calidad. La información obtenida a lo largo de nuestra investigación sobre el proceso de los dos organismos

acreditadores en el cual se consideraron diferentes criterios que constituyen un sistema de información muy relevante para la retroalimentación de todos los procesos que involucra la acreditación los datos también permiten darse cuenta de las debilidades y fortalezas. Es de suma importancia la comunicación con los demás programas académicos para externar sugerencias que pueden ser útiles en la realización de sus procesos y poder realizar la acreditación de los programas académicos con los que cuenta la institución.

Tomando en consideración los criterios establecidos con antelación, se concluye que la alternativa que cumple con las necesidades que tiene la institución es el organismo certificador CIEES, debido a que tiene las mejores condiciones para que se lleve a cabo el proceso de certificación.

Referencias

[1] R. L. Valdés, «La acreditación y certificación de la Educación Superior en México: por la mejora continua,» *COEPES,* vol. 8, nº 3, Nov, 2013.

[2] CIEES, «Comite Interinstitucional para la Evaluación de la Educación Superior,» Copyright 2019 , 15 Enero 2019. [En línea]. Available: https://www.ciees.edu.mx/. [Último acceso: 25 Enero 2020].

[3] CACECA, «Consejo de Acreditación en Cidencias Administrativas, contables y a fines,» Derechos reservados , 20 Enero 2020. [En línea]. Available: https://www.caceca.org/. [Último acceso: 29 Enero 2020].

[4] P. S. Jean-Claude Pons, «Manual de Capacitación - Certificación de Calidad de los Alimentos Orientada a Sellos de Atributos de Valor en Países de América Latina,» *ECOCERT y FAO,* vol. 1, nº 1, 2002.

[5] D. W. O. Terrones, «¿Acreditación?:¿Resultado o proceso? ¿Cuál es nuestro compromiso?,» *Revista Medica de Trujillo,* vol. 11, nº 1, 2015.

Implementación de un sistema de gestión en empresa de control de plagas mediante software especializado

L. Sandoval Arellano[1], N. Ortega Petterson[1], E. A. Romero Flores[1], F. Aguirre y Hernández[1], M. Panzi Utrera[1]*
[1]Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico de Orizaba, División de Estudios de Posgrado e Investigación, Oriente 9, Emiliano Zapata Sur, C.P. 94330, Orizaba, Veracruz, México.
**lucsa88@gmail.com*

***Área de participación**: Ingeniería Administración*

Resumen

En la actualidad las empresas enfrentan retos relacionados con el control en sus procesos internos. Estos retos son de suma importancia, ya que el desempeño de estos procesos, determinan el éxito o fracaso empresarial. De igual manera, las organizaciones requieren desarrollar cambios internos que les garanticen su supervivencia en el mercado y poder sobresalir respecto a su competencia. Es por ello, que el presente trabajo desarrolló una serie de actividades para diseñar un sistema de gestión para una empresa especializada en control de plagas localizada en la ciudad de Orizaba, Veracruz, con el fin de perfeccionar y mejorar sus procesos clave por medio de una herramienta tecnológica que permita llevar el control en tiempo real y de manera más accesible de sus procesos internos, reduciendo el tiempo de trabajo y realizando las actividades de manera correcta.

***Palabras clave**: Sistema de gestión, procesos críticos, mejora, TIC's*

Abstract

Nowadays, companies face challenges related to control in their internal processes. These challenges are extremely important, because the performance of these processes determines the success or failure of the company. Similarly, organizations need to develop internal changes that guarantee their survival in the market and to be able to stand out from their competition. For this reason, this paper developed a series of activities to design a management system for a company specialized in pest control located in the city of Orizaba, Veracruz, in order to perfect and improve its key processes through a technological tool that allows control in real time and in a more accessible way its internal processes, reducing work time and performing the activities correctly.

***Key words**: Management system, critical processes, betterment, ICT's*

Introducción

En México, para el año 2018 se registraron 4.1 millones de MiPyME's (Micro, Pequeñas y Medianas Empresas), de las cuales las PyME's (Pequeñas y Medianas Empresas) representan el 2.7%. Sin embargo, para el año 2017 solo el 14.4% de PyME´s monitorean de 1 a 2 indicadores de desempeño, el 28.2% de 3 a 5 indicadores, el 13.4% de 6 a 9 indicadores, el 8.8% evalúan 10 o más indicadores y el 35.2% no monitorean ningún indicador [1]. En la actualidad, en un mundo globalizado, es indispensable que las organizaciones desarrollen estrategias que les permitan estar a la par de la competencia, pues la mayoría de estas empresas no superan los 10 años de vida. Y aunque sobrevivan su primera década, deben renovarse conforme a las exigencias de su entorno para mantenerse a flote. Además, uno de los problemas que se presenta en las empresas, es la falta de un sistema de control interno que avalen la eficiencia en sus servicios [2]. Es por ello, que se detecta

la necesidad de mejorar continuamente los controles en las empresas para permitir su crecimiento empresarial.

En esta época, la utilización de varias herramientas ayuda a un análisis completo de la gestión empresarial para lograr una detección oportuna de las variables que influyen en el éxito organizacional [3]. Es por ello que se propusieron diferentes herramientas a utilizar para ayudar a la empresa de estudio, a mejorar el control de sus procesos internos, como lo son:

1. Entrevistas, estas permiten obtener información referente a todo lo relacionado con la secuencia de las actividades que se realizan [4].
2. Diagramas de flujo, ayudan a representar los procesos de un trabajo, detallando cómo se debe realizar paso a paso [5].
3. Herramienta SIGMIL, la cual es una metodología que comprende un conjunto de herramientas como el diagrama de afinidad, el principio de Pareto, el análisis FODA entre otros. Permite guiar a la empresa hacia el cumplimiento de su misión y objetivos [6].
4. *Balanced Scorecard*, por sus siglas en inglés BSC o Cuadro de Mando Integral, permite coordinar y encaminar la estrategia empresarial con el comportamiento de las personas, mejorando el modelo de planificación y gestión [7].
5. TIC's (Tecnologías de la Información y Comunicación), son las herramientas, sistemas y programas informáticos que se utilizan para transferir información entre personas interesadas [8].
6. Y principalmente un sistema de gestión, ya que este permite controlar la operación administrativa de cualquier empresa, documentando sus procesos [9].

El presente trabajo se realizó en una pequeña empresa que se especializa en el control de plagas, y la cual presentó problemas relacionados a sus procesos internos en el área operativa, pues existían atrasos en sus actividades, duplicidad de tareas, una descentralización de medios, una falta de seguimiento a peticiones y una comunicación ineficiente. Todos estos inconvenientes afectaron a sus indicadores en un incremento en quejas y reclamaciones por parte de los clientes.

Se pretendió que, desarrollando las herramientas antes mencionadas, unificándolas en un sistema de gestión y diseñando un software especializado, ayudaría a mejorar la realización de los procesos y la comunicación interna de la empresa de estudio, ya que la utilización de las TIC's potencia el rendimiento general de cualquier organización y ayuda a los trabajadores que se desempeñen de mejor manera [10].

Metodología

Para la realización del trabajo presente, se desarrolló una metodología dividida en tres etapas. La primera consistió en analizar de manera detallada la situación de la empresa por medio de un diagnóstico de una encuesta y se complementó con entrevistas a los trabajadores y otras herramientas, ya que por medio de esta información se establecieron los procesos significativos en los que se trabajó para resolver la problemática. La segunda etapa, radicó principalmente en trabajar con la herramienta SIGMIL para elaborar el *Balanced Scorecard*. En la tercera y última etapa, se diseñaron las características del sistema de gestión y se determinaron sus requerimientos, para crear la herramienta de software que permitió automatizar y controlar los procesos, pues es una de las ventajas que proporcionan las TIC´s.

 ISSN 2007-8102

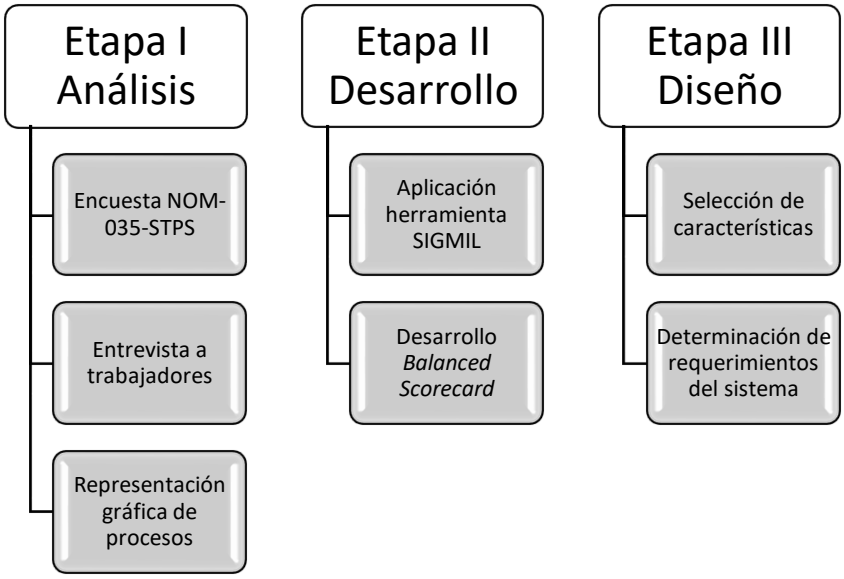


Figura 1. Metodología para la implementación del sistema de gestión

Resultados y discusión

Etapa I - Análisis

En la primera etapa de análisis, se realizaron tres actividades principales. Respecto a los resultados alcanzados en la encuesta NOM-035-STPS la calificación final que se obtuvo fue de 68.74, ubicando a la empresa en un nivel de riesgo medio de acuerdo la Norma. Esta requiere que se revise la política de prevención de riesgos psicosociales y programas de prevención de los factores de riesgo, de igual manera se debe promocionar un entorno organizacional favorable [11].

Con relación a las entrevistas que se realizaron a los trabajadores del área operativa, mencionaron que de 210 servicios que se realizan al mes, la mitad, es decir 105 presentan diferentes tipos de problemas como por ejemplo la cancelación del servicio cuando el personal ya está en las instalaciones del cliente, la falta de equipo necesario para realizar el servicio y el atraso de actividades por requerir la autorización entre otros. Además, conforme al Gráfico 1, el 61.11% de los colaboradores consideran que la comunicación interna de la empresa es buena, el 11.11% que es excelente y el resto de 27.78% que es regular. Referente a la satisfacción que muestran los colaboradores a la hora de realizar sus labores, se observa en el Gráfico 2 que el 66.67% se sienten muy satisfechos, y el resto, el 33.33% solamente algo satisfechos.

 ISSN 2007-8102

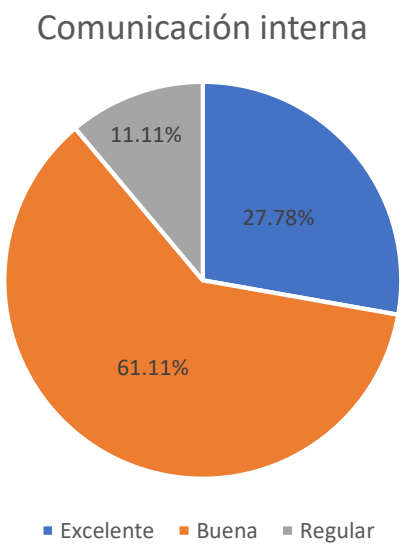


Gráfico 1. Comunicación interna de la empresa

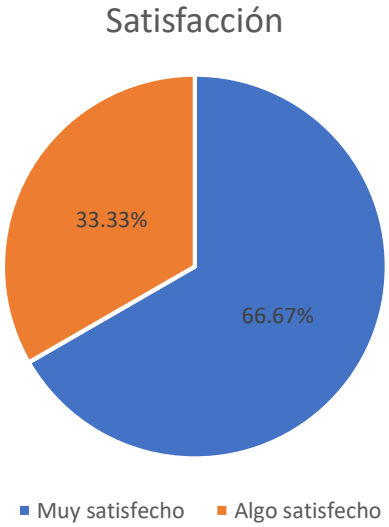


Gráfico 2. Satisfacción de realizar el trabajo

La tercera actividad que se realizó en la primera etapa, fue la de graficar los procesos más importantes de la empresa, los cuales fueron seis: asignación de un servicio, preparación de productos y materiales, realización del servicio, cierre del servicio, verificación y seguimiento del servicio y actividades generales. La Figura 2 muestra solo una parte del proceso central, el cual es la realización de un servicio, donde intervienen los técnicos y los supervisores.

 ISSN 2007-8102

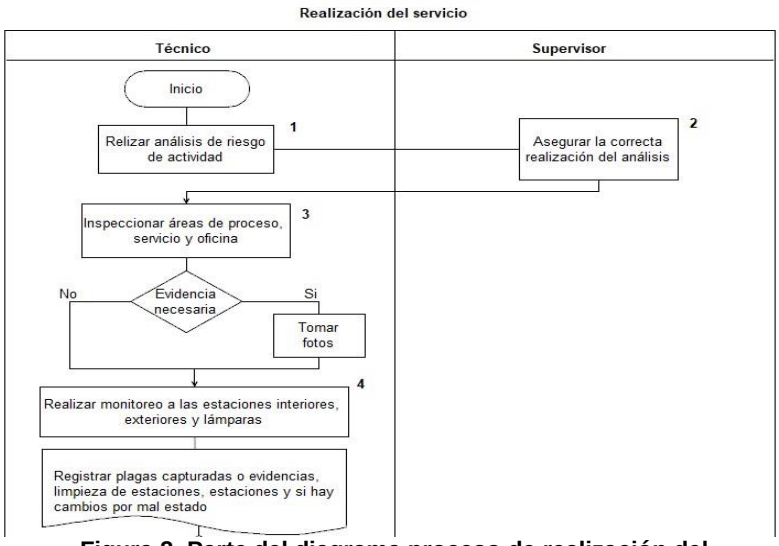


Figura 2. Parte del diagrama proceso de realización del servicio

Etapa II – Desarrollo

En la etapa de desarrollo, la actividad principal fue la aplicación de la herramienta SIGMIL y la elaboración del *Balanced Scorecard*, ya que la primera herramienta al tener su base en la Planeación Estratégica permite enfocarse en el logro de la misión de la empresa. Por otra parte, el BSC es una herramienta que permite llevar la evaluación de desempeño de las actividades de los trabajadores, en relación con los cambios que se implementan en la empresa para enfocarse en el cumplimiento de los objetivos organizacionales [12].

Se estableció el equipo de líderes de la empresa, que proporcionaron la información referente a la empresa, los cuales fueron la directora general, el gerente de operaciones y la contadora encarga del área de Recursos Humanos. Una vez establecidos los puntos de la visión, los valores y el análisis FODA, se obtuvieron quince proyectos estratégicos, los cuales fueron:

1. Proyecto estratégico para el establecimiento de alianzas con el Estado para el control de vectores.
2. Proyecto estratégico para el establecimiento de alianzas estratégicas con la zona conurbada en apoyo a servicios de desinfección.
3. Proyecto estratégico para la determinación y disminución de las perdidas.
4. Proyecto estratégico para incursionar en inversiones diversas.
5. Proyecto estratégico para la diversificación de líneas de negocio en soluciones de salud.
6. Proyecto estratégico para el incremento en las ventas.
7. Proyecto estratégico para la ampliación de cobertura geográfica.
8. Proyecto estratégico para identificar indicadores para el pago de bonos de productividad a los trabajadores.
9. Proyecto estratégico para el involucramiento del personal en el cumplimiento de la visión de la empresa.
10. Proyecto estratégico para difusión de información de control de plagas a la comunidad.
11. Proyecto estratégico para implementación o perfeccionamiento del sistema ERP.
12. Proyecto estratégico para el desarrollo del software de la empresa hacia un ERP.
13. Proyecto estratégico para el desarrollo del área de innovación y tecnología.
14. Proyecto estratégico para el uso de tecnologías limpias incluyendo el control de todas las plagas protegidas.
15. Proyecto estratégico para la implementación del área legal para la revisión y verificación del cumplimiento de la normativa correspondiente.

 ISSN 2007-8102

A los cuales, después de aplicar el análisis de afinidad para unificar la información en una idea en común [13], se realizó el principio de Pareto para establecer la prioridad de cada uno de ellos conforme la Figura 3, para evaluar y optimizar [14]. También se desarrollaron diagramas causa – efecto y mapas estratégicos para cada proyecto y cédulas de indicadores para cada objetivo estratégico.

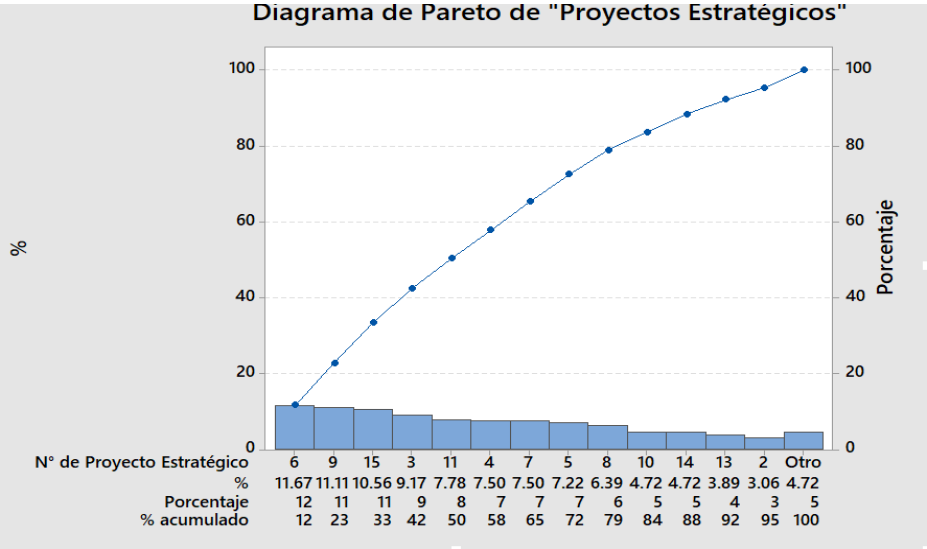


Figura 3. Diagrama de Pareto de Proyectos Estratégicos

Se elaboró el BSC, respecto a los resultados anteriores, la Figura 4 muestra la pantalla principal de la herramienta.

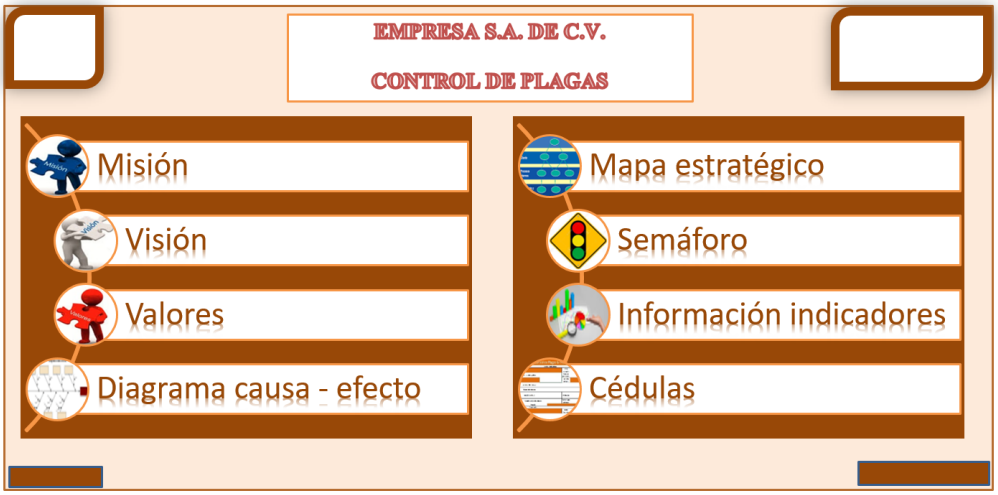
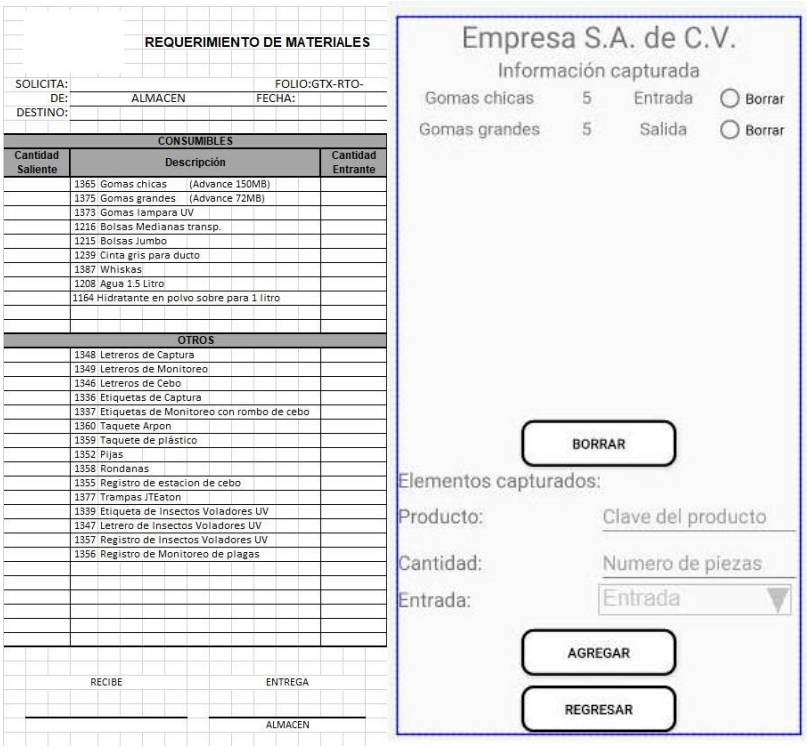


Figura 4. Pantalla principal del BSC de la empresa

Etapa III – Diseño

En la etapa de diseño, las características que se eligieron para conformar el sistema de gestión, es el registro del formato de almacén de la Figura 5, que los trabajadores deben llenar cada vez que se les proporciona su material de trabajo y el formato de uso de vehículo. Igual se estableció en el software, el medio de comunicación oficial para la empresa, para que se pueda personalizar la dirección de los mensajes y se pueda dar seguimiento a las indicaciones dadas. Esta parte diferencia el tipo de mensaje que se envía, si es de tipo informativo, de modo urgente o de recordatorio. Igualmente, se anexaron los diagramas de los procesos a la aplicación.

 ISSN 2007-8102



REQUERIMIENTO DE MATERIALES

SOLICITA: FOLIO:GTX-RTO-
DE: ALMACEN FECHA:
DESTINO:

Cantidad Saliente	Descripción	Cantidad Entrante
	CONSUMIBLES	
	1365 Gomas chicas (Advance 150MB)	
	1375 Gomas grandes (Advance 72MB)	
	1373 Gomas lampara UV	
	1216 Bolsas Medianas transp.	
	1215 Bolsas Jumbo	
	1239 Cinta gris para ducto	
	1387 Whiskas	
	1208 Agua 1.5 Litro	
	1164 Hidratante en polvo sobre para 1 litro	
	OTROS	
	1348 Letreros de Captura	
	1349 Letreros de Monitoreo	
	1346 Letreros de Cebo	
	1336 Etiquetas de Captura	
	1337 Etiquetas de Monitoreo con rombo de cebo	
	1360 Taquete Arpon	
	1359 Taquete de plástico	
	1352 Pijas	
	1358 Rondanas	
	1355 Registro de estacion de cebo	
	1377 Trampas JTEaton	
	1339 Etiqueta de Insectos Voladores UV	
	1347 Letrero de Insectos Voladores UV	
	1357 Registro de Insectos Voladores UV	
	1356 Registro de Monitoreo de plagas	

RECIBE ENTREGA

ALMACEN

Figura 5. Formato almacén y pantalla de software

Trabajo a futuro

El trabajo a futuro de la presente investigación es realizar la implementación del software especializado, para llevar a cabo un periodo de prueba, en el que los trabajadores del área operativa puedan utilizar las funciones del sistema de gestión; se verificará que esté funcionando correctamente y conforme a lo esperado. Una vez terminado este tiempo, se procedería a realizar nuevamente la encuesta NOM-035-STPS para analizar la manera de cómo esta herramienta ayudó a mejorar el control en los procesos internos de la empresa y el entorno organizacional. Por último, se haría una comparación de los resultados de las encuestas del inicio con la del final para determinar la diferencia que representó este trabajo para la organización.

Conclusiones

Al realizar las etapas de la metodología se obtuvieron la representación gráfica de los procesos claves de la empresa, los cuales ayudan al personal a desempeñar de mejor manera sus labores, ya que anteriormente la empresa manejaba esta información por medio de manuales y a través de tablas y texto. Al incorporar los diagramas al software especializado, se visualizan más fácilmente el paso a paso a seguir y ubica el área involucrada en cada proceso, además que el acceso es más factible. Se enfocó el trabajo, por medio de los resultados de la entrevista, para detectar que actividades se pueden automatizar por medio del software especializado. Y con ayuda de la herramienta SIGMIL se replanteó el plan estratégico con el que ya contaba la empresa para desarrollar los proyectos estratégicos. Con ayuda del BSC, la empresa llevará mejor el control de los indicadores que se establecieron, y podrá visualizar el avance que presenta la empresa para lograr los objetivos empresariales. La aplicación unifica todas estas herramientas para que la información

sea más accesible y sea en tiempo real, y así ayude a la empresa a llevar un control correcto de sus procesos internos, evitando la problemática que se mencionó en la introducción. Solo basta implementar el sistema de gestión para establecer que los resultados de la encuesta cambien a un mejor nivel.

Agradecimientos

Agradezco profundamente al Instituto Tecnológico de Orizaba, en especial a la División de Estudios de Posgrado e Investigación, el apoyo del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT). Agradezco a cada uno de los profesores de la Maestría en Ingeniería Administrativa por alentarme constantemente, por su apoyo y contribución a ampliar mi conocimiento, en particular a los miembros de mi comité a la M.C. Nuria Ortega Petterson, a la Dra. Edna Araceli Flores Romero, al Dr. Fernando Aguirre y Hernández y al M.C. Manuel Panzi Utrera por su apoyo y seguimiento al trabajo de tesis.

Referencias

[1] INEGI, “INEGI presenta resultados de la encuesta nacional sobre productividad y competitividad de las micro, pequeñas y medianas empresas (ENAPROCE) 2018”. sep. 02, 2019, [En línea]. Disponible en: https://www.inegi.org.mx/contenidos/saladeprensa/boletines/2019/especiales/ENAPROCE2018.pdf.

[2] L. O. Vega de la Cruz, Y. O. Lao León, y A. F. Nieves Julbe, “Propuesta de un índice para evaluar la gestión del control interno”, *Contaduría y Administración*, vol. 62, núm. 2, pp. 683–698, abr. 2017, doi: 10.1016/j.cya.2017.01.004.

[3] M. del P. Muñoz Dueñas, M. do R. Cabrita, M. L. Ribeiro da Silva, y G. Diéguez Rincón, “Técnicas de gestión empresarial en la globalización”, *Revista de Ciencias Sociales*, vol. XXI, núm. núm. 3, pp. 346–357, sep. 2015.

[4] I. Chiavenato, *Administración de Recursos Humanos: El capital humano de las organizaciones*, Novena edición. México, D.F.: McGraw Hill, 2011.

[5] Luis Manuel Martínez Hernández *et al.*, *Lo que se de: Mapas mentales, mapas conceptuales, diagramas de flujo y esquemas*, Primera edición. México: Red Durango de Investigadores Educativos, 2014.

[6] M. C. S. Romero, “Proyectos estratégicos prioritarios en empresas de la región de Orizaba”, vol. 4, núm. 7, p. 12, 2016.

[7] A. Fernández, “ayudando a implantar la estrategia”, p. 9.

[8] G. Bribiesca Correa *et al.*, *Tecnologías de Información y Comunicación en las Organizaciones*. México: Publicaciones Empresariales UNAM, 2016.

[9] L. V. N. Olaya, “¿Qué es un sistema de gestión? ¿Para qué sirve?”, *Siigo*, feb. 09, 2018. https://www.siigo.com/blog/empresario/que-es-un-sistema-de-gestion/ (consultado nov. 29, 2019).

[10] E. J. Gálvez Albarracín, S. C. Riascos Erazo, y F. Contreras Palacios, “Influencia de las tecnologías de la información y comunicación en el rendimiento de las micro, pequeñas y medianas empresas colombianas”, *Estudios Gerenciales*, vol. 30, núm. 133, pp. 355–364, oct. 2014, doi: 10.1016/j.estger.2014.06.006.

[11] S. del T. y P. Social, “Norma Oficial Mexicana NOM-035-STPS-2018, Factores de riesgo psicosocial en el trabajo-Identificación, análisis y prevención.”, *gob.mx*. http://www.gob.mx/stps/articulos/norma-oficial-mexicana-nom-035-stps-2018-factores-de-riesgo-psicosocial-en-el-trabajo-identificacion-analisis-y-prevencion (consultado may 25, 2020).

[12] C. A. Montoya, “El Balanced Scorecard como herramienta de evaluación en la gestión administrativa”, p. 26, 2011.

[13] Vilar Barrio José Francisco, *Las siete nuevas herramientas para la mejora de la calidad*. FC Editorial, 1997.

[14] L. Nemur, *Productividad: consejos y atajos de productividad para personas ocupadas*. United States: Babelcube Inc. : Made available through hoopla, 2016.

Plan de acción para mejorar el clima organizacional dentro del Sector Salud: Municipio de Chimalhuacán

*M. D. Coria Lorenzo[1*2], Pérez González[1*3], A.E. Márquez Ortega[1*3].*
*Subdirección de Posgrado[1], Lic. en Administración[1*2], e Ingeniería Química[1*3]*
Tecnológico de Estudios Superiores de Chimalhuacán[1],
Primavera s/n Santa María Nativitas, C.P. 56330 Chimalhuacán, Estado de México.
loliscoria2509@hotmail.com

***Área de participación**: Ingeniería Administrativa*

Resumen
Este trabajo muestra los factores que inciden en el comportamiento de las empleadas que laboran en el Sector Salud, división del Centro de Salud Comunitario en el Municipio de Chimalhuacán, Estado de México. El objetivo es analizar los factores que inciden en el deficiente clima organizacional que existe dentro del área de enfermería y asistencia a médico familiar en esta clínica, el estudio se desarrolla en función de las dimensiones: comunicación, motivación laboral y trabajo en equipo. Los resultados se fundamentaron en la puesta en práctica de un plan de acción que permita mejorar el clima organizacional de esta área en la institución, a través de la implementación de dos teorías la Motivacional de Frederick Herzberg y la "X", "Y" de Douglas McGregor.
.

***Palabras clave:** Clima Organizacional, Comunicación, Motivación.*

Abstract
This study is focused on studying the factors that affect the behavior of the employees who work in the Health Sector of a Health Center in the Municipality of Chimalhuacán, State of Mexico. This study is based on the Employees that occupy a position of Family Physician assistant within the community outpatient service. The study analyzed the factors that affect the poor organizational environment that exists in this area of the clinic based on the dimensions: communication, work motivation and teamwork. The results were based on the implementation of an action plan to improve the organizational environment in this institution, through the implementation of two theories, the Motivational by Frederick Herzberg and the "X", "Y" by Douglas Mc Gregor.

***Key Word:** Organizational Environment, Communication, Motivation.*

Introducción
Cuando se habla de organización, se habla al mismo tiempo de personas y recursos. De acuerdo con León [1] "una organización es en el sentido más amplio, un acuerdo entre personas, para cooperar en el desarrollo de una actividad". Las personas son las que complementan el ambiente que se vive cotidianamente en estos lugares (organizaciones), esto es definido también por la cultura organizacional y otras variables existentes dictaminados por la organización. Según Chiavenato [2] define a la cultura organizacional como "un sistema de creencias y valores compartidos que se desarrolla dentro de una organización o dentro de una subunidad los cuales además de guiar, orientan la conducta de sus miembros".

En la actualidad, dentro de las organizaciones, se ha analizado, también comprobado que las personas suelen ser más productivas en un ambiente fraternal, agradable, con todos los recursos que tienen a su favor dentro de su centro de trabajo. De esta manera, tanto el trabajador como la organización se ven beneficiados mutuamente. Si esto se lleva a cabo, la percepción interna de esta cambiará de manera favorable para ambos, se convertirá en una nueva forma de vida organizacional. Esto traerá como consecuencia que las personas que pertenecen a otras áreas, al ver los resultados que se están alcanzando (en consulta externa) consideren la posibilidad de poner en práctica las

acciones necesarias para poder mejorar su clima organizacional dentro de otras áreas. Es una labor compleja, pues cada individuo que participa dentro de esta organización tiene su propia personalidad e individualidad, sin embargo, es factible el lograr la mejora del clima a nivel de toda la organización, pero por el momento solo se tratará en este documento el área de consulta externa.

Es de transcendental importancia que las organizaciones mantengan un capital humano eficiente y feliz en sus filas, porque representan un alto valor, por su talento, sus capacidades, su experiencia y por supuesto de su profesionalismo que es crucial para alcanzar sus objetivos institucionales, grupales e individuales, esto se traduce a que la productividad **y/o** competitividad siempre imperarán en su contexto respectivo. Para ello es importante que este capital humano sea bien administrado. De acuerdo con Werther, Davis y Guzmán [3], el propósito de la administración de capital humano es mejorar las contribuciones productivas del personal a la organización en formas que sean responsables desde un punto de vista estratégico, ético y social.

En pleno siglo XXI hay empresas y organizaciones que omiten la importancia de un buen ambiente laboral para sus empleados, esto puede ser corroborado mediante cuestionarios que han sido aplicados a los trabajadores de este sector (salud) en algunas poblaciones, ciudades, y en distintos países se han aplicado este tipo de cuestionarios con la intención de medir el clima organizacional.

Para llevar a cabo un estudio de clima organizacional es conveniente conocer las diversas dimensiones que han sido investigadas por estudiosos interesados en definir los elementos que afectan el ambiente de las organizaciones. En este caso se cita la investigación realizada en una clínica de salud pública de la Habana, Cuba. [4], En esta investigación entre las alternativas para estudiar el clima organizacional se destaca la técnica de Litwin y Stinger, tales autores utilizan un cuestionario basado en la existencia de 9 dimensiones que explicarían el clima existente en una determinada institución de salud. Cada una de estas dimensiones se relaciona con ciertas propiedades de la organización como estructura, responsabilidad, motivación, comunicación, desafíos, recompensa, cooperación, conflictos e identidad. Los gerentes y jefes departamentales suelen lidiar con problemas de distinta naturaleza que derivan directamente de un mal clima organizacional.

El clima organizacional es la expresión personal de la “percepción” que tanto los trabajadores como los directivos se forman de la empresa a la que pertenecen, este incide directamente en el desempeño de esta. Robbins [4]. Otro factor que también incide de manera directa en el mal clima organizacional en esta institución es la cultura organizacional, esta representa las normas informales, no escritas, que orientan el comportamiento cotidiano de los miembros de una organización, estas dirigen sus acciones en la realización de los objetivos organizacionales.

La cultura organizacional “es el conjunto de hábitos y creencias establecido por medio de normas, valores, actitudes y expectativas que comparten todos los miembros de la organización. Chiavenato [5], entonces se deduce que, debido a lo mencionado, el capital humano suele perder la motivación y el interés de ser más productivo, este inconveniente entorpece de manera paulatina los objetivos organizacionales, si esto se agrava puede llevar al fracaso a cualquier tipo de empresas u organización. Para Munch Galindo [6], la motivación ejecuta los planes de acuerdo con la estructura organizacional, mediante una guía de los esfuerzos del grupo social, a través de la motivación, comunicación y supervisión. Un empleado que no está motivado realizará su trabajo simplemente por rutina, sin añadir a ello un valor agregado que le permita lograr la satisfacción del usuario (derecho habiente).

Dada la importancia de lo mencionado, se afirma que mantener un buen ambiente de trabajo es la columna vertebral del éxito organizacional. Pero para saber si el capital humano tiene una buena percepción de su ambiente se necesita escucharle, evaluar sus necesidades, además de analizar de manera asertiva los factores que le aquejan beneficiando al ambiente organizacional sobre todo al descubrir las áreas de oportunidad para poder atacar de manera efectiva los factores negativos que impiden alcanzar el camino del triunfo, lo cual equivale a empleados motivados, más

comprometidos que alineen su desempeño y comportamiento con la misión y visión establecidos por el nivel gerencial o estratégico.

Cambiar el comportamiento de los empleados mediante la percepción de su ambiente es una tarea difícil, pero los gerentes deben velar por los intereses de la organización por ello deben buscar continuamente mantener la guardia alta ante todas las variables negativas que impiden alcanzar un rendimiento superior al esperado y lograr que la organización a la cual pertenecen pueda: mantenerse en constante crecimiento.

Como ya se hizo mención renglones arriba, este trabajo se llevó a cabo dentro de una Institución del sector salud que se encuentra en el Municipio de Chimalhuacán en el Estado de México, y como se citó con anterioridad uno de los principales problemas a los cuales se enfrentan las empleadas del área de consulta externa es que no existe un buen clima organizacional el cual permita se preste un servicio de calidad a la comunidad de esa localidad que acude día a día a ese servicio, por lo tanto la intención de este documento es lograr la mejora del clima organizacional en dicha área.

Metodología

El presente estudio está sustentado en una metodología cualitativa, con un estudio de naturaleza descriptiva, la cual según Sampieri [7] es aquella que está basada en describir las cualidades y características del objeto de estudio, en este caso lo que se busca es identificar cuáles serán las acciones y/o estrategias que se llevarán a cabo para poder mejorar el clima organizacional dentro de esta institución que como ya se mencionó brinda servicios de salud a la comunidad. La investigación fue realizada durante el periodo de 2018 a 2019 en una clínica del sector salud dentro de uno de los municipios del Estado de México y los trabajadores que fueron considerados en este estudio son 10, estos ocupan el cargo de asistentes de los médicos que brindan el servicio de consulta externa.

Dentro de las causales de este problema se detectan las siguientes: falta de compromiso del empleado, mala comunicación entre jefe y subordinado, falta de motivación laboral, nulo trabajo en equipo. Todo esto ha generado la falta de compromiso de estos empleados para con la organización, esto se pudo corroborar con la aplicación de una encuesta realizada a las empleadas de esta área.

En la gráfica que a continuación se presenta se incluye un ejemplo de la encuesta (instrumento utilizado) que se aplicó a estas empleadas. Por falta de espacio dentro de este documento solo se muestra como ejemplo uno de los 10 ítems que contenía el instrumento de estudio. Se considera particularmente a este ítem porque es el punto de partida de este estudio. El cuestionamiento fue: ¿Me siento realmente parte de esta institución? Como puede observarse en esta gráfica 88% de los encuestados afirmaron no se sentirse parte de la institución y solo el 12% contestó afirmativamente, con estos porcentuales, de positividad, se decidió la puesta en práctica de un plan de acción.

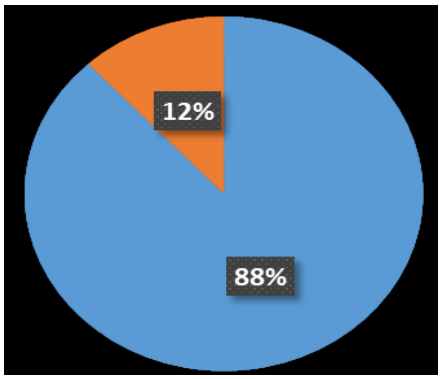


Figura 1. Fuente propia. Material e instrumentos de trabajo

Dentro de los factores en estudio se encuentran la comunicación y la motivación, ambas van de la mano ya que, para poder motivar, se necesita saber comunicar. Por ello, es importante que el jefe inmediato (médico) se interese por conocer a su personal, para ello, deberá implementar estrategias

que le permitan mantener una comunicación adecuada con su personal, así conocerá sus necesidades e inquietudes, lo cual le permitirá encontrar la mejor manera de crear un ambiente de trabajo más saludable, crear sinergia con el equipo de trabajo, al tiempo de mantener la motivación en el personal. Las actividades de este plan fueron presentadas a los médicos, jefes directos de las asistentes, con el propósito de hacer saber a ambos lo que se pretende lograr con este trabajo, cuya finalidad es mejorar el clima laboral en el área de consulta externa.

Ahora bien, este plan se presentó a los involucrados en sus 2 etapas:

1. En la etapa uno: Los médicos les hacen saber a sus asistentes lo que la organización espera de ellas, es decir, cuáles son las metas que debe cumplir, brindar una atención de calidad al derecho habiente. Si el empleado realiza su actividad de manera adecuada, logrará el reconocimiento de forma motivacional de su jefe inmediato, que consiste desde una felicitación hasta un incentivo extra por su buen desempeño.

2. Etapa dos: El jefe inmediato (médico), debe crear un ambiente laboral agradable que propicie la buena comunicación y la colaboración en equipo, para ello estará al pendiente de las necesidades de su personal, solo así lograra la sinergia~~,~~ logrando el compromiso de sus subordinadas. Además, debe implementar estrategias que le permita~~n~~ mantener motivadas a sus asistentes, de esta manera trabajarán con mayor entusiasmo.

Una vez expuesto al personal las características de este plan de acción, este se puso en marcha a partir del último cuatrimestre del 2018 y finalizó en diciembre de 2019. El plan consistió en la implementación de 2 teorías motivacionales (Herzberg y Douglas Mc Gregor). Con este plan se pretende lograr la mejora del clima laboral de las 9 asistentes, ello implicó que los médicos se involucraran de manera directa, pues la idea es que conozcan mejor a sus asistentes. Todo esto trae como consecuencia la mejora del clima organizacional. Al final del día se logró que médicos y asistentes hicieran sinergia y aprendieran a trabajar en equipo. (Los resultados comenzaron a observarse a partir del sexto mes en que fue puesto en marcha este plan).

Implementación de la Teoría de Frederick Herzberg

Ante la falta de un buen clima laboral dentro del área de consulta externa de este Centro de Salud, a través del análisis de algunas teorías motivacionales, se decide poner en marcha la teoría de Herzberg y la teoría de Douglas Mc Gregor, la teoría “X” y la teoría “Y”. Ambas se consideran teorías de los factores que pueden incidir de manera positiva en mejorar el clima organizacional: motivación, comunicación y trabajo en equipo.

Se dio inició con la teoría de Herzberg retomando los aspectos que tienen que ver con la motivación hacia el trabajo. La motivación hace que el individuo considere que su labor dentro de la organización es tomada en cuenta, esto hace que tenga sentido de pertenencia hacia esta, además de crear en él un sentimiento de responsabilidad organizacional, pues al ser reconocida su labor, él trabajador se siente realizado y comprometido a efectuar cada vez mejor su actividad.
La motivación; menciona González [8] qué es la voluntad para hacer un gran esfuerzo por alcanzar las metas de la organización, condicionada por la capacidad del esfuerzo para satisfacer alguna necesidad personal.

Herzberg [9] determinó que existen dos factores que inciden en la satisfacción del trabajo.

- Los motivadores o intrínsecos al trabajo tales como: logro, reconocimiento, trabajo en sí, progreso y desarrollo. Así mismo, contribuyen a la satisfacción de las necesidades de alto nivel de autorrealización y estima, mejorando notablemente el desempeño en el trabajo.
- Los factores externos o de higiene, que comprenden las políticas de la empresa, sueldo, posición, seguridad, relación con superiores y subordinados. De igual manera, estos factores satisfacen las necesidades fisiológicas de seguridad y afecto. Estos ayudan a mantener un buen ambiente de trabajo.

En la tabla número 1, se presentan algunas de las estrategias que se sugiere poner en práctica para poder mejorar el clima organizacional en esta Organización.

Estrategias para el enriquecimiento del trabajo

Tabla número 1 Fuente: Herzberg (1968) "One more time: How to motivate Employees" Pág.59

Estrategias	Motivadores implicados
Eliminar controles innecesarios.	Responsabilidad y éxito personal.
Aumentar la responsabilidad de lo empleados en su trabajo.	Responsabilidad y reconocimiento.
Asignar los empleados a unidades naturales y completas de trabajo (módulo, división, sección, etc.	Responsabilidad, éxito, reconocimiento.
Conceder más autoridad y autonomía a los empleados en sus actividades.	Responsabilidad, logro y reconocimiento.
Elaborar informes periódicos sobre la calidad del desempeño y ponerlos directamente a disposición de los empleados, más que del supervisor.	Reconocimiento interno.
Introducir nuevas y más interesantes tareas y formas de hacer el trabajo.	Capacitación y aprendizaje.
Asignar a los individuos tareas específicas o especializadas que les permitan convertirse en expertos.	Responsabilidad, capacitación y avance laboral.

Con esta teoría se pretende poner en marcha agentes motivadores tales como: dar un reconocimiento público a las empleadas por su buen desempeño, dar un día de asueto con goce de salario y otorgar un día de salario extra al final de cada mes a aquellas empleadas que hayan logrado mejorar su desempeño, es decir, llegar puntuales a su lugar de trabajo, no faltar a lo largo del mes, cumplir con las funciones de su puesto de trabajo: realizar la toma de presión correspondiente a los pacientes antes de su cita médica, llevar la agenda de las citas médicas mensuales de los pacientes diabéticos e hipertensos, proporcionar el instrumental necesario al médico durante su consulta y asistirlo en cualquier situación que este necesite. Para que esto se logre es necesario que el médico mantenga una comunicación efectiva con su asistente, solo así se logrará la mejorar el clima organizacional en esta institución.

Teoría "X" y Teoría "Y" de McGregor

Douglas McGregor es el creador de las teorías "Teoría X" y "Teoría Y". Son dos teorías contrapuestas de dirección; en la primera, los directivos consideran que los trabajadores sólo actúan bajo amenazas, y en la segunda, los directivos se basan en el principio de que la gente quiere y necesita trabajar. "Después de observar la manera en que los gerentes tratan con sus empleados, McGregor concluyó que la opinión de aquellos sobre la naturaleza humana se basa en un conjunto de premisas con las que moldean su comportamiento hacia sus subordinados." La Teoría X postula cuatro premisas de los gerentes:

1. A los empleados no les gusta el trabajo y, siempre que pueden, tratan de evitarlo.
2. Puesto que no les gusta el trabajo, hay que obligarlos, controlarlos o amenazarlos con castigos para conseguir las metas.
3. Los empleados evitarán las responsabilidades y pedirán instrucciones formales siempre que puedan.
4. Los empleados colocan su seguridad antes que los demás factores del trabajo y exhibirán pocas ambiciones.

Como contraste con estas ideas negativas sobre la naturaleza humana, McGregor señaló cuatro premisas que llamó teoría Y:

1. Los empleados pueden considerar el trabajo tan natural como descansar o jugar.
2. Las personas se dirigen y se controlan si están comprometidas con los objetivos.

3. La persona común puede aprender a aceptar y aún a solicitar responsabilidades.
4. La capacidad de tomar decisiones innovadoras está muy difundida entre la población y no es propiedad exclusiva de los “puestos administrativos”

En la teoría X, se supone que las necesidades de orden inferior dominan a los individuos. En la teoría Y, se asume, que rige las necesidades de orden superior. El propio McGregor sostenía la convicción de que las premisas de la teoría Y son más validas que la teoría X. Por tanto, proponía ideas como la toma participativa de decisiones, puestos de trabajo de responsabilidad y estimulantes, buenas relaciones entre los grupos, como medios para aumentar al máximo la motivación laboral de los empleados.

Las premisas de una y otra teoría serán las apropiadas dependiendo la situación, considerando que la base de toda motivación consiste en hacer el trabajo atractivo, lleno de satisfacciones para quien lo ejerce, se considera importante que el trabajo se debe hacer más fácil y agradable Chiavenato [10], por lo que toca a esta teoría las acciones que se pondrán en marcha serán las siguientes: el jefe, a través de la puesta en marcha de la teoría. Debe poner en práctica la confianza y la comunicación efectiva con su personal, esto permite que las empleadas se sientan seguras, que actúen por iniciativa propia, asumiendo sus responsabilidades, al tener claras las metas de la organización (misión y visión), trabajarán en equipo respetando la individualidad entre compañeras, esto hará que el clima organizacional sea cada día más agradable, pues habrán aprendido a mantener una buena comunicación, a trabajar en armonía. Básicamente estarán aplicándose los postulados de la teoría “Y”.

Resultados y discusiones

De acuerdo con lo aquí planteado puede observarse la importancia que tiene para cualquier organización el aprender a comunicarse de forma asertiva con su personal para lograr que este aprenda a trabajar en equipo ayudándose mutuamente para lograr las metas de la organización. A su vez mejorando el clima organizacional para brindar un mejor servicio a la comunidad.
Por lo tanto, El jefe como subordinados están involucrados en esta labor. De acuerdo con este estudio, se espera que los resultados comiencen a observarse a partir de los 6 primeros meses de la puesta en práctica de dicho plan. (Mejora del clima organizacional).
Se busca que los beneficios impacten de manera interna como externa. Ahora bien, internamente se observa la mejora del clima organizacional y al exterior se percibe la complacencia de las personas que hacen uso de los servicios de este centro de salud.
Parte de los buenos resultados que este plan trajo consigo fue que jefes (médicos) y subordinados (asistentes) comenzaran a trabajar en equipo para así brindar un buen servicio a la comunidad.
Se presenta la tabla número 2, dónde se muestra cómo es que se encontraba el clima organizacional antes y después de la puesta en marcha de estas acciones en pro de la mejora. Se plasma de la primera a la segunda medición mostrándose un incremento de mejora en la comunicación de 0.35 al poner en marcha las primeras acciones, después al poner en marcha el plan total se da una mejora de 5.38, por igual, se da un incremento en la mejora de los siguientes dos rubros motivación y trabajo en equipo. Dicha información se obtuvo de la encuesta que se aplicó a las 9 empleadas, antes y después de la puesta en marcha del plan de mejora del clima organizacional. Esta consta de 10 ítems.

Tabla número 2. Fuente propia promedio en la mejora del clima organizacional.

Indicador	Promedio de la primera medición (antes)	Porcentaje	Promedio De la segunda Medición (después de poner En marcha las acciones)	Porcentaje	Porcentaje De mejora una vez que se pone en marcha el plan de mejora.
Comunicación	3.02	75.5%	3.37	84.25%	8.75
Motivación	2.95	73.75%	3.37	84.25%	10.5
Trabajo en equipo	2.89	72.25%	3.40	85%	12.75%

.

Trabajo a futuro

Se pretende hacer extensivo esta práctica del Plan de Acción, de mejora del clima organizacional entre los involucrados de otras instituciones del Sector Salud dentro del entorno del Oriente del Estado de México en las cuales se detecte que prevalece un mal clima organizacional. Se buscará hacer hincapié en los siguientes rubros:

- *Poner en marcha la técnica de reorganización administrativa, denominada empowerment***:** para dar mayor autoridad de responsabilidad al personal que labora en esta clase de unidades de salud en sus respectivas áreas por causa efecto del servicio que otorgan en función de clientes; en su mayoría al momento de recibir el servicio están vulnerables por su delicada salud.

- *Mantener de manera permanente pláticas motivacionales*: llevar a cabo platicas motivacionales a todos los empleados del área de consulta externa para que éstos puedan mejorar su clima organizacional, para que de esta manera brinden un servicio de salud con calidad a los pacientes que así lo requieran.

- *Realizar actividades constantes de motivación personal,* tal como: reconocimiento al empleado del mes**,** se solicita que el centro de salud ponga en práctica el reconocimiento de sus empleados, esto aumentará el nivel de motivación, satisfacción y compromiso de todos ellos.

- *Capacitar*, a través de curso taller la integración de equipos de trabajo: Este taller deberá de impartirse de manera permanente, así se estará reforzando el espíritu de equipo. Pero sobre todo deberá de ser impartido al personal de nuevo ingreso, esto hará que a los nuevos individuos les cueste menos trabajo adaptarse a la organización.

- *Conociendo a tus empleados***:** Cada fin de mes los jefes destinaran un día y una hora determinada para convivir con sus subordinados, puede ser que se reúnan para desayunar, o bien, para comer, esto ayudará a mejorar la convivencia diaria entre jefes y subordinados. De esta forma se conoce más a los empleados y/o equipo de trabajo en este tipo de reuniones “informales” deben reforzarse dentro del propio trabajo.

Conclusiones

La puesta en marcha de este plan de mejora, permitió comprobar que el haber implementado dentro de esta organización una parte de las aportaciones de las teorías de Herzberg y Douglas Mc Gregor dio excelentes resultados, pues se logró que las empleadas se sintieran realmente parte de la organización pues por primera vez se tomó en cuenta sus ideas, inquietudes y opiniones para la mejora del clima laboral, ello derivó en la mejora de la comunicación entre jefe-subordinado y subordinado-subordinado. Los resultados obtenidos en los individuos del área de consulta externa de este centro de salud fueron favorables, esto se pudo observar, a través de los comentarios de boca en boca de las mismas empleadas.

También se logró observar el cambio de actitud de estas empleadas hacia como perciben ahora a la organización, pues ahora su centro de trabajo se ha convertido en lo que pocas organizaciones pueden ofrecer en la actualidad a sus empleados, “a great place to work”, al decir esta frase, no me refiero al aspecto monetario, sino a la forma en como los empleados son tratados por sus jefes, cómo es que se da la cordialidad en la convivencia laboral del día a día.

Así mismo, se hace mención que se logró ver que los individuos subordinados ahora se sienten valorados y estimados por sus jefes, esto induce que las personas (objeto de estudio) quieran permanecer en esta organización. Saben que, aunque no siempre la recompensa por su buen desempeño será de naturaleza económica, el simple hecho de sentirse valorado(a) como un ser humano pensante, proactivo, entusiasta que hace el trabajo de la mejor manera para que la institución funcione; dando un servicio al cliente que ingresa como al que sale y éste se valla satisfecho, feliz de haber recibido un trato cordial, por todo el personal. Hay que recordar que un

paciente es un cliente vulnerable, que debe enfrentarse a un espacio del Sector Salud (hospital), que no siempre para él es agradable asistir, el cliente necesita emocionalmente un buen sentir en el trato, requiere de un servicio, cordial, amable, empático por todo el personal que le atiende, El buen trato se logra, sólo cuándo el empleado se siente a gusto en lo que hace dentro de su institución laboral, esto indica que está rodeado de un buen clima laboral.

Referencias

[1] León Betancourt Alberto, Organización y administración. Un enfoque de sistemas, pp 19-21, 1985.
[2] Chiavenato Idalberto, Introducción a la teoría general de la administración. p. 319,2006.
[3] Werther, Davis y Guzmán, Administración de recursos humanos. Gestión del capital humano, pp.6-7, 2009.
[4] Revista médica electrónica, versión On-line.Vol.34, n°5, Matanzas, sept.-oct. 2018 ISSN 1684-1824.
[5] Robbins Stephen, Comportamiento organizacional, p. 531, 2009.
[6] Chiavenato Idalberto, Administración de recursos humanos, el capital humano de las organizaciones, pp,125-127, 2011.
[7] Munch Galindo Lourdes, Fundamentos de administración, p. 147, 2017.
[8] Sampieri Roberto, Metodología de la investigación, pp, 7-8, 2010.
[9] González Diego, Psicología de la motivación, pp, 52,2008.
[10] Herzberg Frederick, one more time: How do you motivate Employees, Harvard Businees review, pp, 54-57, 1968.
[11] Chiavenato Idalberto, Administración de recursos humanos, pp. 131-133, 1999.

 ISSN 2007-8102

Análisis de la factibilidad del uso de herramientas analíticas en una industria fabricante de autopartes

J. P. González Farías[1], L.G. Vázquez Lara de la Cruz[1], E. Guzmán Soria[1]*, M.T. de la Garza Carranza[1], M. C. Ramírez Salgado[2]
[1]Departamento de Ciencias Económico-Administrativas, Tecnológico Nacional de México en Celaya, Avenida Tecnológico S/N, Alfredo V. Bonfil, C.P. 38010, Celaya, Guanajuato
[2]Departamento de Ingeniería Industrial, Universidad Nacional de Colombia, Carrera 27, Número 64-601. Manizales, Caldas, Colombia
* porfirio.gf@celaya.tecnm.mx

***Área de participación**: Gestión empresarial*

Resumen
El uso de software administrativo para el análisis de datos en la toma de decisiones es una tendencia empresarial, incluyendo a la empresa industrial GKN Driveline, un gigante de ingeniería global y con presencia en más de 30 países. No obstante, a pesar de la consolidación de la empresa, la falta de uso de herramientas *analytics* para el manejo de datos que generen conocimiento y permitan tomar mejores decisiones ha dejado paso más a la intuición y la experiencia que en la explotación de la información. De ahí que el problema a resolver sea la falta de una herramienta *analytics* para mejorar el rendimiento de una empresa metal-mecánica. Se aplicó un instrumento de diagnóstico a 57 sujetos de estudio de la unidad directiva, comprobándose en el estudio que la capacidad analítica de la unidad directiva está en función de la gestión de la información que tenga la empresa.

***Palabras clave**: Toma de decisiones, analítica de datos, capacidades analíticas*

Abstract

The use of administrative software for data analysis in decision-making is a business trend, including the industrial company GKN Driveline, a global engineering giant with a presence in more than 30 countries. However, despite the consolidation of the company, the lack of use of analytics tools for data management that generate knowledge and allow better decisions to be made has given way more to intuition and experience than in the exploitation of information. Hence, the problem to be solved is the lack of an analytics tool to improve the performance of a metalworking company. A diagnostic instrument was applied to 57 study subjects from the management unit, verifying in the study that the analytical capacity of the management unit is a function of the management of the information that the company has.

***Key words**: Decision making, data analytics, analytical capabilities*

Introducción
Vivimos en la sociedad de la información y del conocimiento, donde las organizaciones han acumulado una importante cantidad de datos que constituyen un recurso clave para el desarrollo de sus actividades. No obstante, la posesión de esta información debe de ser relevante para permitirle tener una visión real para tomar decisiones efectivas que pueden orientar un cambio en la dirección deseada.

Esto ha impulsado a las organizaciones a hacer un análisis de introspección, buscando factores diferenciadores que ayuden a ganar posiciones en el mercado al hacer mejoras de sus procesos productivos, particularmente en el conocimiento que poseen respecto a lo que está ocurriendo dentro y fuera de ella.

Esta búsqueda ha encontrado en la gestión de la información el éxito competitivo [2], con el objetivo de utilizar de una forma ágil esos datos para convertirlos en información que genere conocimiento: los sistemas de analítica de datos (***Analytics***, por su nombre en inglés).

Estos sistemas son una solución para el procesamiento del rápido aumento del volumen y variedad de datos generados por fuentes internas y externas, al extraer conocimiento útil para la toma de decisiones estratégicas de una manera más acertada en todos los niveles de la empresa (Tutusaus, 2015), lo que ayudará a gestionar, procesar y analizar datos para crear información que permita el monitoreo constante de los indicadores que van a permitir cumplir con las metas y objetivos estratégicos de la empresa.

Antecedentes

El uso de software administrativo para la toma de decisiones se ha extendido desde hace más de 30 años por su capacidad para recopilar, extraer, depurar, transformar y analizar grandes volúmenes de datos de cualquier fuente de información [3].

Esto no ha sido la excepción para la empresa GKN Driveline, que desde 1759, al comienzo de la revolución industrial -entre el nacimiento ferrocarril, la invención del automóvil y el desarrollo del vuelo-, nace como una herrería en el sur de Gales y gracias a su evolución constante y mejora continua, se convirtió en un gigante de ingeniería global y actualmente tiene presencia en más de 30 países.

GKN Driveline es líder en el mercado de desarrollo de sistemas y soluciones de líneas motrices contemporáneas y electrificadas, también ha logrado posicionarse como líder en el mercado de sistemas de tracción en las cuatro ruedas y movilidad eléctrica para el automóvil más pequeño de bajo costo hasta el vehículo Premium más sofisticado y dinámico. Con una huella global integral, diseña, desarrolla, fabrica e integra una amplia gama de tecnologías de transmisión para más del 90% de los fabricantes del mundo.

Durante más de 250 años, la empresa ha sido innovadora, práctica y moldeada por el entorno global, en la actualidad presenta un impulso por llegar a ser una compañía esbelta, que haga negocios más eficientes y oportunos, sin desperdicios y agregando valor para sus clientes en todas sus operaciones.

Parte de su éxito ha sido la adopción de herramientas informáticas para la colección y manejo de datos, cuyo tamaño va más allá de la capacidad de captura, almacenado, gestión y análisis de las herramientas de base de datos.

No obstante, las soluciones orientadas al usuario final para apoyarlo en la toma de decisiones aún no han permitido la explotación del alto volumen, velocidad y variedad de datos que la empresa genera. Por lo que demanda soluciones innovadoras y eficientes de procesado para la mejora del conocimiento y toma de decisiones en las empresas de forma clara, precisa, relevante y que esté actualizada y disponible en todo momento.

Planteamiento del problema

A pesar de la consolidación de la empresa, la falta de uso de herramientas *analytics* para el manejo de datos que generen conocimiento y permitan tomar mejores decisiones ha dejado paso más a la intuición y la experiencia que en la explotación de la información.

No obstante que el personal tiene la formación, el perfil y la información, ésta no se encuentra disponible en el momento que se necesita, por lo que dedican una parte importante del tiempo y de su capital humano al desarrollo de actividades operativas sin un rumbo estratégico.
En la empresa sujeto de estudio se crean diariamente una cantidad ingente de registros de datos, son extraídos con métodos semiautomatizados y no se están aprovechando o su aprovechamiento

no es suficiente debido a una baja disponibilidad de la información necesaria para los tomadores de decisiones y a la diversidad de fuentes de datos no consolidados.

De ahí que el problema a resolver sea la falta de una herramienta *analytics* para mejorar el rendimiento de una empresa metal-mecánica.
Con la realización de esta investigación se espera conocer de qué forma los mandos medios de la empresa metal-mecánica perciben el uso de las tecnologías *analytics* para la toma de decisiones, la calidad del contenido y el acceso a la información precisa y oportuna para mejorar de rendimiento de la empresa y en consecuencias, una ventaja competitiva.

Preguntas de Investigación

¿Qué impacto tiene una herramienta *analytic* para la empresa metal-mecánica?
¿Cuáles son los desafíos al implementar estas herramientas en la empresa metal-mecánica?
¿La empresa metal-mecánica puede lograr ventajas competitivas al aplicar herramientas *analytics*?

Justificación

Al resolver el problema planteado podrá determinarse en qué medida la empresa sujeto de estudio tiene las condiciones para la implementación de herramientas *analytics*, lo que representará una ventaja competitiva al utilizar la información generada en los procesos de negocio, lo que permitirá:

- Evitar tomar decisiones en base a suposiciones, datos subjetivos e intuición, dejando de privilegiar la medición de rendimiento cualitativo.
- Tener una herramienta que brinde la información en forma rápida y ordenada, precisa y segura con el fin de conseguir ventajas competitivas y generar así nuevos beneficios mientras se reducen los tiempos para las distintas actividades del negocio
- Minimización de errores por procesos manuales de extracción y análisis de datos.
- Unificación y homogeneización de las fuentes de datos evitando distintas versiones de una misma realidad.
- Disponer de información que ayudará a mejorar el rendimiento y gestionar de una forma mucho más objetiva, metódica y rigurosa la identificación de problemas y oportunidades con información precisa, lo que permitirá mejorar la posición competitiva de la organización.

Al final de cuentas, esto se verá reflejado en la potenciación del capital intelectual, la socialización del conocimiento y la generación de ventajas competitivas y en la capacidad de competir en los mercados globalizados.

Objetivo general

Identificar los factores que influencian la implementación *analytics* como herramienta de soporte a la toma de decisión empresarial.

Objetivos específicos

Para cumplir con el objetivo general, se diseñaron los siguientes objetivos específicos:

- Evaluar la cultura de análisis en la toma de decisiones de los mandos medios de la empresa sujeto de estudio.
- Determinar la percepción de la calidad del contenido de la información, su uso en los procesos de negocio y su gestión.
- Caracterizar las especificidades del *analytics* para la correcta adopción de su metodología y herramientas
- Determinar la disponibilidad de los datos para poder tomar decisiones.

Hipótesis

La hipótesis que orientó el proceso de investigación fue:

H0 la capacidad analítica no está en función de la integración de datos que tenga la empresa, la calidad de acceso, de contenido, de uso de la información en los procesos de negocio, así como de la cultura analítica que se tenga en su gestión.

H1 la capacidad analítica está en función de la integración de datos que tenga la empresa, la calidad de acceso, de contenido, de uso de la información en los procesos de negocio, así como de la cultura analítica que se tenga en su gestión.

Métodos y técnicas

La clasificación de la presente investigación por su nivel, es de tipo exploratoria, porque no existe, al menos en el contexto de la empresa sujeto de estudio, un análisis formal sobre los requerimientos para la implementación de herramientas *analytics*; es descriptiva porque busca especificar las condiciones requeridas para la implementación de dichas herramientas para que los tomadores de decisiones lo hagan basados en información oportuna y confiable; es correlacional porque se responde al grado de dependencia que existe entre las variables de estudio; es no experimental debido a que el propósito de esta investigación no es la manipulación deliberada de las variables de estudio, sino de tan sólo describir el fenómeno.

Por la forma de recolectar la información, la investigación es de corte transversal porque los datos se obtuvieron en un momento único, sin el afán de conocer su evolución.

Por el tratamiento de la información, es *ex post facto* porque respeta al fenómeno tal y como se produjo y no fue objeto de estudio controlar las condiciones de este.

Por su paradigma, tiene un enfoque cualitativo ya que sólo se analizan medidas de asociación entre variables ordinales.

Revisión de bibliográfica

El permanente avance tecnológico ha influenciado en la cantidad de datos generados desde las líneas de producción, desde la búsqueda de patrones en su comportamiento para hacer inferencias de su futura evolución, identificando tendencias y/o conocimiento que permitan apoyar la toma de decisiones.

Las empresas se dieron cuenta desde los años 80, que la información era un recurso cuya socialización generaba ventajas competitivas, si se aprovechaba de manera estratégica.

Posteriormente, a principios de siglo, Monteiro sugiere que se relacionen diferentes técnicas y herramientas analíticas que permitan la obtención (Monteiro, 2017), manipulación y transformación de datos con el fin de obtener conocimientos que contribuyan a la toma de decisiones y generación de planes estratégicos. La idea consistía en gestionar la información en tiempo real sin importar su procedencia para hacer más fácil su predicción y toma de decisiones [5].

Las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (TIC) no sólo hace referencia a la recolección y manipulación de grandes volúmenes de datos, sino que también hace uso de diferentes técnicas, métodos y tecnologías que permiten procesar la información [6], lo que permite resolver de manera eficaz y eficiente problemáticas organizacionales.

Posteriormente, se describe como las TIC proporcionan una visión más completa de la cantidad de datos que manejan los sistemas de información y ayuda a estructurar [1], encontrar patrones permitiendo que los analistas de datos tomen mejores decisiones.

Las TIC permiten interrelaciones más dinámicas y han evolucionado debido a la influencia que la ciencia, la economía, la política y la cultura, articulan la comunicación actual a partir de los cambios tecnológicos.

Entre los cambios más importantes se encuentran la digitalización de la información, la velocidad de creación y de transmisión, así como de procesamiento. Esto ha traído consigo herramientas para servir a propósitos empresariales que permiten mejorar su eficacia y eficiencia.

El término *analytics* se refiere a la inteligencia generada a partir de una información que es valiosa por su relevancia y vigencia para generar conocimiento al analizar un gran conjunto de datos para permite la toma de decisiones. Las principales actividades de las herramientas *analytics*, se pueden resumir en: recolección de datos que provienen de diferentes fuentes, análisis de datos mediante sofisticadas herramientas que permiten generación de portes mediante paneles de control que permiten visualizar, filtrar y navegar en diferentes niveles de profundidad.

Hoy en día las herramientas *analytics* se ha convertido en el arte de gestionar enormes cantidades de datos, extraer información relevante, y convertir esa información en conocimiento, ya que se eliminan las conjeturas en el proceso de toma de decisiones.

La toma de decisiones efectivas está determinada las herramientas que emitan procesar la información de manera coherente, pertinente, útil, que permita analizarla para encontrar patrones y predicciones. Más importante aún es el conocimiento previo del tomador de decisiones, de su efectividad en la socialización de la información para llevarla adecuadamente, en el momento oportuno y a la persona correcta.

Al final de cuentas las decisiones dependerán del tomador de decisiones, pero las herramientas *analytics* que permitan gestionar la información les permitirán tener una visualización holística de la empresa por el análisis de los indicadores claves de desempeño, permitiéndole centrar sus decisiones en información verídica y fundamentada en la realidad, en lugar de la intuición.

Resultados y discusión

El instrumento de diagnóstico se diseñó a partir de la revisión de la bibliografía nacional e internacional consultada. El instrumento se validó en sesión científica mediante consulta de expertos en *analytics* para determinar si, de acuerdo con su opinión crítica, cada uno de los ítems incluidos en la propuesta estaba relacionado con el objetivo de la investigación.

Se seleccionaron aquellos ítems con valor positivo por el nivel de acuerdo alcanzado por los expertos, conservado aquellos con valor superior a 0.80. Los elementos incorporados en el listado inicial se redactaron para ser contestados en escala de Likert de cinco puntos, considerando, además, que los participantes en el diagnóstico no destinaran más de 10 minutos en contestar.

Posteriormente, se procedió a hacer una prueba piloto para garantizar la confiabilidad del instrumento, aplicándose a 12 sujetos de estudio y obteniendo como resultado una Alfa de Cronbach del 92.7% (ver Tabla 1). Posteriormente, se aplicó el diagnóstico a 57 sujetos de estudio pertenecientes a la alta dirección.

Tabla 1. Estadísticas de fiabilidad

Alfa de Cronbach	N de elementos
.927	12

Finalmente, la aplicación del cuestionario se realizó en la plataforma Google Forms con el fin de eficientar la recolección de información y que de igual forma quedara estructurada para su posterior análisis. Para el análisis de resultados del diagnóstico aplicado utilizó el software estadístico SPSS versión 25.

 ISSN 2007-8102

En la Tabla 2 se presenta el nivel jerárquico de los participantes, en donde se destaca la participación de los mandos medios.

Tabla 2. Nivel en el que se desempeña

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	Mando medio	34	59.6	59.6	59.6
	Ejecutivo	13	22.8	22.8	82.5
	Gerente	10	17.5	17.5	100.0
	Total	57	100.0	100.0	

En la Tabla 3 se destaca que los participantes tenían menos de cinco años incorporados a la empresa.

Tabla 3. Años en la empresa

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	1 a 5 años	34	59.6	59.6	59.6
	6 a 10 años	12	21.1	21.1	80.7
	11 a 15 años	3	5.3	5.3	86.0
	16 a 20 años	6	10.5	10.5	96.5
	más de 20	2	3.5	3.5	100.0
	Total	57	100.0	100.0	

En la Tabla 4 se que el 64% de los participantes tenían menos de tres años en su cargo.

Tabla 4. Años desempeñando el cargo

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	1 a 3 años	37	64.9	64.9	64.9
	4 a 7 años	12	21.1	21.1	86.0
	más de 7 años	8	14.0	14.0	100.0
	Total	57	100.0	100.0	

En la tabla 5 se presenta el análisis de los factores intervinientes en la investigación, con el objeto de determinar el grado de correlación existente entre cada uno de ellos y, por su puesto su influencia e impacto. Estas observaciones permiten determinar los elementos que deben de priorizarse para tener éxito en la implementación de la herramienta analítica de datos en la empresa sujeto de estudio.

Lo destacable del análisis es que los factores qué que se encuentran fortalecidos son la calidad del contenido de información junto con la calidad del acceso a la misma, cuya correlación es del 82,3%; las capacidades analíticas junto con el uso de la información en los procesos de negocio (75.6% de correlación), y la calidad del contenido de información junto con el uso de la información en los procesos de negocio (69.8% de correlación). La explicación empírica de estos resultados radica en que actualmente es posible, para la empresa sujeto de estudio, acceder a la información desde cualquier medio -información oportuna-, la cual debe de ser confiable y estar enfocada en los

procesos de negocio -información ideal-, para que pueda ser procesada por un experto en capacidades analíticas y pueda tomar mejores decisiones.

Tabla 5. Correlaciones entre las variables analizadas

	Valor	Error estándar asintótico[a]	T aproximada[b]	Significación aproximada
Integración de los datos * Calidad del acceso a la información	0.236676	0.138503	1.806562	.076c
Integración de los datos * Uso de la información en los procesos de negocio	0.228796	0.13835	1.743031	.087c
Integración de los datos * Gestión de la información	0.152932	0.131686	1.147676	.256c
Capacidades analíticas * Calidad del acceso a la información	0.608198	0.089664	5.682294	.000c
Capacidades analíticas * Uso de la información en los procesos de negocio	0.756474	0.062836	8.577922	.000c
Capacidades analíticas * Gestión de la información	0.634952	0.084244	6.095297	.000c
Calidad del contenido de información * Calidad del acceso a la información	0.823	0.047	10.762	.000c
Calidad del contenido de información * Uso de la información en los procesos de negocio	0.698807	0.096537	7.245095	.000c
Calidad del contenido de información * Gestión de la información	0.634069	0.101827	6.081105	.000c
Cultura analítica de toma de decisiones * Calidad del acceso a la información	0.609	0.096	5.698	.000c
Cultura analítica de toma de decisiones * Uso de la información en los procesos de negocio	0.641171	0.087907	6.196324	.000c
Cultura analítica de toma de decisiones * Gestión de la información	0.465463	0.10776	3.900227	.000c

Por el contrario, en la Tabla 5, la explicación empírica de estos resultados más bajos radica en que actualmente los datos se encuentran dispersos, en diferentes fuentes de información y con diferentes formatos, lo que obstaculiza el acceso oportuno a ellos, su explotación y adecuada toma de decisiones.

Comprobación de la hipótesis

Para la comprobación de la hipótesis se utilizó el análisis de correlación de Spearman, el cual evalúa la relación entre las variables que tienden a cambiar al mismo tiempo, pero no necesariamente a un ritmo constante, se basa en los valores jerarquizados de cada variable. En la Tabla 5 se puede apreciar que la correlación entre las variables capacidad analítica y el resto de las analizadas.

En la Tabla 6 se aprecia que la correlación de entre las variables evaluadas es de 76.4%, presentándose un nivel de significancia de 0%, por lo que se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis de trabajo, concluyendo que: la capacidad analítica está en función de la integración de

datos que tenga la empresa, la calidad de acceso, de contenido, de uso de la información en los procesos de negocio, así como de la cultura analítica que se tenga en su gestión.

Tabla 6. Correlaciones

			Información Total	Capacidades analíticas
Rho de Spearman	Información Total	Coeficiente de correlación	1.000	.764**
		Sig. (bilateral)	.	.000
		N	57	57
	Capacidades analíticas	Coeficiente de correlación	.764**	1.000
		Sig. (bilateral)	.000	.
		N	57	57

**. La correlación es significativa en el nivel 0,01 (bilateral).

Trabajo a futuro

Determinar en qué medida la inversión en tecnologías *analytics* representa una ventaja para la empresa sujeto de estudio. Determinar el impacto del uso de la información en los procesos de negocio y en la toma de decisión. Desarrollar mecanismos para medir el impacto de la utilización de sistemas *analytics* en la vida cotidiana de las empresas, especialmente en la toma de decisiones empresariales.

Conclusiones

Se evaluó la cultura de análisis en la toma de decisiones de los mandos medios de la empresa sujeto de estudio; se determinó la percepción de la calidad del contenido de la información, su uso en los procesos de negocio y su gestión; se caracterizaron las especificidades del *analytics* para la correcta adopción de su metodología y herramientas

Referencias

[1] Bernhard, W. (2015). El impacto de la inteligencia empresarial en la calidad de la toma decisiones - un modelo de mediación. Procedia computer science, 1164-1169.

[2] Chen, H. C. (2012). Inteligencia de negocio y análisis: de grandes volúmenes de datos a gran impacto. MIS Quarterly , 1165-1188.

[3] Isik, O. (2013). El éxito de inteligencia de negocios: Las funciones de BI capacidades y entornos de decisión. Información y gestión, 13-23.

[4] Monteiro, A. (2017). Impacto dos sistemas de business intelligence na tomada de decisão empresarial. Tesis doctoral. Universidad rey Juan Carlos. España

[5] Ponce, E. R. (2013). El proceso de toma de decisiones y la eficacia organizativa en empresas privadas del norte de Chile. Revista chilena de ingeniería, 5-9.

[6] Wieder, B. (2015). El impacto de la inteligencia empresarial en la calidad de la toma decisiones - un modelo de mediación. ScienceDirect, 64-70.

El estrés laboral y su impacto en la efectividad gerencial. Un estudio de caso

S. Sarmiento-Paredes[1], J. Carro-Suárez[2*], J. George-Zecua[1], A. R. Méndez-Flores[1], A. L. Tizapan-Mendoza[1]*
[1]Facultad de Ciencias Económico-Administrativas, Universidad Autónoma de Tlaxcala, Avenida Ribereña S/N Tlaxcala, México.
[2]Universidad Politécnica de Tlaxcala, Programa Educativo de Ingeniería, Avenida Universidad Politécnica No. 1 San Pedro Xalcatzingo Tepeyanco Tlaxcala, México.

**sarmientosusana@yahoo.com.mx*
**jorge.carro@uptlax.edu.mx*
***Área de participación**: Ingeniería Administrativa*

Resumen

La dinámica organizacional demanda a los trabajadores un cambio de mentalidad en su desempeño, obligándolos a llevar su resistencia física y mental al máximo generándoles estrés laboral, lo cual impacta en su productividad y en la competitividad organizacional. El objetivo de investigación fue determinar cómo influye el estrés laboral en la efectividad gerencial. La metodología consistió en aplicar los criterios de estrés laboral de Parker y DeCotiis y de efectividad gerencial de Hernández. Se realizó un diagnóstico sobre la percepción de las variables estudiadas en una institución de salud de Tlaxcala, México, así como un análisis de correlación y de regresión para determinar la relación entre las variables. Los resultados mostraron que los síntomas psicológicos y de comportamiento sí influyen en la efectividad gerencial. Concluyendo que se deben implementar estrategias para combatir los efectos negativos que el estrés laboral genera en la salud, en la eficiencia del trabajador y de las organizaciones.

***Palabras clave:** Estrés laboral, efectividad gerencial, competitividad, sector salud.*

Abstract

Organizational dynamics demands that workers change their mentality in their performance, forcing them to take their physical and mental resistance to the maximum, generating work stress, which impacts their productivity and organizational competitiveness. The research aim was to determine how work stress influences management effectiveness. The methodology consisted in applying the criteria of work stress by Parker and DeCotiis and of management effectiveness by Hernández. A diagnosis was made on the perception of the variables studied in a health institution in Tlaxcala, Mexico, as well as a correlation and regression analysis to determine the relationship between the variables. The results showed that psychological and behavioral symptoms do influence management effectiveness. Concluding that strategies must be implemented to combat the negative effects that work stress generates on the health and efficiency of workers and organizations.

***Keywords**: Work stress, management effectiveness, competitiveness, health sector.*

Introducción

La creciente presión de la competencia, el acortamiento del ciclo productivo, las forzosas innovaciones tecnológicas y económicas, los avances tecnológicos, la acumulación de demandas y exigencias, las premuras de tiempo, el alto nivel de responsabilidad asociado y los trabajos contemporáneos caracterizados por lograr metas altas y horarios extensos han dado origen a muchos cambios e innovaciones en los procesos de trabajo, lo cual conlleva frecuentemente a sobreesfuerzos mentales y situaciones estresantes [1, 2, 3, 4]. Estos aspectos, han llevado a las organizaciones a buscar nuevas expresiones de competitividad, a poner mayor énfasis en el conjunto de conocimientos, aptitudes, habilidades y actitudes del individuo lo cual ha propiciado ambientes no necesariamente favorables para la realización del trabajo sostenido y éste se llega a percibir como una fuente de estrés, de descontento y humillación [5, 6, 7, 8, 9]. Asimismo, la vida laboral moderna somete a los trabajadores a una presión mayor para satisfacer las demandas laborales y un trabajador

estresado suele ser más enfermizo, estar poco motivado, ser menos productivo y tener menos seguridad laboral; además la organización para la que trabaja suele tener peores perspectivas de éxito en un mercado globalizado y más competitivo [2, 10]. En el ámbito de las profesiones sanitarias, la incidencia del estrés es grave porque no sólo afecta al profesional, sino también al enfermo que depende de sus cuidados [11].

Si el estrés laboral afecta a un gran número de trabajadores o a miembros clave de las organizaciones, puede amenazar el buen funcionamiento y los resultados, y una organización que no goce de buena salud no puede obtener lo mejor de sus empleados y esto puede afectar no sólo a los resultados, sino, en casos extremos a su supervivencia [12, 13], donde el estrés laboral es la respuesta física y emocional a un daño causado por un desequilibrio entre las exigencias percibidas, los recursos y capacidades de un individuo para hacer frente a esas exigencias. El estrés implica sufrimiento y pérdida de potencial del capital humano [11]. Está determinado por la organización y el diseño del trabajo, por las relaciones laborales, las características de rol y la exposición permanente a enfermedades contagiosas. Tiene lugar cuando las exigencias del trabajo no se corresponden o exceden de las capacidades, recursos o necesidades del trabajador o cuando el conocimiento y las habilidades de un trabajador o de un grupo para enfrentar dichas exigencias no coinciden con las expectativas de la cultura organizativa [14]. En nuestra sociedad predomina la idea de que el estrés es una experiencia nociva que puede llegar a producir graves problemas de salud. Sin embargo, esta concepción no siempre es cierta, porque gracias al estrés, los empleados sienten satisfacción por alcanzar sus metas; es el estrés, entendido como sensación desagradable que acompaña a un esfuerzo, lo que puede originar malestar y enfermedad. Cabe resaltar, que el estado de salud está en peligro cuando los trabajadores empiezan a tener la impresión de que, a pesar de los esfuerzos, no van a lograr los objetivos; es en estas condiciones, cuando la experiencia de estrés puede presentar efectos negativos en la salud [10].

La Organización Internacional del Trabajo [14] ha establecido que los costos asociados a los efectos y consecuencias del estrés son cuantiosos porque están vinculados con el ausentismo, la rotación del personal, la frecuencia de los accidentes y el agotamiento extremo en el trabajo, los cuales generan efectos perniciosos no sólo para el sector productivo, sino también para la sociedad. "El estrés laboral es un fenómeno frecuente en el mundo del trabajo; de hecho, algún autor lo ha caracterizado como «pandemia» del siglo XXI" [15]. Es importante mencionar que en Europa el estrés laboral ya es reconocido jurisdiccionalmente como riesgo de trabajo, y en 1999 en España el Tribunal Superior de Justicia dictó sentencia en donde reconoció al estrés laboral como accidente de trabajo [3].

Con la finalidad de identificar los factores organizacionales estresores y sus consecuencias en la organización, se han propuesto diferentes modelos teóricos que explican esta enfermedad ocupacional. En esta investigación para analizar esta patología se consideró el modelo de la tensión de Parker y DeCotiis, (1983) citado en Robbins y Judge [16], en el cual se identifican tres grupos de factores: ambiental, organizacional e individual, que actúan como fuentes potenciales de la tensión. Donde se afirma que el hecho de que se vuelvan una tensión depende de diferencias individuales, tales como: la experiencia laboral y la personalidad. Dentro de los factores ambientales se consideran la incertidumbre económica, las amenazas políticas y los cambios tecnológicos. En los factores organizacionales las demandas de la tarea, las demandas interpersonales, la estructura organizacional, el liderazgo y el desarrollo de la organización, este último demanda a los trabajadores actitudes proactivas. De acuerdo con el modelo analizado las consecuencias de la tensión se pueden clasificar en tres categorías: síntomas fisiológicos, síntomas psicológicos y síntomas de comportamiento. En los síntomas fisiológicos la tensión en las personas puede influir en cambios en el metabolismo, incrementar el ritmo del corazón y de la respiración, incrementar la presión sanguínea, dolores de cabeza e inducir ataques al corazón. En los síntomas psicológicos la tensión puede causar insatisfacción en el trabajo, generando ansiedad, nerviosismo, irritabilidad, aburrimiento y/o la postergación de las responsabilidades. Los síntomas de comportamiento generan cambios en la productividad, ausentismo e impactan en mayores niveles de rotación del personal, también pueden provocar cambios en los hábitos alimenticios y estar relacionados con el incremento en el consumo de tabaco o alcohol, habla rápida, nerviosismo y desórdenes en el sueño.

Por otra parte, en la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible, en el objetivo ocho se establece como una meta proteger los derechos laborales y promover un entorno de trabajo seguro y sin riesgos [17]. Como una estrategia alineada a este objetivo, se puede considerar la Norma Oficial Mexicana 035 (NOM-035-STPS-2018), propuesta por la Secretaría del Trabajo y Previsión Social [18], la cual tiene como propósito establecer los elementos para identificar, analizar y prevenir los factores de riesgo psicosocial, así como promover un entorno

favorable en los centros de trabajo. En la cual se consideran como factores de riesgo psicosocial a aquellos que pueden provocar trastornos de ansiedad y de estrés grave y de adaptación, derivado de la naturaleza de las funciones del puesto de trabajo, el tipo de jornada y la exposición a acontecimientos traumáticos severos o actos de violencia laboral al trabajador, por el trabajo desarrollado. Debido a que esta patología se ha convertido en un problema ocupacional de gran interés a nivel mundial, por los efectos negativos que está generando en la salud de los trabajadores y en la productividad, en la NOM-035 se establecen mecanismos para identificar y analizar los factores de riesgo psicosocial, así como para evaluar el entorno organizacional como apoyo a las instituciones ante esta situación compleja.

A medida que las organizaciones y los entornos de trabajo van transformándose, también lo hacen los problemas de estrés a los que pueden enfrentarse los empleados; ante esto no sólo es importante identificar la existencia de problemas de estrés y tratar de resolverlos, sino también es necesario promover el trabajo saludable y reducir los aspectos perjudiciales, a través de impulsar un ambiente laboral seguro, donde se promueva la salud y el desarrollo [19, 12]. Se anticipa que las consecuencias legales probables por ignorar las condiciones estresantes en las organizaciones aumentarán en los próximos años en muchos países [13]. En este contexto complejo, el lugar de trabajo es una importante fuente de riesgos psicosociales, pero también es una oportunidad para hacerles frente mediante una actuación preventiva colectiva, esto es esencial para proteger la salud y el bienestar de los colaboradores y también para aumentar la productividad de las organizaciones [2].

En la Ley Federal del Trabajo [20] se define a la productividad como el resultado de optimizar los factores humanos, materiales, financieros, tecnológicos y organizacionales que concurren en la organización para la elaboración de bienes o prestación de servicios, con el fin de promover a nivel sectorial, estatal, regional, nacional e internacional, y acorde con el mercado al que tiene acceso, su competitividad y sustentabilidad, mejorar su capacidad, su tecnología y su organización, e incrementar los ingresos, el bienestar de los trabajadores y distribuir equitativamente sus beneficios. La Organización Internacional del Trabajo [14], establece que la productividad es el uso eficaz de la innovación y los recursos para aumentar el agregado añadido de productos y servicios. De acuerdo con Hernández [22], la productividad es el reflejo de la eficiencia y de la eficacia que deben lograr la correcta administración y la gerencia de una empresa, donde eficiencia es el uso correcto de los recursos utilizados para lograr resultados; y la eficacia se mide por los resultados, sin importar los recursos ni los medios. Por lo tanto, la efectividad gerencial es lograr la eficiencia y la eficacia en relación con los resultados.

Cabe destacar, que a esta enfermedad ocupacional en las organizaciones aún no le dan la atención necesaria, por la información limitada y por la falta de concientización sobre sus efectos por parte de los empresarios, directivos y representantes de dependencias gubernamentales relacionadas con el sector productivo. Sin embargo, en la actualidad las empresas exitosas están abiertas al cambio, son competitivas y se orientan totalmente al cliente. Sin embargo, para ello requieren de personas que se encarguen de realizar esas tareas, pero no sólo son sus dirigentes y ejecutivos, sino necesitan del personal de todas las áreas y de todos los niveles funcionales [23], esta situación demanda que el personal desarrolle de manera continua nuevas competencias laborales, generando estrés laboral en los trabajadores porque deben transitar de un estado de confort a procesos de mejora continua integrales y recurrentes. Por ello, en las organizaciones donde pasan la mayor parte de sus vidas las personas económicamente activas [24], representa un imperativo que en su proceso de gestión empresarial se incluya la gestión del estrés laboral, ya que esto les representará en el mediano y largo plazo una ventaja competitiva.

A la fecha, se han realizado diversas investigaciones donde se ha comprobado que el estrés laboral es una enfermedad contemporánea latente e incremental, como consecuencia de la inevitable interacción en un mundo globalizado donde impera como constante el cambio integral continuo, la calidad, la sustentabilidad, entre otras tendencias, aspectos que inevitablemente generan cambios en el ámbito laboral no sólo de estructura sino también conductuales, que en muchos de los casos rebasan las capacidades del personal generándoles estrés laboral y que de no ser identificado y controlado afectará la salud del trabajador y en consecuencia mermará la productividad e incrementará los costos en las organizaciones. Con base en lo anterior, en la presente investigación se planteó como objetivo determinar cómo influye el estrés laboral en la efectividad gerencial, tomando como caso una organización del sector salud del Estado de Tlaxcala, México.

Como hipótesis el estrés laboral sí influye en la efectividad laboral. Y como pregunta de investigación ¿qué categorías del estrés laboral influyen en la efectividad laboral?

Metodología

Diseño de la Investigación

En esta investigación, se realizó un estudio de caso utilizando los procesos de investigación cuantitativa y cualitativa para analizar una unidad holística y responder la pregunta de investigación, probar la hipótesis y apoyar el desarrollo de teoría [25]. Cabe destacar, que el enfoque cuantitativo fue el de mayor preponderancia en este estudio. Asimismo, se aplicó un diseño de investigación no experimental y transversal.

Instrumento de evaluación y objeto de estudio

Las variables estudiadas fueron estrés laboral y efectividad gerencial. Con base en la teoría, en la primera variable, de acuerdo con el modelo de la tensión de Parker y DeCotiis (1983) citado en Robbins y Judge [16], se consideraron como dimensiones las siguientes tres categorías: síntomas fisiológicos, síntomas psicológicos y síntomas de comportamiento. En la segunda variable efectividad gerencial las dimensiones analizadas fueron eficiencia y eficacia, de acuerdo con Hernández [22].

Se diseñó un cuestionario de 29 reactivos para identificar la percepción que tienen los trabajadores sobre las variables analizadas. Para la medición de cada ítem se aplicó la escala de medida métrica por intervalos, aplicando el método de escalamiento Likert, considerando una escala de cinco categorías de respuesta con unidades métricas del 1 al 5, en donde el 1 se especificó como totalmente en desacuerdo, 2 en desacuerdo, 3 indiferente, 4 de acuerdo y 5 totalmente de acuerdo. El instrumento se validó por medio de juicio de expertos y se aplicó al personal de una Institución de Salud del Estado de Tlaxcala, México. Para efectos de esta investigación, la población se conformó por 205 trabajadores, considerando médicos, paramédicos y personal de enfermería. Considerando una población de 205 trabajadores para la aplicación del instrumento. La confiablidad del instrumento se calculó empleando el índice de Alfa de Cronbach bajo el criterio de Hernández-Sampieri y Mendoza [25].

Análisis e interpretación de datos

Con los datos recabados se realizó un análisis de correlación Pearson para identificar la relación existente entre las categorías del estrés laboral y las dimensiones de la variable efectividad gerencial. Posteriormente, a partir de los resultados de correlación se realizó un análisis de regresión lineal, teniendo como variable dependiente la efectividad gerencial y como variable predictora las categorías del estrés laboral. El análisis estadístico se realizó empleando el paquete estadístico SPSS 21®.

Resultados y discusión

Confiablidad del instrumento

El instrumento se aplicó a 184 trabajadores de la Institución de Salud analizada, lo que representó el 89.75% de la población objeto de estudio. El resultado de su confiabilidad fue un Alfa de Cronbach de 0.829, lo que representa una confiabilidad elevada [25].

Análisis de correlación Pearson

En la tabla 1 se muestran los resultados obtenidos del análisis de correlación de Pearson, entre la variable efectividad gerencial y las categorías del estrés laboral: síntomas fisiológicos, síntomas psicológicos y síntomas de comportamiento. El grado de correlación se determinó con base en el criterio de Hernández-Sampieri y Mendoza [25].

Tabla 1. Correlación Pearson de las categorías del estrés laboral con la variable efectividad gerencial

Categorías del estrés laboral	Análisis Pearson	Efectividad Gerencial
Fisiológicos	Correlación de Pearson	-.367**
	Sig. (bilateral)	.000
	Grado de correlación	Baja
Psicológicos	Correlación de Pearson	-.654
	Sig. (bilateral)	.000
	Grado de correlación	Moderada
De comportamiento	Correlación de Pearson	-.588**
	Sig. (bilateral)	.000
	Grado de correlación	Moderada

**. La correlación es significativa al nivel 0,01 (bilateral).
Fuente: elaboración propia con base en resultados obtenidos por SPSS 21®

Los resultados obtenidos de la correlación Pearson revelaron la existencia de correlaciones estadísticamente significativas (($p<0.05$) entre la variable efectividad gerencial y las categorías del estrés laboral. Resaltando los síntomas psicológicos (-0.654) y los síntomas de comportamiento (-0.588) que presentaron una correlación moderada con la variable efectividad gerencial. Lo que significa que los síntomas psicológicos y de comportamiento sí influyen en una baja efectividad gerencial.

Análisis de regresión lineal

Con base en los resultados de la correlación Pearson se realizó un análisis de regresión múltiple siendo la variable dependiente efectividad gerencial y las variables predictoras: síntomas fisiológicos, psicológicos y de comportamiento. En la tabla 2 se muestran los resultados obtenidos.

Tabla 2. Modelo de regresión lineal múltiple

Variable dependiente	Variable predictora	Coeficiente no estandarizado B	Coeficiente tipificado Beta	t	Sig.
	Fisiológicos	-0.015	-0.021	-0.341	0.733
Efectividad	Psicológicos	-0.582	-0.496	-9.064	0.000
gerencial	De comportamiento	-0.202	-0.373	5.774	0.000
	Constante	2.940		2.478	0.089

Fuente: elaboración propia con base en resultados obtenidos por SPSS 21®

Los resultados revelan que las categorías del estrés laboral: síntomas psicológicos y del comportamiento influyen significativamente en la variable dependiente efectividad gerencial. Sin embargo, en el modelo se observa que la variable predictora síntomas psicológicos es la que explica de forma importante a la variable dependiente (58.2%). Esto se debe a que el personal encuestado consideró que a pesar de su esfuerzo no se siente reconocido y valorado por su desempeño, que el salario percibido no es equitativo a las actividades que realizan y a la responsabilidad que estas representan, y a que no visualiza oportunidades de desarrollo profesional que les permita aspirar a una mejor calidad de vida. En consecuencia los encuestados manifestaron experimentar insatisfacción de su trabajo y síntomas como ansiedad, depresión, aburrimiento, desmotivación e irritabilidad, lo cual impacta negativamente en su efectividad.

Con respecto a la variable predictora síntomas de comportamiento se identificó que aunque también es significativa, su aportación a la explicación del modelo es mínima (20.2%). Esto es debido a que manifestaron

que sólo ocasionalmente se han ausentado de sus labores por problemas de salud generados por tensión en su trabajo, ya que por las actividades que desempeñan su presencia es muy determinante.

Finalmente, con relación a la variable predictora síntomas fisiológicos no fue considerada significativa al representar 1.5% de contribución al modelo. Porque a pesar de que existan ruidos continuos en su área que les impida concentrarse en su trabajo y de que sufran algunos malestares físicos como jaquecas, problemas de presión sanguínea y problemas del corazón generadas por tensión en el trabajo los consideraron indiferentes en su efectividad debido a que perciben como muy prioritario su trabajo por la alta responsabilidad que conlleva.

Trabajo a futuro

Para dar continuidad a la presente investigación, se considera necesario ampliar el alcance de esta investigación a todo el sector salud del Estado de Tlaxcala, para investigar más sobre esta patología organizacional y diseñar estrategias que permitan disminuir los síntomas de estrés a los que están expuestos, mejorando la salud y el bienestar integral de los profesionales de la salud.

Conclusiones

El desarrollo de esta investigación permitió cumplir con el objetivo establecido de determinar cómo influye el estrés laboral en la efectividad gerencial. Asimismo la hipótesis planteada se aceptó al ser validada por el análisis de regresión. También los resultados permitieron dar respuesta a la pregunta de investigación, determinado que las categorías del estrés laboral síntomas psicológicos y de comportamiento sí influyen significativamente en la efectividad laboral.

El estrés laboral es una enfermedad intangible que está afectando a las organizaciones. Sin embargo, aún no se le da la atención necesaria, debido a que aún existe información limitada sobre esta patología y a la falta de concientización por parte de los empresarios, directivos y representantes de dependencias gubernamentales relacionadas con el sector productivo, sobre sus efectos negativos en la productividad, en el desarrollo y en los costos de las organizaciones.

La investigación también reveló que los trabajadores de este sector no sólo esperan una compensación económica, sino también una satisfacción personal, la sensación de utilidad y el reconocimiento por su labor. Por lo que es necesario que la organización, como parte de su proceso de gestión, considere como un eje sustantivo el promover la salud y el desarrollo de su personal. Finalmente, es importante que las organizaciones, implementen estrategias de manera oportuna, que les permitan proveer de mejor calidad de vida a sus trabajadores y estén preparados ante situaciones extraordinarias como la contingencia que actualmente se está viviendo en México y el mundo.

Referencias

[1] K. Sarsosa-ProweskK and V. H. Charria-Ortíz, “Estrés laboral en personal asistencial de cuatro instituciones de salud nivel III de Cali, Colombia," *Universidad y Salud,* vol 20, no. 01, pp. 44-52, 2018.

[2] V. Forastieri, “Prevención de riesgos psicosociales y estrés laboral,” *Boletín Internacional de Investigación Sindical Ginebra,* Oficina Internacional del Trabajo Recuperado de: https://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/---ed_dialogue/---actrav/documents/publication/wcms_553931.pdf 2017

[3] J. García, A. Silva, J. Fuentes, M. Reséndiz, E. Parra and M. Trelles, “*El estrés laboral*,” México: ISEF, 2013.

[4] J. A. Fernández-Lopez, J. Siegrist, A. Rodel and R. Hernández-Mejía, “El estrés laboral: un nuevo factor de riesgo. ¿Qué sabemos y qué podemos hacer?,” *Formación continuada. Atención primaria,* vol. 31, no. 08, pp. 524-526, 2003.

[5] R. Gutiérrez and Y. Ángeles, *“Estrés Organizacional,”* México: Trillas, 2012.

[6] P. Hernán, “La influencia de los factores estresantes del trabajo en el rendimiento laboral,” *Invenio*, vol. 13, no. 25, pp. 111-124, 2010.

[7] A. Gutiérrez and J. Viloria-Doria, “Riesgos psicosociales y estrés en el ambiente laboral,” *Salud Uninorte*, vol. 30, no. 1, pp. 05-07, 2014.
[8] R. Gabel-Shemueli, V. Peralta, R. Paiva and G. Aguirre, “Estrés laboral: relaciones con inteligencia emocional, factores demográficos y ocupacionales,” *Revista Venezolana de Gerencia*, vol. 17, no. 58, pp. 271-290, 2012.
[9] O. Pérez, “Análisis de la seguridad laboral mediante la medición de los niveles de estrés laboral,” *Forum Empresarial,* vol. 17, no. 02, pp. 53-71, 2012.
[10] M. Fernández, “Estrés percibido, estrategias de afrontamiento y sentido de coherencia en estudiantes de enfermería: su asociación con salud psicológica y estabilidad emocional,” Tesis inédita de Doctorado. Universidad de León, 2009.
[11] M.C. García-Moran and M. Gil-Lacruz, “El estrés en el ámbito de los profesionales de la salud,” Recuperado de http://bvs.minsa.gob.pe/local/MINSA/4131.pdf 2016.
[12] S. Leka, A. Griffitths and T. Cox, T. “La organización del trabajo y el estrés,” *Serie protección de la salud de los trabajadores No. 3. Catalogación por la Biblioteca de la Organización Mundial de la Salud.* Recuperado de: http://www.who.int/occupational_health/publications/pwh3sp.pdf?ua=1 2004.
[13] D. Hellriegel and J. Slocum, *“Comportamiento Organizacional,”* México: CENGAGE Learning, 2009
[14] Organización Internacional del Trabajo, “Estrés en el trabajo. Un reto colectivo,” Recuperado desde: https://www.ilo.org/public/libdoc/ilo/2016/490658.pdf 2016
[15] J. Peiró, “Estrés laboral y riesgos psicosociales. Investigaciones recientes para su análisis y prevención,” Recuperado desde: http://books.google.com.mx/books?id=ZaxWeJSYZE8C&printsec=frontcover&dq=estres+en+el+trabajo&hl=es-419&sa=X&ei=FdxRU_LhH8Gs2AX79YCQBw&ved=0CDsQ6AEwAw#v=onepage&q=estres%20en%20el%20trabajo&f=false 2009.
[16] Robbins, S. y Judge, T. (2013). Comportamiento Organizacional. México: Pearson.
[17] A. Barcena, “Agenda 2030 y los objetivos de desarrollo sostenible. Una oportunidad para América Latina y el Caribe,” Recuperado de: https://www.cepal.org/es/publicaciones/40155-la-agenda-2030 objetivos-desarrollo-sostenible-oportunidad-america-latina-caribe 2016.
[18] Secretaría del Trabajo y Previsión Social (STPS), “Factores de riesgo psicosocial en el trabajo-Identificación, análisis y prevención,” Norma Oficial Mexicana 035 (NOM-035-STPS-2018), 2018.
[19] J. Estefanía and L. Cárdenas, “Estrés laboral: estudio de revisión,” *Diversitas: Perspectivas en Psicología*, vol. 13, no. 01, pp. 81-90, 2017.
[20] Secretaría del Trabajo y Previsión Social, *“Ley Federal del Trabajo,”* Secretaría del Trabajo y Previsión Social, México, novena edición. Recuperado de http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/ref/lft.htm 2019.
[21] Organización Internacional del Trabajo [OIT], “Mejore su negocio: el recurso humano y la productividad,” Recuperado de https://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/---ed_emp/---emp_ent/---ifp_seed/documents/instructionalmaterial/wcms_553925.pdf 2016.
[22] S. Hernández, *“Introducción a la administración. Teoría general administrativa: origen, evolución y vanguardia,”* México: Mc Graw Hill, 2011.
[23] I. Chiavenato, *“Innovaciones de la administración. Tendencias y estrategias los nuevos paradigmas,”* México. Mc Graw Hill, 2011.
[24] M. Blanco, “El estrés en el trabajo,” *Revista Ciencia y Cultura*, no. 12, pp. 71-78, 2003.
[25] R. Hernández-Sampieri and C. P. Mendoza, *“Metodología de la Investigación. Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta,”* Ciudad de México: McGraw-Hill, 2018.

Decisiones Financieras en las Empresas de Servicios en el Municipio Riohacha, Departamento de la Guajira

I.J. Sanchez[1], M. Saray Rojas[2] y J. Sánchez Gonzalez[3]

[1]Facultad de ciencias económicas y administrativas, Universidad de la Guajira, Riohacha, Colombia.

[2]Falcultad de ciencias económicas y administrativas, Universidad de la Guajira. Riohacha, Colombia.

[3]Faccultad de ciencias económicas y administrativas, Universidad de la Guajira Riohacha, Colombia.

Ivansanchezv88@gmail.com

***Área de participación**: Ingeniería administrativa*

Resumen

La investigación se centró en analizar las decisiones financieras en las empresas de servicios en el Municipio Riohacha, Departamento de la Guajira, Colombia. Utilizando aportes teóricos de Ross, Westerfield y Jiordan (2002), Perdomo (2004), Fernández (2007), Baena (2010) y Perozo y Paz (2017), entre otros. E método utilizado, fue el deductivo, propio del paradigma positivista; tipo de investigación descriptiva de campo con un diseño no experimental, el estudio se consideró transversal o transeccional, según Hernández, Fernández y Baptista (2010) y Sabino (2010). En cuanto a la técnica se diseñó un instrumento con cinco alternativas de respuestas con escala de Likert, el cual fueron validados por un grupo de cinco (05) expertos. Los resultados determinaron que las decisiones financieras para las empresas objetos de estudio fueron poco adecuadas, lo que permitió concluir que el personal de los niveles estratégicos financieros, no está considerando al momento de tomar decisiones las condiciones de certidumbre, riesgos e incertidumbre; situación que puede afectar el futuro económicos de estas empresas, y limitaciones para alcanzar el éxito de las empresas.

***Palabras claves**: Decisiones Financieras, Certidumbre, Riesgo, Incertidumbre*

Abstract

The research focused on analyzing financial decisions in service companies in the Riohacha Municipality, Department of La Guajira, Colombia. Using theoretical contributions from Ross, Westerfield and Jiordan (2002), Perdomo (2004), Fernández (2007), Baena (2010) and Perozo and Paz (2017), among others. The method used was the deductive one, typical of the positivist paradigm; type of descriptive field research with a non-experimental design, the study was considered cross-sectional or transectional, according to Hernández, Fernández and Baptista (2010) and Sabino (2010). Regarding the technique, an instrument was designed with five response alternatives with a Likert scale, which were validated by a group of five (05) experts. The results determined that the financial decisions for the companies under study were inadequate, which allowed to conclude that the personnel of the financial strategic levels are not considering the conditions of certainty, risks and uncertainty when making decisions; situation that can affect the economic future of these companies, and limitations to achieve the success of the companies.

***Keywords**: Financial Decisions, Certainty, Risk, Uncertainty*

Introducción

Las consideraciones hechas en América Latina sobre los aspectos financieros, permitieron aclarar las etapas más significativas del proceso; en este sentido, se pueden caracterizar los primeros esfuerzos en torno a la formulación de una teoría del desarrollo y a la formación de conciencia en amplios grupos intelectuales de la región. En efecto los estudios sistemáticos de la realidad económica de algunos países como lo es el caso de Colombia, al trascender los factores aparentes del estancamiento, despertaron el interés hacia el mismo tipo de análisis en organismos nacionales y llevaron a pensar que las decisiones financieras requieren el análisis de los diferentes

escenarios los cuales deben ser considerados a la hora de decidir por alguna opción que involucre los destinos de un país, una organización o persona.

Es por esa razón, que se origina la búsqueda de alternativas para utilizar un proceso optimo sobre las condiciones que requieren las decisiones financieras en las empresas de servicios en el municipio de Riohacha en el departamento de la Guajira en Colombia, por cuanto constituye una guía sobre el alcance de las proyecciones financieras, la cual permite tomar decisiones de acuerdo a las condiciones donde se hace necesario evaluar los factores externos, a los cuales debe dar respuesta partiendo de su análisis los gerentes y personas ubicadas en los niveles estratégicos de las empresas sean estas públicas o privadas.

De las reflexiones anteriores, surgió la necesidad de analizar las condiciones que ofrecen los escenarios de certidumbre, riesgo e incertidumbre, considerados por los investigadores como los elementos determinantes para los expertos financieros de las empresas objeto de estudio, en el momento de dar inicio al proceso de decisiones financieras, en la actualidad la problemática que orienta la investigación fue asociada a la omisión que hacen los responsables de tomar las decisiones financieras de revisar los niveles de certidumbre, los riesgos y la incertidumbre, que forman parte de las condiciones que ofrece el panorama económico financiero de un país, reflejados a través de los informes económicos que ofrecen las organizaciones, entes, instituciones, centros de investigaciones económicas entre otras fuentes reconocidas como expertos en materia financiera.

Situación que, de no ser consideradas a la hora de decidir en materia financiera se corre el riesgo de no alcanzar las proyecciones contempladas al momento de aprobar las decisiones financieras que comprometen el futuro de las empresas y de sus trabajadores.

Fundamentos teóricos

Al respecto, Ross, Westerfield y Jiordan (2002) señalan que las decisiones financieras tienen importancia trascendental para el mundo empresarial, porque debido a la calidad de decisiones, más que a factores externos, es que depende el éxito o fracaso de una empresa. Esto implica que el dueño o administrador no solamente va asignar los recursos para las inversiones, también determina los medios que la empresa ha de utilizar para financiar sus inversiones (Escalera, s/f).

Decisiones en condiciones de certidumbre

Según Perdomo (2004), Fernández (2007) y Baena (2010) en condiciones de certidumbre, los decisores responsables conocen con exactitud cuáles serán los factores de la naturaleza y resultados de la alternativa implantada, es decir, que cada alternativa relevante conduce hacia un resultado específico e invariable. Este tipo de decisión conocemos que ocurrirá en el futuro. Se dispone de información mensurable y confiable sobre la cual basar las decisiones, es decir, es un futuro que contiene un solo resultado posible. En una organización la toma de decisiones se circunscribe en personas que están apoyando el mismo proyecto, debemos empezar por hacer una selección de decisiones, esta es la tarea de gran trascendencia (Brainon, 2016).

En el mismo orden de ideas, siguiendo con la opinión de los autores referidos; quienes afirman que con frecuencia los individuos basan sus decisiones en la limitada información de que disponen; de ahí que el monto de precisión de la información y el nivel de habilidades de conceptualización sean cruciales para la toma de decisiones. Las condiciones en las que se toman las decisiones pueden clasificarse en términos generales como certeza o certidumbre, incertidumbre y riesgo. Prácticamente todas las decisiones se toman en un ambiente de cierta certidumbre. Sin embargo, el grado varía de una certeza relativa a una gran incertidumbre (Brainon, 2016).

.

Razón por la cual, en la toma de decisiones existen ciertos riesgos implícitos. En una situación en donde existe certeza, las personas están razonablemente seguras sobre lo que ocurrirá cuando tomen una decisión, cuentan con información que se considera confiable y se conocen las relaciones de causa y efecto (Brainon, 2016).

Decisiones en condiciones de riesgo

Para Perdomo (2004), Falcón (2005) y Mondy (2010) coinciden que el principal dilema en el momento de tomar una decisión financiera, la cual puede ser ubicada en cualquier tipo de situación cotidiana, desde la compra de una prenda de vestir hasta una inversión en mercados de capitales, se asocia con el riesgo, es bien conocido que a mayor riesgo mayor rendimiento. Las decisiones en condiciones de riesgo se basan en la percepción y tolerancia

al riesgo de cada individuo; los decisores se encuentran con cierto número de resultados conocidos posibles, cada uno de los cuales cuentan con una probabilidad conocida de ocurrencia y puede producirse cualquiera de ellos. Existe una condición de riesgo cuando la posibilidad de prever el futuro es muy baja, es decir, no se dispone de información completa, pero se tiene idea de la probabilidad de ocurrencia de los resultados posibles (Instituto Sindical de Trabajo, Ambiente y Salud, 2007, p. 27).

Es por ello, que aun cuando dichas organizaciones, desarrollan modelos estadísticos, con el objeto de pronosticar variables tanto económicas, como políticas y sociales, se tiene la incapacidad de conocer de manera certera los resultados en potencia. Aversión al riesgo; término que se conceptualiza como la actitud hacia el riesgo en la que se exige un rendimiento más alto por aceptar un riesgo mayor (Instituto Sindical de Trabajo, Ambiente y Salud, 2007, p. 27).

Decisiones en condiciones incertidumbre

En opinión de Fernández (2007), Perozo y Paz (2017) señalan que en ocasiones donde no pueden asignarse probabilidades a los eventos posibles, a la hora de tomar una decisión, se llama toma de decisiones bajo incertidumbre. Se basa en la experiencia de la persona que tiene que tomar la decisión y se presenta cuando no se puede predecir el futuro en función de las experiencias pasadas (normalmente va asociado con muchas variables incontrolables). En este tipo de decisiones no se conoce como pueden variar o interactuar las diferentes variables del problema por lo que hay que plantear las diferentes alternativas para la solución (Instituto Sindical de Trabajo, Ambiente y Salud, 2007, p. 28).

En referencia a los autores precitados, en condiciones de incertidumbre, los decisores se percatan de la incapacidad de calcular la probabilidad de ocurrencia de cada estado de la naturaleza, al enfrentarse a problemas que no han ocurrido y que tal vez no se repitan en el futuro, lo que ocasiona que los ejecutivos decisores adopten actitudes o criterios de optimismo, pesimismo, normal o intermedio, o bien, actitudes o criterios que conduzcan a decidir la mejor alternativa, según niveles de aspiración relativa y con sentido común. Existe incertidumbre cuando los decisores no conocen las probabilidades de ocurrencias y, quizás, ni siquiera los resultados posibles (Instituto Sindical de Trabajo, Ambiente y Salud, 2007, p. 29).

Metodología

En cuanto al método utilizado, se desarrolló siguiendo el deductivo, propio del paradigma positivista; en ese sentido se partió de una problemática general hasta llegar a la particular, lo cual permitió definir el estudio dentro del tipo de investigación descriptiva de campo con un diseño no experimental, el estudio se consideró transversal o transeccional por que los datos se recolectaron en un solo momento tal como lo soporta Hernández, Fernández y Baptista (2010) y Sabino (2010).

En cuanto a la técnica utilizada, se utilizó un instrumento auto administrado; es decir, que el cuestionario se proporciona directamente a los sujetos que lo contestan. No hay intermediarios, y las respuestas las marcan ellos. El mismo contó con cinco alternativas de respuesta a saber: Siempre, casi siempre, algunas veces, casi nunca y nunca, con puntuaciones de 5 a 1 respectivamente. En el cuadro 2 se muestra el baremo bajo el cual se categorizaron las respuestas, lo referido cuenta con el aval de Palella y Martín (2009).

En referencia a la población, se encuentra constituida por el personal del nivel estratégico financiero de las empresas de servicios del Municipio Riohacha, Departamento de la Guajira, según se detallan en el cuadro 1.

Cuadro 1
Empresas de servicios adscritas a la Alcaldía de Riohacha

EMPRESAS DE SERVICIOS	Personal del Nivel Estratégico Financiero
EMDUPAR S.A. E.S.P	9
INTERASEO	12
ELECTRICARIBE	18
AP. CONTADORES PUBLICOS	6
SERVICIOS FUNEBRES EL SILENCIO	8

TOTAL	53

Fuente: Dirección de Administración Alcaldía de Riohacha (2018)

Cuadro 2
Baremo General

Rango	Alternativa de Respuesta	Intervalos	Categoría
1	Nunca	1.00 - 1.80	Inadecuada
2	Casi Nunca	1.81 - 2.60	Poco Adecuada
3	Algunas Veces	2.61 - 3.40	Ni Adecuada Ni Inadecuada
4	Casi Siempre	3.41 - 4.20	Moderadamente Adecuada
5	Siempre	4.21 - 5.00	Adecuada

Fuente: Elaboración Propia (2018)

Presentación de resultados

A continuación, se presentan los resultados generados luego de la recogida de la información mediante el instrumento diseñado para tal fin; de allí que, se detallan en forma estadística los resultados a través de datos y luego se explican utilizando un análisis cualitativo para demostrar los hallazgos y su contrastación con los autores referenciados.

Tabla 1
Decisiones Financieras

Alternativas de Respuesta ►►►		Siempre		Casi Siempre		Algunas Veces		Casi Nunca		Nunca				
Baremo ►►		Adecuado		Mod. Adecuado		Ni Adecuado Ni Inadecuado		Poco Adecuado		Inadecuado		Población	Promedio Indicador	Categoría
Rango ►►		4,21 5,00		3,41 4,20		2,61 3,40		1,81 2,60		1,00 1,80				
Indicador▼	Items	5		4		3		2		1				
		Fa.	%	Fa	%	Fa.	%	Fa.	%	Fa.	%			
Decisiones en Condiciones de Certidumbre	1 - 3	5	9,43	8	15,09	10	18,87	11	20,75	19	35,85	53	2,42	Poco Adecuado
Decisiones en Condiciones de Riesgo	4 - 6	5	9,43	6	11,32	10	18,87	17	32,08	15	28,30	53	2,42	Poco Adecuado
Decisiones en Condiciones Incertidumbre	7 - 9	5	9,43	4	7,55	10	18,87	16	30,19	18	33,96	53	2,28	Poco Adecuado
TOTAL	**1 - 9**	**15**	**9,43**	**18**	**11,32**	**30**	**18,87**	**44**	**27,67**	**52**	**32,70**			
Promedio de la Dimensión		**2,37**												
Categoría de la Dimensión		**Poco Adecuado**												

Fuente: Elaboración Propia (2018)

Según la información de la tabla 1, que puntualiza las Decisiones Financieras, el indicador Decisiones en Condiciones de Certidumbre presenta que la opción Inadecuado resultó con el mayor número de respuestas (19), representando el 35,85%. A continuación, los encuestados han respondido Poco Adecuado con el 20,75%, Ni Adecuado Ni Inadecuado con el 18,87%, Moderadamente Adecuado con el 15,09% y Adecuado con el 9,43%. Igualmente, el indicador Decisiones en Condiciones de Riesgo, presenta que la opción Poco Adecuado muestra el mayor número de respuestas (17), lo que representa el 32,08%. A continuación, los encuestados han respondido Inadecuado con el 28,30%, Ni Adecuado Ni Inadecuado con el 18,87%, Moderadamente Adecuado con el 11,32% y Adecuado con el 9,43%. Del mismo modo, el indicador Decisiones en Condiciones Incertidumbre presenta que la opción Inadecuado muestra el mayor número de respuestas (18), representando el 33,96%. A

continuación, las respuestas de los encuestados se ubican en Poco Adecuado con el 30,19%, Ni Adecuado Ni Inadecuado con el 18,87%, Adecuado con el 9,43% y Moderadamente Adecuado con el 7,55%.

Como resultado, se tiene que el promedio de cada uno de estos indicadores, los ubican en la categoría de Poco Adecuada, este resultado indica que las decisiones financieras se sitúa igualmente en la misma categoría según el baremo que se estructuró para la investigación, evidenciando que no se consideran las condiciones de certidumbre, riesgo e incertidumbre, hallazgos que se contraponen con las teorías señaladas por Perdomo (2004), Falcón (2005) y Mondy (2010), Fernández (2007), Perozo y Paz (2017), quienes afirman la necesidad de analizar las condiciones de certidumbre, riesgo e incertidumbre.

Conclusiones

Luego de presentado los resultados, y determinando que las decisiones financieras según la información de la población se muestran poco adecuadas, lleva a los investigadores a concluir que en las empresas de servicios del municipio de Riohacha del Departamento de la Guajira en Colombia, el personal de los niveles estratégicos financieros no está considerando los escenarios externos, tales como la certidumbre, los riesgos y la incertidumbre en el contexto económico nacional, al momento de orientar las decisiones en materia financiera esto permite identificar algunas situaciones a considerar por las empresas estudiadas:

1. Revisar los perfiles del personal que labora en los niveles estratégicos financieros para conocer la experiencia y el conocimiento en materia de toma de decisiones en contextos financieros.
2. Revisar los elementos estratégicos orientados a través de la misión y visión de las empresas.
3. Evaluar los históricos de 5 años anteriores sobre las decisiones tomada por las empresas en materia financiera.

Referencias

[1.] Baena, D. “Análisis financiero: Enfoque proyecciones financieras”. Ecoe Ediciones. (2010).

[2.] Falcón, J. “Gerencia y Toma de Decisiones” Libros el Nacional. (2005).

[3.] Fernández, S. “Los proyectos de inversión: evaluación financiera”. Tecnológica de CR. (2007)

[4.] Hernández, R., Fernández, C. y Baptista, P. “Fundamentos de Metodología de la Investigación”. Mc Graw-Hill. (2010)

[5.] Instituto Sindical de Trabajo, Ambiente y Salud (2007). La prevención de riesgos en los lugares de trabajo. Guía para una intervención sindical. Recuperado el 23-08-20 de: http://istas.net/descargas/gverde/gverde.pdf

[6.] M. Brainon (2016). Toma de decisiones. Recuperado el 23-08-20 de: https://martinbrainon.com/inicio/toma-de-decisiones/

[7.] M. Escalera (s/f). El impacto de las características organizacionales e individuales de los dueños o administradores de las pequeñas y medianas empresas en la toma de decisiones financieras que influyen en la maximización del valor de la empresa. Recuperado el 23-08-20 de: https://www.eumed.net/tesis-doctorales/2011/meec/Tipo%20de%20decisiones%20financieras.htm

[8.] Mondy, W. “Teoría administrativa”. McGraw Hill. México. (2010).

[9.] Palella, S. y Martins, F. “Metodología de la investigación cuantitativa”. Fondo Editorial de la Universidad Pedagógica Experimental Libertador. (2009).

[10.] Perdomo A. “Planeación Financiera para Épocas Normal y de Inflación”. Ediciones Contables y Administrativas S.A. (2004)

[11.] Perozo, E y Paz, A. “Gestión del Talento Humano desde la Praxis Organizacional Internacional. Astro Data. (2017).

[12.] Sabino, C. “El Proceso de Investigación”. Lumen – Humanitas. Buenos Aires. (2010)

Implementación de CANVAS y Service Blueprint para formalizar procesos internos de servicio en una MiPyME

G. Sánchez Morales[1], G. Cortés Robles[2], E.A. Romero Flores[3], F. Aguirre y Hernández[4], M. Gallardo Córdova[5]
[1]Division de Estudios de Posgrado e Investigación, Tecnológico Nacional de México, IT Orizaba, Oriente 9 #852, Orizaba, C.P. 94300, Veracruz, México
**gilsm182@hotmail.com*
***Área de participación**: Ingeniería Administrativa*

Resumen

Se seleccionó como caso de estudio una microempresa dedicada al servicio clásico de barbería, la cual ha identificado un incremento en los costos y una reducción de sus ingresos. Se desarrolló un estudio enfocado a definir: una serie de procesos que aseguren la satisfacción del cliente y que promueva una estabilidad interna para un crecimiento a futuro de la MiPyME. Para formalizar los procesos se implementó CANVAS Business Model con la finalidad de identificar y definir las actividades de la propuesta de valor, posteriormente mediante un análisis Insight; se orientaron las actividades del servicio, igualmente se identificaron las áreas de oportunidad. Después de dicha introspección, se depuraron y enriquecieron las actividades para establecer formalmente la nueva propuesta de valor, recurriendo al uso de un nuevo lienzo e identificándolas mediante la herramienta visual Service Blueprint.

***Palabras clave**: CANVAS, servicios, rediseño, MiPyME.*

Abstract

A micro-company dedicated to classic barbershop service was selected as a case study, which has identified an increase in costs and a reduction in income. A study was developed focused on defining: a series of processes that ensure customer satisfaction and promote internal stability for future growth of the company. To formalize the processes, the CANVAS Business model was implemented in order to identify and define the activities of the value proposition, later through an Insight analysis; the activities of the service were oriented, the areas of opportunity were also identified. After introspection, the activities were refined and enriched to formally establish the new value proposition, making use of a new canvas and identifying them through the visual Service Blueprint tool.

***Key words**: CANVAS, services, redesign, MSME.*

Introducción

Para este caso de estudio se ha seleccionado una MiPyME de relativamente nueva creación, la cual se encuentra ubicada en la ciudad de Orizaba, Veracruz. Se encuentra en función desde hace 3 años. Durante este tiempo las actividades desarrolladas para otorgar el servicio y las actividades administrativas, han sido realizadas de manera empírica y como consecuencia consolidadas a través del tiempo. Al no contar con una dirección formalizada y continuar con el desarrollo de los procesos de forma empírica, existe una carencia de visión estratégica para la formulación de un plan que genere estabilidad interna y promueva un crecimiento a largo plazo. En consecuencia se presenta una variabilidad y aumento en los costos que se traduce en pérdidas monetarias y aumento en los costos para el desarrollo del servicio.

El desarrollo de este trabajo tiene la función de establecer como propuesta la implementación de CANVAS Business Model a una MiPyME que ya se encuentra en función y que necesita formalizar

 ISSN 2007-8102

sus procesos internos al haber sido creada sin estrategias administrativas, tomando en cuenta objetivos a mediano y largo plazo. Se considera como prioridad; el establecimiento de preceptos del servicio, junto a la definición e identificación de actividades que son parte de la propuesta de valor actual, que no han sido identificados y que son realizados de manera frecuente en el servicio.
La introspección mediante el uso de Insights sirve para puntualizar las áreas de oportunidad con información acumulada de manera informal, la cual será usada para orientar o depurar actividades del servicio y en conjunto desarrollar una nueva propuesta de valor. Esta propuesta se formaliza mediante Service Blueprint, con el fin de rediseñar el servicio actual con miras a la generación de un modelo de negocios reproducible.

Metodología

Sustentado en la investigación desarrollada por Simmert [1] orientada a la mejora de un modelo de negocio continuo y al diseño de un proceso repetible, mediante la evaluación y construcción de un diseño. Y de acuerdo con los autores italianos; Francesca Foglieni, Beatrice Villari y Stefano Maffei [2] respecto a identifican requisitos teóricos y prácticos de mejora de un modelo de negocio para fundamentar decisiones de diseño. Siendo complementado por un método para predecir, detectar fallas y evaluar el flujo del proceso dentro de un sistema propuesto por Konstantinos Gkekas, Jeffrey Alcock, Ashutosh Tiwari [3], se desarrolló la siguiente metodología.



Figura 1. Metodología.

CANVAS

La primera actividad que se realizó fue el establecer los preceptos que no se tenían identificados. En conjunto con el equipo directivo se determinó que el: primer precepto es la, rapidez, que significa respetar el tiempo estipulado para realizar el servicio. El segundo precepto es la calidez, que busca entender los requerimientos del cliente para transformarlos en parte de su imagen. El tercer precepto es el profesionalismo, que busca asegurar que los colaboradores cuentan con las competencias certificadas para otorgar el servicio y como cuarto precepto la higiene que pretende que tanto el servicio como las instalaciones cuenten con los estándares de limpieza e higiene.

Se completaron los nueve bloques de la metodología CANVAS Business Model desarrollada por Osterwalder [4] con el objetivo de que el equipo directivo señalara e identificara las partes cruciales del servicio actual, así como para puntualizar aquellos componentes que actualmente forman parte

 ISSN 2007-8102

del modelo de negocio y las que se rige la micro empresa, motivo por el que los clientes actuales elijen dicho servicio.

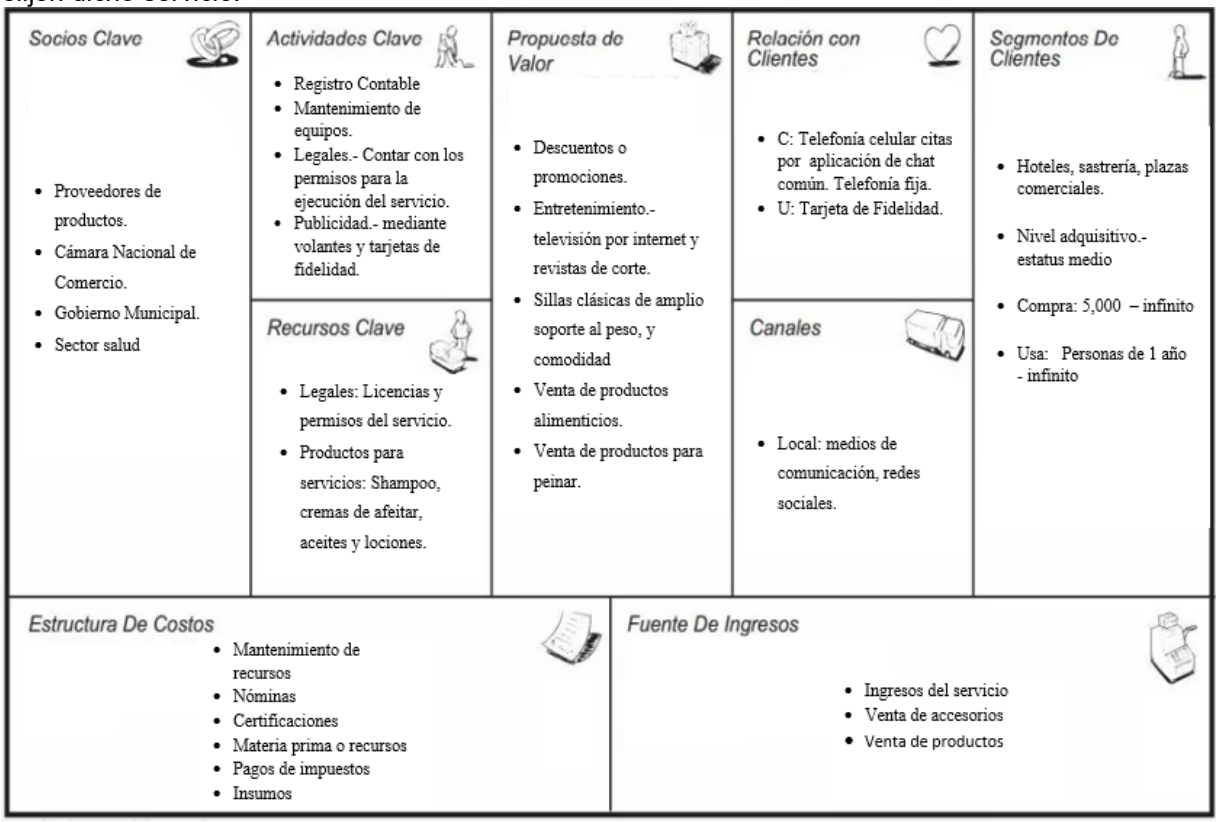


Figura 2. CANVAS actual de la MiPyME.

Se desarrolló en compañía del cuerpo directivo la categorización y detección de aquellas propuestas de valor que entrega el servicio actual, complementando la identificación de actividades actuales reales dentro de los procesos y su relación entre los módulos del modelo.

Para realizar la validación de la propuesta de valor se compararon los preceptos que se establecieron con anterioridad dentro de una tabla de consistencia tomando en cuenta los nueve apartados del modelo CANVAS, su cumplimiento es corroborado con las actividades del proceso del servicio.

Preceptos	Clientes	Relación	Distribución	Propuesta Valor	Actividad critica	Recursos estratégicos	Alianzas estratégicas
Rapidez		X	X	X	X	X	X
Calidez		X		X			
Profesionalismo	X	X	X	X	X	X	X
Higiene				X	X	X	

Tabla 1. Tabla de consistencia de preceptos.

Se consideró que como mínimo uno de los preceptos debe cumplirse en cada uno de los nueve apartados del modelo CANVAS para poder ser consistente y poder validar que se esté cumpliendo la propuesta de valor que propone la prestación del servicio determinado por la MiPyME.

Insight

Se realizó una introspección para la identificación de información, lo que permitió orientar e identificar patrones en los procesos de servicio, mediante la recopilación de manera informal por la MiPyME.

 ISSN 2007-8102

Los datos existentes cuantificaban el número y el tipo de servicio establecidos entre octubre de 2019 al último día de Marzo de 2020, lo cual representa la estructura de servicios, horarios y colaboradores en función. De acuerdo con la información disponible de dicho semestre de labores, se identificaron los servicios realizados en su totalidad, identificando el promedio mensual de servicios realizados.

Octubre	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo
205	186	208	189	182	152
Promedio mensual			187 servicios		

Tabla 2. Promedio mensual de servicios

Una vez identificado el promedio de servicios, se obtuvo la proporción de los servicios. De esta forma se identificó aquel servicio preponderante, que es la base del actual modelo de negocios.

Corte	80%
Promoción (corte y barba)	9%
Corte para niño	6%
Barba	4%
Corte con credencial INAPAM	1%

Tabla 3. Proporción semestral de los servicios

Debido a la poca información cuantitativa de la microempresa y considerando el planteamiento del problema para este caso de estudio, se utilizaron los datos identificados en la etapa anterior, para determinar cuáles son las causas que generan la disminución de ingresos. Del creador Kaoru Ishikawa el modelo causa-efecto está dirigido a la identificación de problemas que puede enfrentar la empresa, mediante el análisis de aquellos conflictos que se presentan en la relación entre un problema y sus causas posibles. [5].

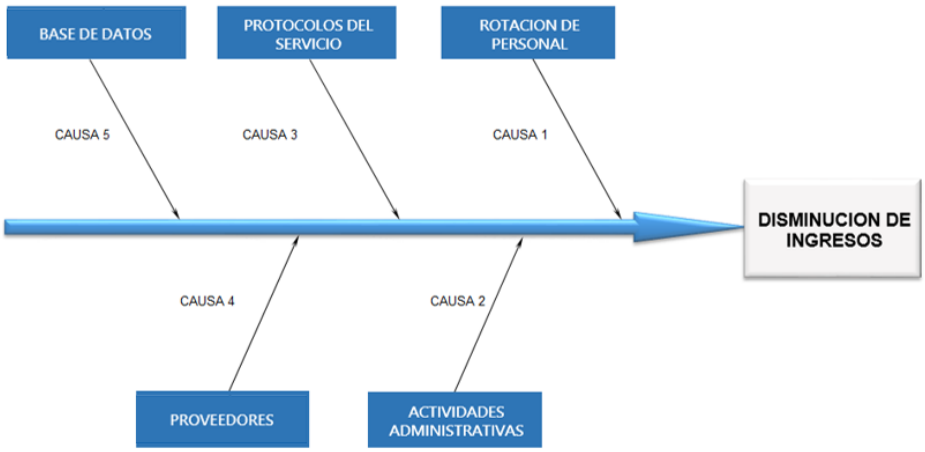


Figura 3. Diagrama causa-efecto.

Se observó que la disminución de ingresos es proporcional a la disminución de servicios, y mantienen una amplia relación con diferentes causas de segundo nivel algunas son: la falta de personal; lo que repercute en la cobertura de la demanda del servicio, solicitantes a ingreso de la micro empresa; no cuentan con la experiencia básica y demandan exigencias salariales que no se pueden cubrir por el nivel socioeconómico del servicio. La participación del administrador; al no generar información para el mantenimiento en los equipos así como el abastecimiento de material consumible del proceso del servicio, siendo que no se tiene estipulada una programación de estas actividades.

Con la información revelada en la introspección junto con el diagrama causa-efecto, se desarrolló la herramienta Diagrama de Afinidad, por Kawakita Jiro en 1960 utilizada mayormente en análisis de negocios [6], su función es la de crear un conjunto de datos que provienen de una lluvia de ideas

 ISSN 2007-8102

previa y de las cuales serán agrupadas en función a la relación que se identifiquen entre sí y puedan ser reunidas en ideas generales.

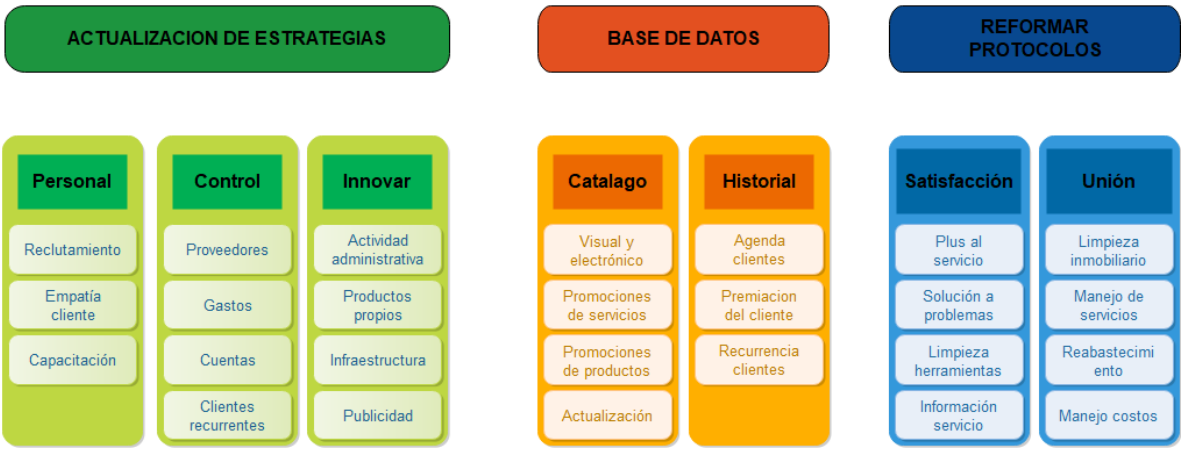


Tabla 4. Diagrama de Afinidad.

El agrupamiento de las actividades necesitó una unificación de criterios con el equipo directivo con respecto a la distribución o realización de las tareas de acuerdo a los puestos definidos de esta forma se originaron los primeros títulos o frases descriptoras de las cuales se identificaron agrupamientos afines, como resultado estos títulos fueron segmentados en alternativas estructuradas para el desarrollo de nuevas propuestas de valor para el rediseño del modelo de negocios.

Propuestas de valor

Se establecieron jerarquías a las propuestas provenientes del diagrama de afinidad, fueron incluidas en una matriz y asignadas de acuerdo a la importancia y prioridad. Esta herramienta es conocida como matriz de Eisenhower, la cual gestiona y descartar el tiempo en que se realiza una actividad [4]. Con el equipo directivo y utilizando la información previa se unificaron criterios para consolidar las actividades en el siguiente mapa de prioridades.

	Urgente	No Urgente
Importante	Base de datos de clientes Plan financiero Plan de marketing Rotación de trabajadores	Capacitación y especialización Restructura protocolos del proceso de servicio Restructura protocolos administrativos Establecer métodos de control
No Importante	Quejas del servicio Enfrentar nuevos competidores Reactivación de servicios Servicio socialmente responsable	Registro ante IMPI Generación de productos propios Gastos de infraestructura Remodelación ambiental

Tabla 5. Mapa de prioridades.

Se seleccionó como base el primer modelo CANVAS, de acuerdo con Osterwalder el contexto del diseño enfocado al usuario, la innovación y el diseño, centran al lienzo como herramienta conceptual. Los autores Michael Lewrick y Patrick Link [8] consideran que aplicar la filosofía del modelo para un nuevo diseño en una etapa temprana genera interés en las partes interesadas y comparten una visión en común. La reformulación de los bloques fue dirigida a generar ideas para la propuesta del nuevo modelo de negocio, considerando el modelo anterior de la MiPyME como un bosquejo.

 ISSN 2007-8102

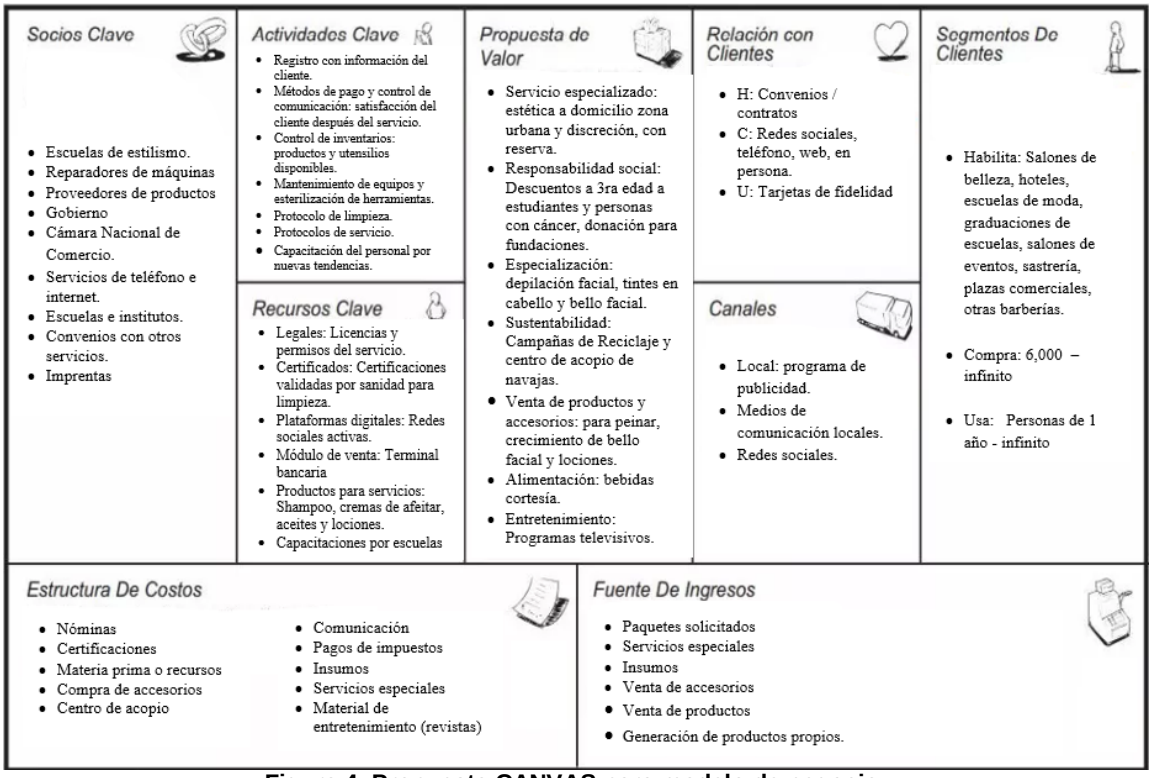


Figura 4. Propuesta CANVAS para modelo de negocio.

Service Blueprint

Esta herramienta busca enriquecer la innovación de un servicio, en este caso un servicio ya existente [9], identificando actividades propuestas a mejorar en herramientas anteriores, y desarrolladas a través de una representación visual, involucrando las interacciones necesarias en el servicio para la implementación de actividades que cumplan las propuestas diseñadas en el modelo CANVAS.

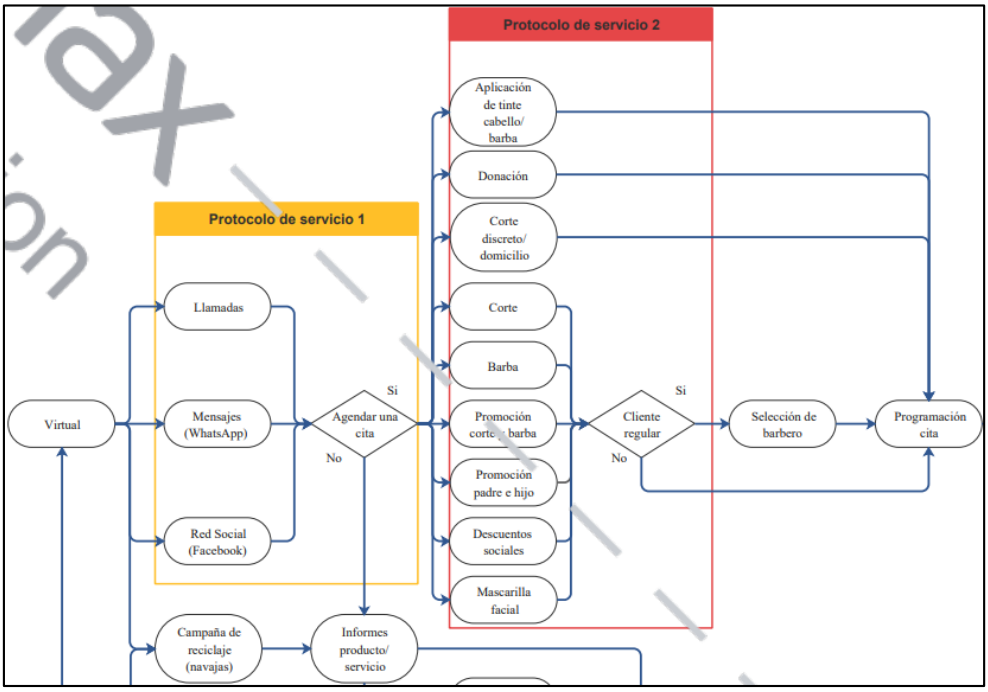


Figura 5. Fragmento Front Office, contacto del servicio de forma virtual.

 ISSN 2007-8102

Front office

Consta de la primera interacción del cliente a solicitar el servicio con el proveedor: compuesto de un protocolo de servicio inicial que proporciona información o guía el servicio. Después de recibir el servicio se recopila información de retroalimentación, así como también un protocolo de despedida, se denomina Front office final.

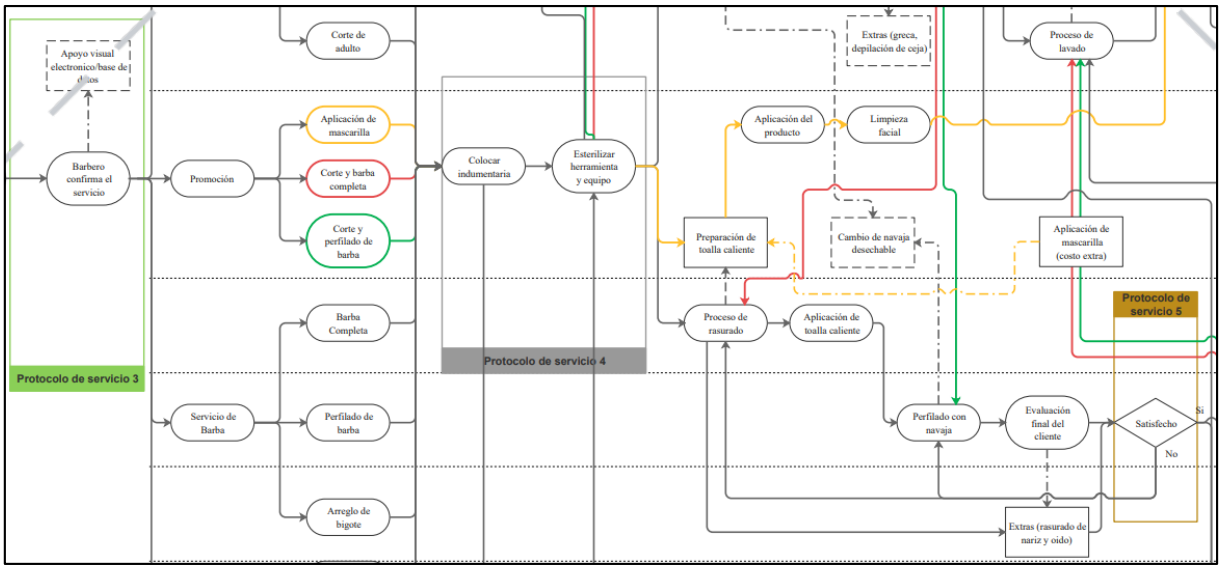


Figura 6. Fragmento Back Office, desarrollo de los servicios y protocolos de la propuesta de valor.

Back Office

Esta fase en la mayoría de los casos no es identificable por los usuarios y se compone de actividades que abarcan tareas e interacciones necesarias para la producción de un servicio o producto.

Resultados y discusión

Establecer los preceptos bajo los cuales se identifica el servicio promovió el desarrollo del modelo CANVAS comenzando como una herramienta de detección, de la cual el equipo directivo selecciono aquellas propuestas de valor que el servicio entrega, continuando con la relación y carencia entre los módulos del modelo. La información obtenida por la introspección y el diagrama causa-efecto revelaron las posibles causas del problema principal que demostró la falta de una base de datos de manera que no se pueden se cuantifica el servicio. Al no tener un control de inventario del material consumible los gastos de estos insumos aumentan, al ser adquiridos de manera correctiva y no preventiva o por anticipación y volumen. Las ideas y actividades del diagrama de afinidad fueron direccionadas al mapa de prioridades, para la generación de una nueva propuesta de valor, obteniendo una base y propuesta para el nuevo lienzo CANVAS, al utilizarlo como una herramienta generadora de propuestas de valor, contribuyó a diseñar una estrategia de crecimiento a largo plazo para la MiPyME. Al integrar estas actividades se originó una formalización y estructuración de protocolos productivos y administrativos, integrando las decisiones patronales. Y así la estrategia fue ilustrada en el Service Blueprint para ilustrar en que momento serian llevadas a cabo en el proceso del servicio generando protocolos en partes cruciales del servicio, como propuesta de diseño, fueron colocados estratégicamente en actividades y puntos de inflexión cruciales del proceso de servicio con la finalidad de satisfacer al cliente final optimizando el proceso productivo y administrativo.

Trabajo a futuro

El análisis e información concentrada en este punto precede al desarrollo y validación del rediseño por medio de un programa de simulación [10] para concretar o consolidar la estrategia. E

implementarla en la MiPyME para la generación de un modelo de negocios con miras a la reproducción. Como trabajo adicional se planteará un escenario que contemple emergencias nacionales que puedan perjudicar el nicho de los servicios tanto a escala local como nacional, dicha estrategia considerara un plan financiero que integre acciones administrativas preventivas para catástrofes administrativas y económicas como las resultantes de la pandemia por COVID-19.

Conclusiones

En este caso de estudio se identificaron aquellas actividades de valor que ofrece la microempresa al mercado, con la finalidad de formalizar los procesos internos productivos así como administrativos. De esta manera se ideó un modelo de negocios como propuesta para la microempresa local, la cual ha estado desarrollando actividades de forma empírica y con directrices administrativas informales. La aplicación de técnicas y herramientas identificó cual era el origen del principal problema que manifestó la empresa. Por lo que se pudo determinar que al no contar con ningún tipo de registro, los costos de proporcionar el servicio e inventario no son controlados ni cuantificados, solo se cubren conforme son una necesidad. Se desarrollaron e integraron protocolos que consideran el control de inventarios junto con materiales consumibles del proceso, de esta manera se cuantifican al momento del consumo. En conjunto los protocolos administrativos, sirven como parte de la generación de una base de datos para la satisfacción del cliente y un registro formal para la empresa. Este caso de estudio puede concluir que la MiPyME al alcanzar la media de vida dentro del sector de servicios en México[11] , necesita de la formalización de sus procesos antes de encaminarse a una reproducción del servicio, para solventar estas necesidades existen herramientas que aseguran el rediseño del servicio mediante análisis y generación de propuestas para formalizar dichos procesos.

Referencias

[1] B. Simmert, P. A. Ebel, C. Peters, E. A. C. Bittner, y J. M. Leimeister, «Conquering the Challenge of Continuous Business Model Improvement: Design of a Repeatable Process», *Bus Inf Syst Eng*, vol. 61, n.º 4, pp. 451-468, ago. 2019, doi: 10.1007/s12599-018-0556-y.
[2] F. Foglieni, B. Villari, y S. Maffei, *Designing Better Services*. Cham: Springer International Publishing, 2018.
[3] K. Gkekas, J. Alcock, y A. Tiwari, «An investigation of the dynamic features of service design methods», *J Serv Sci Res*, vol. 4, n.º 2, pp. 353-381, dic. 2012, doi: 10.1007/s12927-012-0014-1.
[4] A. Osterwalder y. Pigneur, «Generación de modelos de negocio», p. 285, jun. 2011.
[5] P. Lean, «Diagrama Causa-Efecto (Diagrama Ishikawa)», *Progressa Lean*, sep. 16, 2014. https://www.progressalean.com/diagrama-causa-efecto-diagrama-ishikawa/ (accedido abr. 05, 2020).
[6] «Diagrama de Afinidad o metodo KJ para organizar ideas y resolver problemas», *Pensamiento Visual*, feb. 26, 2017. https://www.pensamientovisual.es/diagrama-afinidad-metodo-kj/ (accedido may 27, 2020).
[7] «Matriz de Eisenhower: cómo ser más productivo al gestionar tu tiempo», *ATAREADAS | ASISTENCIA VIRTUAL*, sep. 14, 2018. https://atareadas.com/matriz-eisenhower/ (accedido may 26, 2020).
[8] M. Lewrick y P. Link, «Design Thinking Tools: Early Insights Accelerate Marketers' Success», *Mark Rev St. Gallen*, vol. 32, n.º 1, pp. 40-51, mar. 2015, doi: 10.1007/s11621-015-0507-7.
[9] P. Ateetanan, S. Usanavasin, K. Shirahada, y T. Supnithi, «From Service Design to Enterprise Architecture:The Alignment of Service Blueprint and Business Architecture with Business Process Model and Notation», en *Serviceology for Services*, vol. 10371, Y. Hara y D. Karagiannis, Eds. Cham: Springer International Publishing, 2017, pp. 202-214.
[10] «ProModel | Promodel». http://promodel.com.mx/promodel/ (accedido jun. 04, 2020).
[11] Notimex, «Sector terciario crecerá hasta 5.5% en el 2019: Concanaco Servytur», *El Economista*, ene. 03, 2019. https://www.eleconomista.com.mx/empresas/Sector-terciario-crecera-hasta-5.5-en-el-2019-Concanaco-Servytur-20190103-0112.html (accedido nov. 05, 2019).

Desarrollo de herramientas administrativas para mejorar los procesos internos de una empresa de servicios

E. López Lozada[1], E.A. Romero Flores[1], N. Ortega Petterson[1], G. Cortés Robles[1] O. Juárez Rivera[2]*
[1]Tecnológico Nacional de México/ Instituto Tecnológico de Orizaba, Av. Instituto Tecnológico (Oriente 9) No.852, Col. Emiliano Zapata, CP. 94300, Orizaba, Veracruz, México.
[2]Universidad Veracruzana / Facultad de Negocios y Tecnologías, Carretera estatal Sumidero Dos Ríos km1 Ixtaczoquitlán, Veracruz, México.

eromerof@orizaba.tecnm.mx

***Área de participación**: Ingeniería Administrativa*

Resumen

Uno de los factores más importantes que debe considerar cualquier empresa de servicios en el mercado es tener y mantener una buena relación con sus clientes, esto puede contribuir a tener mayores oportunidades de trabajo, a ser considerados para futuros proyectos o incluso para ser recomendados con otros clientes. El siguiente estudio se basa en la elaboración y desarrollo de herramientas administrativas tales como el lienzo CANVAS, back y front office que para fines prácticos tienen la finalidad de mejorar los procesos internos de una organización aplicando estrategias que nos generen resultados y por otro lado fortalecer la propuesta de valor que para una mejor interacción de la empresa con sus clientes. La finalidad de este estudio es demostrar como utilizando estas herramientas se puede fortalecer la toma de decisiones con estrategias para aumentar los ingresos.

***Palabras clave**: CANVAS, front office, back office, recursos humanos.*

Abstract

One of the most important factors that any service company in the market should consider is having and maintaining a good relationship with its clients, this can contribute to having greater job opportunities, to be considered for future projects or even to be recommended to others customers. The following study is based on the elaboration and development of administrative tools such as the CANVAS, back and front office that for practical purposes have the purpose of improving the internal processes of an organization by applying strategies that generate results and on the other hand strengthen the value proposition that for a better interaction of the company with its customers. The purpose of this study is to demonstrate how using these tools can strengthen decision-making with strategies to increase income

***Key words**: CANVAS, front office, back office, human resources*

Introducción

La situación mundial en la actualidad es históricamente catastrófica, según datos del Fondo Monetario Internacional (FMI) como resultado de la pandemia, se proyecta que la economía mundial sufra una brusca contracción de -3% en 2020, mucho peor que la registrada durante la crisis financiera de 2008–2009. En el escenario base, en el que se supone que la pandemia se disipa en el segundo semestre de 2020 y que las medidas de contención puedan ser replegadas gradualmente, se proyecta que la economía mundial crezca 5,8% en 2021, conforme la actividad económica se normalice siempre y cuando se implementen políticas públicas acertadas para generarlo [1]. Subsecuentemente, esta situación resultó tan súbita para todo el mundo que particularmente en México se hizo una estimación oportuna con respecto al segundo trimestre de 2020 del Producto Interno Bruto (PIB) cuyo resultado arrojó una disminución del 17.3% frente al trimestre anterior, y tuvo una reducción real de 18.9% en su referencia anual, informó el Instituto Nacional de Estadística y Geografía [2]. Económicamente por ser un país en vías de desarrollo y siendo esta situación la que nos compete para fines prácticos la mayoría de los sectores productivos han tenido inestabilidad en los últimos meses, siendo esta una realidad que transformará las dinámicas de interacción social, comercial, productiva, entre otros.

Existen diversas empresas especializadas que realizan servicios de terciarización, entre los cuales se encuentran los de limpieza industrial que muchas veces son requeridos por empresas transnacionales. Una de ellas es la empresa sujeta de estudio, una organización con más de 20 años de experiencia en el mercado y capacitada en multiservicios de mantenimiento y limpieza industrial. Al ser considerada como una empresa proveedora de servicios externa a una compañía de talla internacional, el grado de exigencia es mayor; esto implica que el control de los servicios prestados sea más estricto. Una de las principales problemáticas que se ha detectado es la falta de esclarecimiento en el modelo de negocios que tiene la empresa, pues a través de los años se ha manejado de forma empírica razón por la cual ha perdido de vista sus alcances dejando contratos importantes por falta de personal lo que impacta directamente en su margen de utilidad.

Con la finalidad de hacer examinar de forma simplificada el modelo de negocio que se tiene y conocer el *status quo* de la empresa, se utilizó la estructuración de un lienzo CANVAS. Este modelo es una herramienta que analiza y crea modelos de negocio de una forma fácil. Se puede considerar un lienzo que se divide en diferentes aspectos que el negocio debe considerar, algunos se encuentran fuertemente relacionados en específico a la propuesta de valor que ofrece [3].
Posteriormente y con el objetivo de aumentar los ingresos en la compañía se implementaron dos herramientas: *el front y el back office*. Con la finalidad de fortalecer la propuesta de valor de la compañía, la realización de actividades en el *front office* permite la entrega de experiencias adicionales a los clientes y hace posible el monitoreo, el control y la retroalimentación en el proceso [4]. Con respecto al Back office se permite dar soporte y validación a las operaciones post-contratación y la finalmente la correcta segregación de funciones (back office) [5].
El sustento significativo y potencial de desarrollar una correcta toma de decisiones basadas en un diseño claro y estipulado, permite brindar servicios eficientes centrados en el cliente que como resultado genera un impacto económico positivo que contribuye al logro de objetivos relevantes para el crecimiento de la empresa.

Metodología

Con respecto a la metodología se dividió en cinco etapas: como primer paso se realizó un lienzo CANVAS y su respectiva validación de preceptos, posteriormente en la segunda y tercera etapa se realizó un *front y un back office* respectivamente con la finalidad de implementar en una cuarta etapa estas herramientas y obtener finalmente un resultado comparativo con el año anterior en la quinta etapa.

CANVAS

 ISSN 2007-8102



Ilustración 1 Tabla de preceptos - Fuete: elaboración propia

Primeramente, siguiendo las pautas de la gestión del cambio organizacional descritas por Lewin, la primera etapa para realizar cambios organizacionales consiste en el descongelamiento [6]. Este periodo consiste en sensibilizar al grupo o corporativo a notar sus hábitos, creencias y actividades diarias desde una perspectiva objetiva con la finalidad de obtener la realidad de las situaciones claves que generar pérdidas económicas, confusiones, inestabilidad, entre otras. El lienzo CANVAS, así como el *front y back office* fueron herramientas cruciales que permitieron a los integrantes que lideran la organización conocer y analizar la estructura y visión que tienen actualmente desde sus inicios hasta su cambio a través de los años. Al ser una empresa que a pesar de los años tiene una buena reputación en el mercado, el modelo de servicio no ha podido ser replicado porque de entrada se ha llevado a pie de forma empírica, lo que ha impedido su crecimiento, es por eso que al utilizar las herramientas mencionadas anteriormente se pudo cuestionar si sus propuestas de valor son las mismas que estipularon en sus inicios o como es que han ido transformándose a través de los requerimientos y la demanda de los clientes.

Front Office

En el desarrollo de *front office* que se trabajó con el equipo de gerencia se explica que la relación con el cliente resulta poco comercial, pues su mercado se desarrolla a través de publicidad de boca en boca y principalmente licitaciones con los gerentes de compras de la industria de la región para trabajos grandes; en el caso de los trabajos menores no representan un mayor porcentaje en las utilidades. Por tal motivo la herramienta se basó únicamente en los centros de trabajo con mayor número de trabajadores y mayor ingreso de utilidades

Este esquema se dividió en dos rutas, la primera es cuando el cliente lanza una licitación y al ganarla lleva un proceso de registro de proveedor único, el cual le da la oportunidad de concursar u obtener contratos de actividad a lo largo de la presentación del servicio principal. Por otro lado, en la ruta del requerimiento inmediato solo se hace la cotización e inmediatamente el contrato esta línea resulta de gran importancia para establecer una relación cercana y fuerte con los clientes pues de aquí resulta la asignación de contratos esporádicos en todo el transcurso del año. En ambas rutas se requiere la asignación del número de colaboradores a ingresar, las altas del personal en el sistema del usuario y finalmente se procede a la ejecución, en este trayecto se realiza el proceso de facturación que culmina en el cobro del servicio 90 días posteriores a la fecha de facturación.

Back Office

En la estructuración del back office se tomaron dos rutas, la vía operativa y la administrativa. Primeramente, se considera la administrativa pues parte de aquí la solicitud de los puestos y la labor de reclutamiento y selección cuyas funciones son realizadas por el personal de recursos humanos, así mismo las capacitaciones de inducción y preingreso al centro de trabajo del usuario. El proceso de ingreso desde la aceptación del colaborador hasta su ingreso puede durar aproximadamente 8 días y tiene un costo promedio de $2,200.00 (antes de la nueva normalidad) que incluye el equipo de protección personal (guantes anticorte, careta, peto, zapatos de casquillo, mangas casco, tapones, uniforme) capacitaciones, examen de ingreso, credencialización y alta en el seguro social.

Posteriormente ya que se tiene la firma del contrato del personal se procede al ingreso operativo donde se presenta el colaborador con su supervisor en el turno que le haya sido asignado (muchas veces es arbitrario, otras son aleatorio) y al llegar al punto de reunión el supervisor tiene que corroborar que cuenta con todo el equipo de protección y que su presentación cumple con el reglamento. Consecutivamente se lleva a cabo el pase de lista el cual se realiza físicamente donde

 ISSN 2007-8102

el colaborador tiene que firmar la hoja de asistencia para que posteriormente pase a capturarse y dos o tres días después se suba a la interfaz de la compañía. Esto sucede sucesivamente con el segundo y el tercer turno.
.

Implementación

A partir del desarrollo de las herramientas mencionadas anteriormente se hace una implementación basada por las características que presenta la empresa en una configuración del tipo II con respecto a la tabla de cuatro opciones de diseño para configuraciones de *front office* / *back* office (FO / BO) en atención [4] ajustada a servicios de mantenimiento y limpieza, donde se enfatiza en el carácter altamente profesional de la atención y los servicios centrados en el cliente. Los empleados dentro del esquema de *Back Office* son trabajadores especializados en la realización de tareas asignadas y la atención y los servicios están centrados en el cliente y, a menudo, integrados. La gerencia hace un inventario de las necesidades y deseos del cliente y lo consulta con su supervisor antes de indicar qué puede ofrecer la organización. En esta configuración, las demandas muy complejas se pueden manejar fácilmente. Los costos se reducen porque el supervisor puede recomendar servicios potenciales y ver el alcance con respecto al personal que se tiene, lo que evita hacer solo los contratos que tengan factibilidad de personal, y el tiempo de inactividad se pueda reducir ya que el supervisor tiene la capacidad y el control de establecer mejores roles de trabajo para más de un cliente o más de una actividad, cumpliendo con el objetivo estratégico de las herramientas.

Resultados

Como resultado de la investigación, la implementación de estas tres herramientas permitió esclarecer la situación real de la empresa. Primeramente, con la herramienta CANVAS se analizó el modelo de negocio con el que se cuenta dejando claro que se tiene que reforzar su propuesta de valor. A través del esclarecimiento de objetivos por medio del *front office* se detectó la relación con el cliente y se fortaleció al implementar estrategias que permitieron aumentar el número de contratos asignados con respecto al año 2019 impactando positivamente en los ingresos del primer semestre del 2020. Finalmente, los resultados de la aplicación del *back office* permitió puntualizar en los aspectos que carecían de importancia permitiendo implementar estrategias que dieron como resultado agilizar los procesos de ingreso y una disminución en la rotación del personal con respecto a 2019.

Resultados y discusión

CANVAS

 ISSN 2007-8102



Figura 2 Lienzo CANVAS – Fuente: Elaboración propia con datos de la empresa sujeta de estudio.

La principal aportación de esta herramienta fue establecer la propuesta de valor que se ofrece a los clientes y cómo fortalecerla para obtener beneficios bilaterales. El modelo dio a los gerentes la oportunidad de maximizar su oportunidad de capturar el valor tecnológico potencial y latente para encontrar la propuesta de valor adecuada que en este caso fue cubrir con personal el mayor número de contratos lo que trajo como resultado potenciar sus ganancias y establecer una ventaja competitiva en el mercado [7].

Front office

Como resultado de esta estructura se pudo identificar la primera línea de operación y de contacto con el cliente, de esta manera se visualizó gráficamente el proceso de contratación de los servicios y los protocolos de licitación por el que pasa cada contrato, esto permitió delegar la facultad de agilizar las cotizaciones y de forma externa ofertar la propuesta de valor en la que se trabajó anteriormente.

A razón de la implementación de estas herramientas se hizo una tabla comparativa del número de contratos ofertados con respecto a las cotizaciones ganadas en los años 2019 y 2020. Como se puede observar en las siguientes tablas, hubo un aumento de aproximadamente un 10% en las cotizaciones ganadas en el primer semestre del año 2020 considerando que los meses de abril y mayo el centro de trabajo tuvo un paro completo por la situación de pandemia en la que nos encontramos en estos momentos. A pesar de esta situación de contingencia se notó un cambio significativo en la aceptación de contratos ofertados por el cliente cumpliendo con la capacidad y requisiciones asignadas a las labores a realizar.

Mes	Contratos Cotizados (participados)	Trabajo Extra no Cotizado (no participados)	Contratos ofertados	Cotizaciones Aceptadas (ganados)	Cotizaciones No Aceptados (no ganados)	Porcentaje de Cotizaciones Aceptadas
Enero	6	7	13	3	3	23%
Febrero	7	6	13	7	0	54%
Marzo	6	11	17	5	1	29%
Abril	5	13	18	3	2	17%
Mayo	5	14	19	5	0	26%
Junio	8	5	13	4	4	31%
Julio	6	4	10	4	2	40%
Agosto	9	8	17	8	1	47%
Septiembre	5	6	11	5	0	45%
Octubre	7	6	13	5	2	38%

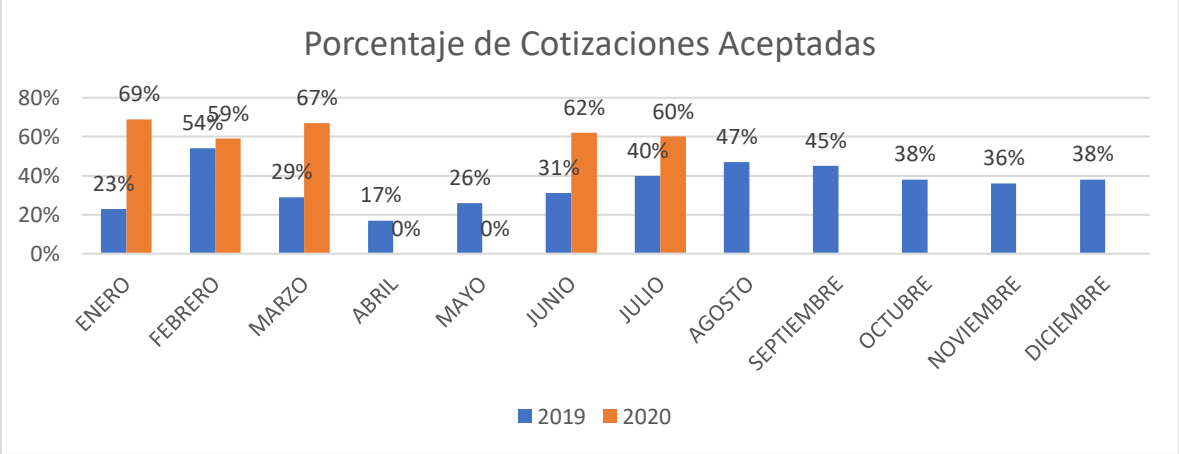
 ISSN 2007-8102

Noviembre	4	7	11	4	0	36%
Diciembre	3	5	8	3	0	38%
					Promedio	35%

Tabla 1 Contratos extraordinarios 2019- fuente: elaboración propia con datos proporcionados por la gerencia.

Mes	Contratos Cotizados	Trabajo Extra no Cotizado	Total de trabajos	Cotizaciones Aceptadas	Cotizaciones No Aceptados	Porcentaje de Cotizaciones Aceptadas
Enero	11	2	13	9	2	69%
Febrero	14	3	17	10	4	59%
Marzo	16	5	21	14	2	67%
Abril	0	0	0	0	0	0%
Mayo	0	0	0	0	0	0%
Junio	36	3	39	24	12	62%
Julio	27	8	35	21	6	60%
					Promedio	45%

Tabla 2 Contratos extraordinarios 2019- fuente: elaboración propia con datos proporcionados por la gerencia.



Gráfica 1 Comparación del Porcentaje de aceptación 2019 y 2020 de las cotizaciones realizadas con respecto al total de contratos extraordinarios. Fuente: elaboración propia con base a la información proporcionada por la Gerencia.

Back Office

 ISSN 2007-8102

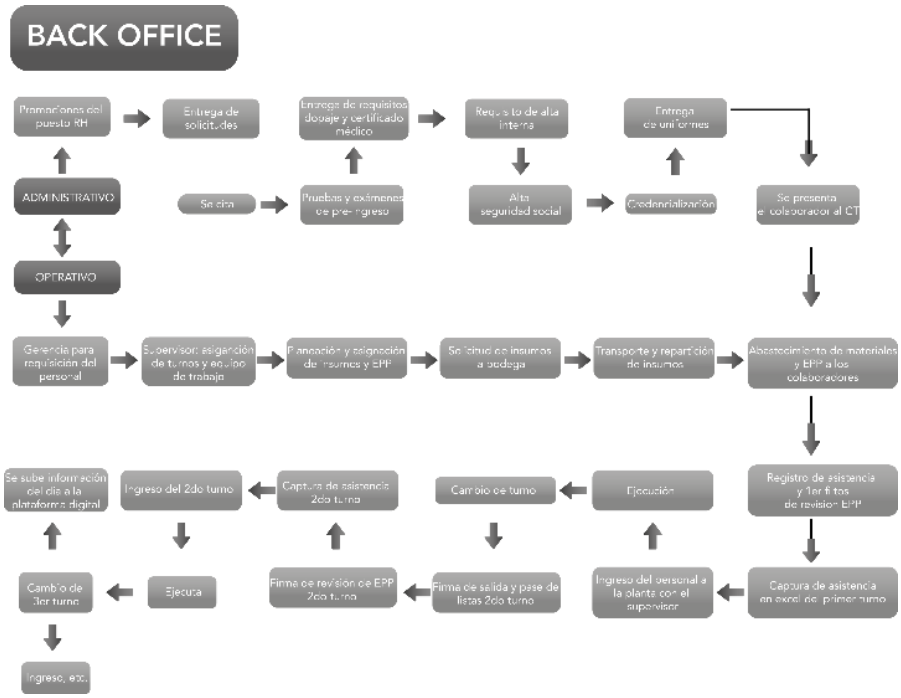


Ilustración 3 Back office – Fuente: Elaboración propia

La información obtenida en el desarrollo del back office permitió de manera puntual establecer estrategias que permitieron reducir la rotación del personal en la empresa sujeta de estudio. Dentro de las estrategias se pudo establecer un plan de capacitaciones virtuales que agilizan el proceso de ingreso del personal al momento de la requisición del cliente. Otra de las estrategias fue la consolidación de una platilla de apoyo o *back up team* que cubre las vacantes de forma provisional e inmediata dando tiempo al departamento de recursos humanos a hacer movimientos eventuales en la plantilla sin dejar de cumplir con las requisiciones del cliente y finalmente se estableció un mapeo donde se organiza al personal cubriendo sus tiempos de descansos, horas extra incapacidades y faltas que permite una toma de decisiones oportuna tanto a los supervisores como a la gerencia. Estas herramientas en interacción con las estrategias ya mencionadas son las que han contribuido a tener mayor asignación de contratos y una disminución en la rotación del personal. Para hacer el cálculo de esta variable se utilizó la siguiente formula [8]:

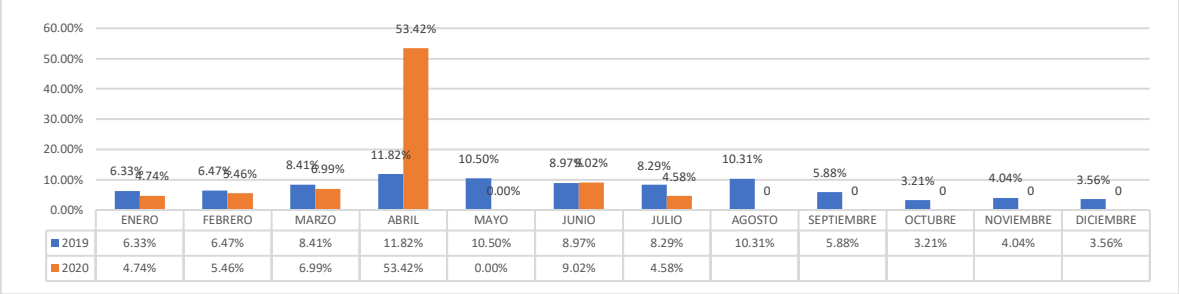
$$Cálculo\ rotación\ de\ personal = \frac{número\ de\ separaciones\ durante\ el\ mes}{Total\ de\ número\ de\ empleados\ a\ mediados\ del\ mes} \times 100$$

Mes	2019			2020		
	Número de separación	Total de empleados	Rotación de personal	Número de separación	Total de empleados	Rotación de personal
Enero	14	221	6.33	11	232	4.74
Febrero	15	232	6.47	13	238	5.46
Marzo	19	226	8.41	16	229	6.99
Abril	26	220	11.82	125	234	53.42
Mayo	23	219	10.50	0	109	0.00
Junio	21	234	8.97	23	255	9.02
Julio	18	217	8.29	11	240	4.58
Agosto	23	223	10.31			
Septiembre	13	221	5.88			
Octubre	7	218	3.21			
Noviembre	9	223	4.04			
Diciembre	8	225	3.56			

Tabla 3 Rotación de personal del año 2019-2020. Fuente elaboración propia.

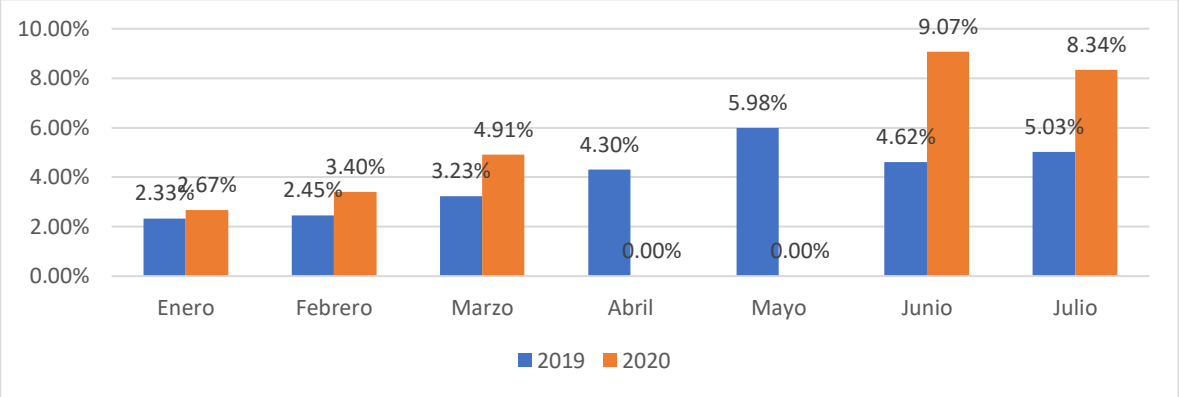
 ISSN 2007-8102

En la siguiente gráfica se muestra el porcentaje de rotación de personal que hubo en 2019 y la variación que se dio en 2020 considerando que los meses de abril y mayo por motivos de la contingencia la fábrica detuvo los ingresos y se dio la baja temporal de la platilla completa.



Gráfica 2 Comparativo de rotación de personal 2019-2020. Fuente: elaboración propia

Finalmente, como se muestra en la última grafica se puede observar que a pesar de los meses que se mantuvo inactividad en el servicio el ingreso registro un incremento porcentual significativo que hasta ahora puede afirmarse que tiene una influencia por los cambios que se han realizado en lo que va del año 2020.



Gráfica 1 Porcentaje del trabajo extra sobre el total de ingresos por mes (enero a julio de 2019-2020). Fuente: elaboración propia con base a los estados financieros 2019 y 2020.

Trabajo a futuro

Como medidas de emergencia en días posteriores a declararse el país en alerta sanitaria se expiden una serie de normas y regulaciones basadas en la Ley Federal del Trabajo donde se establece en sus artículos 132, fracción XVI y 134, fracción II, que marca como obligación de los patrones cumplir con las disposiciones establecidas en el Reglamento de la citada Ley; se extienden ciertas pautas minuciosamente desglosadas en el DOF [9] las cuales se enfocan en extremar las medidas sanitarias para realizar las reincorporaciones laborales. Ante esta situación es importante considerar que en la actualidad habrá muchos cambios en los procesos por la nueva normalidad que se vive, por lo tanto, habrá que realizar ajustes posteriores a la implementación de nuevas normas de seguridad e inocuidad debido a los estragos de la pandemia que se vive en estos momentos. Como uno de los trabajos a futuro en el que se está trabajando actualmente es en estandarizar algunos procesos a través de una aplicación móvil que interconecte a los diferentes departamentos de la empresa y abra canales de comunicación directos entre ellos para la pronta y correcta toma de decisiones.

Conclusiones

En conclusión, la aplicación de las herramientas utilizadas permitió la implementación de estrategias efectivas que cumplieron con la finalidad de incrementar el ingreso económico percibido por la empresa en comparación con años anteriores y el decremento de rotación de personal a pesar de las condiciones económicas globales en las que nos encontramos mundialmente. Las

configuraciones Front Office / Back Office que se presentan en este documento permiten a todo tipo de organizaciones abordar las implicaciones operativas de la prestación de su servicio en cuanto a sus procedimientos internos como externos. El reconocimiento del potencial de este concepto es un primer paso importante en la elaboración de la prestación de servicios y atención centrada en el cliente a nivel operativo. La organización adecuada de las actividades de la fase de especificación en todos los campos es indispensable para todo los involucrados que aspiran a mejorar en términos de calidad y eficiencia.

Referencias

[1] FMI , «Fondo Monetario Internacional,» 20 Abril 2020. [En línea]. Available: https://www.imf.org/es/Publications/WEO/Issues/2020/04/14/weo-april-2020.

[2] FORBES MX, «Forbes,» Julio 30 2020. [En línea]. Available: https://www.forbes.com.mx/economia-mexicana-se-derrumba-18-9-en-el-segundo-trimestre-su-peor-caida-en-la-historia/#:~:text=En%20el%20segundo%20trimestre%20de,Estad%C3%ADstica%20y%20Geograf%C3%ADa%20(Inegi)..

[3] J. Carazo Alcalde, «Economipedia,» Mayo 2019. [En línea]. Available: https://economipedia.com/definiciones/modelo-canvas.html.

[4] M. Broekhuis, C. De Blok y B. Meijboom, «Improving client-centred care and services: the role of front/back-office configurations,» *JAN - Leading Global Nursing Research,* vol. 65, nº 5, pp. 971-980, 2009.

[5] The financial report, «The financial report,» 16 septiembre 2019. [En línea]. Available: https://www.thefinancialreport.es/post/front-middle-y-back-office-qu%C3%A9-es-cada-uno.

[6] E. MARTINEZ-BUSTOS, C. CARRASCO-SAGREDO y M. BULL, «Methodological proposal to implement the first stage of Lewin's organizational change management.,» *scielo,* pp. 88-98, 2018.

[7] H. V. W. &. W. J. Chesbrough, «Open innovation: a new paradigm for understanding indistrial,» *oxford university press,* 2005.

[8] G. Bohlander, S. Snell y S. Morris, administración de recursos humanos, Mexico: Cengage Learnig, 2018.

[9] Diario Oficial de la federación, «secretaria de salud,» México, 2020.

Aplicación de directrices de gestión de riesgos en un laboratorio de ensayos

R. Reyes Valenzuela[1], M. L. López-Roa[2], I. G. Polanco Valenzuela[3], J. C. González Núñez[4], M. Vega Castillo[5]*
[1]Tecnológico Nacional de México campus Orizaba, Oriente 9, Emiliano Zapata, C. P. 94320, Orizaba, Veracruz.
[2,5] Tecnológico Nacional de México campus Guaymas, Km. 4 Carretera al Varadero Nacional, Las Playitas, C. P. 85480, Heroica Guaymas, Sonora.
[3,4]Tecnológico Nacional de México campus Valle del Yaqui, C. P. 85276, Bácum, Sonora
** maria.lr@guaymas.tecnm.mx*

***Área de participación**: Ingeniería Administrativa*

Resumen
La actualización de las normas ISO y NMX 17025 obligó a los laboratorios de ensayo y calibración con fines de acreditación ante la Entidad de Mexicana de Acreditación (EMA) a rediseñar sus sistemas de calidad y prestar especial atención a la gestión de riesgos [1, p.]. Sin embargo, estos laboratorios no habían diseñado estrategias para lograr esto porque antes de la actualización, era un problema menor del sistema de Calidad. Por esta razón, este documento tiene como objetivo brindar una guía sobre cómo aplicar los lineamientos de gestión de riesgos contenidos en la ISO 31000 y su contraparte mexicana a través de un ejemplo para los laboratorios de ensayo.

***Palabras clave**: Acreditación, ISO 17025, ISO 31000, Laboratorios*

Abstract
The update of the ISO and NMX 17025 standards forced the testing and calibration laboratories for accreditation purposes before the Entidad de Mexicana de Acreditación (EMA) to redesign their quality systems and pay special attention to risk management [1, p.]. However, these laboratories had not designed strategies to achieve this because before the update, it was a minor problem of the Quality system. For this reason, this document aims to provide a guide on how to apply the risk management guidelines contained in ISO 31000 and its Mexican counterpart through an example for testing laboratories.

***Key words**: Accreditation, ISO 17025, ISO 31000, Laboratories*

Introducción

La Entidad Mexicana de Acreditación, A. C. (EMA) es la primera entidad de gestión privada en nuestro país, que tiene como objetivo acreditar a los Organismos de la Evaluación de la Conformidad (ejemplo de ellos son los laboratorios de ensayo y calibración) y la autorización de Buenas Prácticas de Laboratorio[2].

La ema base sus procesos de acreditación en las normas internacionales y se apoya de sus homólogas mexicanas, además de emitir criterios de aplicación para los casos en los cuales las consideraciones internacionales no precisan su información y dan lugar a vacíos de información.

Para el caso de este trabajo, se ha analizado el impacto de la norma ISO IEC 31000:2018 en la norma ISO IEC 17025:2017. Esto con el objeto de dar detalles de cómo se aplica la gestión de riesgos en la norma técnica para la correcta gestión del sistema de calidad de laboratorio de ensayo y calibración. Para ello, se enunciará un ejemplo de su aplicación para el apartado ACCIONES PARA ABORDAR RIESGOS Y OPORTUNIDADES.

Para ello, es aclarar brevemente las virtudes de cada una de las normas que aquí se trataran para poder al final proponer una metodología simple pero que cumple con los requisitos que nos exige la EMA.

Metodología

Esta investigación basa su análisis en el método analítico sintético que consiste en estudiar los hechos partiendo de la descomposición del objeto de estudio en cada una de sus partes para estudiarlas de forma individual (análisis), y luego se integran esas partes para estudiarlas de manera holística e integral (síntesis)[3].

Resultados y discusión

ISO IEC 17025 Evaluación de la conformidad. Requisitos generales para la competencia de los laboratorios de ensayo y de calibración

La certificación normativa ISO IEC 17025 se desarrolló con el objetivo de guiar a los laboratorios en cuestiones como la administración de calidad y los requerimientos técnicos para su adecuado funcionamiento al tratar la competencia técnica del personal, la conducta ética, la utilización de ensayos bien definidos y procedimientos de calibración, participación en ensayos de pericia y contenidos de informes de ensayos y certificados.

Dicha norma cumple con los requerimientos técnicos de la familia ISO 9000. Por lo tanto, toda organización que cumple con los requerimientos de ISO IEC 17025 también cumple con los requerimientos de ISO 9000.Mientras que los requerimientos de ISO 9000 son genéricos y pueden ser aplicados a todo tipo de organizaciones, los requerimientos de ISO IEC 17025 son solo específicos para los laboratorios de ensayo y calibración[4].

El objetivo principal de la norma ISO IEC 17025 es certificar la competencia técnica y la fiabilidad de los resultados analíticos. Para alcanzar dicho propósito se vale tanto de requisitos de gestión, así como de requisitos técnicos que inciden sobre la mejora de la calidad del trabajo realizado en los laboratorios[5].

ISO IEC 31000 Gestión del riesgo — Directrices

Proporciona directrices para gestionar el riesgo al que se enfrentan las organizaciones. La aplicación de estas directrices puede adaptarse a cualquier organización y a su contexto pues tiene un enfoque común para gestionar cualquier tipo de riesgo y no es específico de una industria o un sector, lo cual permite que pueda utilizarse a lo largo de la vida de la organización y puede aplicarse a cualquier actividad, incluyendo la toma de decisiones a todos los niveles.

Implementación de ISO IEC 31000 en manual de calidad basado en la ISO IEC 17025

La norma de los laboratorios por excelencia utiliza 28 veces la palabra **riesgo** en su más reciente actualización —a saber, la de 2017—, resultando evidencia el énfasis tan marcado que tendrá en los nuevos procesos de los laboratorios y los retos que les impone al presentar un cambio que no se había considerado tan importante hasta ahora.

Es desde la introducción de la propia normativa que asevera “Este documento -la ISO 17025- requiere que el laboratorio planifique e implemente acciones para abordar los riesgos y las oportunidades. Al abordar los riesgos y las oportunidades se establece una base para incrementar la eficacia del sistema de gestión, lograr mejores resultados y prevenir efectos negativos. Los laboratorios son responsables de decidir qué riesgos y oportunidades es necesario abordar de acuerdo con sus políticas internas”[6].

Asimismo, le dedica una sección especial en las indicaciones relativas a “Acciones para abordar riesgos y oportunidades”, las cuales se abordarán en este documento

Considerando que se puede perseguir mediante un instructivo de trabajo lo siguiente:

- **Objetivo:** Establecer los lineamientos a seguir para gestionar eficazmente los riesgos y las oportunidades implicados en las actividades del laboratorio, a través de la identificación, análisis, valoración, tratamiento, seguimiento y revisión de las acciones realizadas del riesgo, con el fin de asegurar que el sistema de gestión de la calidad logre los resultados previstos; reducir los impactos indeseados y los incumplimientos potenciales en las actividades del laboratorio y lograr la mejora.

- **Alcance:** Aplica a todo riesgo y oportunidad que sea necesario dar atención para el logro de las actividades del laboratorio, considerando todos los procesos del laboratorio sujetos al alcance de la acreditación, por lo que este instructivo de trabajo deberán observarlo y aplicarlo todas las áreas de la organización sujetas a acreditación.

- **Conceptos**
- Riesgo: Efecto de incertidumbre sobre los objetivos.

  Nota 1: Un efecto es una desviación respecto a lo previsto. Puede ser positivo, negativo o ambos, y puede abordar, crear o resultar en oportunidades y amenazas.

  Nota 2: Los objetivos pueden tener diferentes aspectos y categorías, y se pueden aplicar a diferentes niveles.

  Nota 3: Con frecuencia, el riesgo se expresa en términos de fuentes de riesgo, eventos potenciales, sus consecuencias y sus probabilidades.
- Gestión del riesgo: Actividades coordinadas que una organización dirige y controla la organización con relación al riesgo.
- Contexto de la Organización: combinación de cuestiones internas y externas que pueden tener un efecto en el enfoque de la organización para el desarrollo y logro de sus objetivos.

- **Responsabilidad y autoridad** o De todo el personal que labora en el laboratorio: Llevar a cabo el presente instructivo de trabajo cuando se tengan identificadas oportunidades y riesgos sobre la compresión del contexto de la organización, requisitos de partes interesadas, los objetivos a cumplir derivados de las estrategias, o para la evaluación de alguna situación de interés del área u organización.
  - De la administración del sistema de gestión de la calidad: Verificar el cumplimiento de este documento y; presentar en las juntas de revisión por la dirección la eficacia de las acciones tomadas para abordar los riesgos y las oportunidades. Se encarga de supervisar que: se aseguren de que los riesgos se consideran apropiadamente cuando se establezcan los objetivos de la organización; se comprendan los riesgos a los que hace frente la organización en la búsqueda de sus objetivos; se aseguren de que los sistemas para gestionar estos riesgos se implementen y operen eficazmente; se aseguren de que estos riesgos sean apropiados en el contexto de los objetivos de la organización; se aseguren de que la información sobre estos riesgos y su gestión se comunique de la manera apropiada.
  - De la alta dirección: Es responsabilidad de la alta dirección otorgar los recursos necesarios para su implementación y mejora, así como constatar su cumplimiento durante las reuniones de la revisión por la dirección y dar el seguimiento correspondiente.
  - Del Dueño del proceso (riesgo): Dar seguimiento a este instructivo de trabajo de forma puntual para detectar los riesgos y oportunidades y elegir el mejor tratamiento de acuerdo con la severidad de sus efectos.

Aunado a lo anterior, se deberá identificar las amenazas y debilidades, así como las oportunidades y fortalezas del laboratorio, en un esquema como el que se presenta en la figura 1.

Matriz de análisis FODA: Procedimiento o actividad a analizar:

Fecha	
Elaboró	
Revisó	
Aprobó	

Matriz FODA	**Fortalezas (F)**	**Debilidades (D)**
	- **F1** - **F2** - **F3**	- **D1** - **D2** - **D3**

Oportunidades (O) - **O1** - **O2** - **O3**	**Estrategia FO:**	**Estrategia DO**:
Amenazas (A) - **A1** - **A2** - **A3**	**Estrategia FA**:	**Estrategia DA**:

Figura 1. Formato para la elaboración de la matriz de Análisis FODA

Posteriormente, se propone el llenado de la siguiente tabla bajo la metodología para la evaluación del riesgo que se propone a más adelante.

Fecha	
Procedimiento	
Actividad	
Responsable de la actividad	
Riesgo detectado (describa de forma clara y concisa)	
Probabilidad / frecuencia de ocurrencia	
Grado de consecuencia	
Magnitud de riesgo	
Zona de aceptabilidad	
Rango de aceptabilidad	
Plazo de intervención	
Acciones para realizarse	
Encargado del seguimiento	

Figura 2. Documentación de gestión del riesgo

Metodología para la evaluación del riesgo

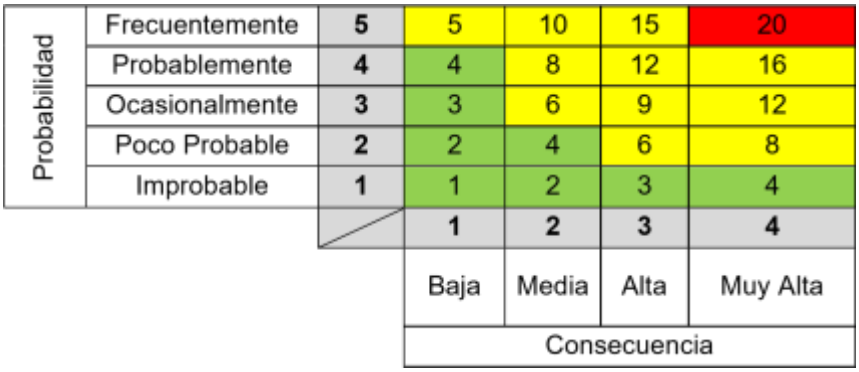
Probabilidad / Frecuencia		
Frecuentemente	5	Este evento está previsto que se produzca en la mayoría de las circunstancias. Evento cierto y cierta manera infalible (Diario)
Probablemente	4	Este evento sucede de forma periódica. Es factible que pueda ser o suceder. (Último evento 1 a 4 semanas)
Ocasionalmente	3	Este evento se ha producido en algún momento. Existen razones para creer que ocurrirá de nueva cuenta (Último evento 1 a 6 meses)
Poco Probable	2	Este evento podrá producirse en algún momento. Se espera que suceda pocas veces. No hay buenas razones para creer que sucederá. (Último evento 7 a 12 meses)
Improbable	1	Este evento se ha presentado de manera esporádica en la organización, no se cuenta con evidencia de que pueda suceder en un periodo razonable (Último evento más de 12 meses)

Figura 3. Probabilidad / Frecuencia

 ISSN 2007-8102

Consecuencia		
Muy Alta	4	Incumplimiento de requisitos, pérdidas y/o alteraciones al funcionamiento operacional, todos de mayor importancia, afectando la sustentabilidad de la empresa (Ejemplo: Pérdida de ventas o negocios)
Alta	3	Incumplimiento de requisitos, pérdidas y/o alteraciones al funcionamiento operacional, todos de mayor importancia, pudiendo llegar a afectar la sustentabilidad de la empresa (Ejemplo: Incumplimiento de entregas a clientes)
Media	2	Incumplimiento de requisitos, pérdidas y/o alteraciones al funcionamiento operacional, todos de mediana importancia (Ejemplo: Programa de producción, stocks)
Baja	1	No produce mayores incumplimientos de requisitos, ni pérdidas, ni alteraciones significativas al funcionamiento operacional (Ejemplo: Afectaciones internas a procesos)

Figura 4. Impacto de las consecuencias



Magnitud del Riesgo = Probabilidad * Consecuencia		
Zona de Aceptabilidad	**Rango de Aceptabilidad**	**Plazo de intervención**
Admisible	De 1 a 4	No Debe ser intervenido, pues se considera un riesgo seguro o normal para la organización pueda lograr sus objetivos estratégicos. Debe continuarse con los controles existentes.
Tolerable	De 5 a 16	Es un riesgo que por su gravedad relativa no requiere la suspensión de la actividad. Debe ser intervenido en el Mediano Plazo, acercándolo lo más posible al sector admisible. Son riesgos que se podrían "correr" con un adecuado seguimiento
		de los controles y bajo la autorización y supervisión del comité de riesgos de la organización.

Inadmisible	20	Es un riesgo que por su gravedad relativa (alta probabilidad de generar impactos capaces de desestabilizar el sistema) requiere de la suspensión de la actividad hasta tanto no pueda ser controlado. Debe ser intervenido en forma inmediata, acercándolo lo más posible al sector tolerable al menos. En ninguna circunstancia se deberá mantener por su capacidad potencial de afectar la estabilidad del sistema. En caso de requerirse llegar a correr este riesgo deberá ser bajo la autorización de la Organización (Representante legal).

Figura 5. Cálculo de la magnitud del riesgo

A partir de ello, se deberá dar seguimiento a las acciones que se tomen y monitorear si se siguen presentando y en qué frecuencia hasta que el riesgo sea admisible.

Ejemplo de aplicación

Elaboración de la matriz de análisis FODA

Procedimiento o actividad a analizar	Imparcialidad
Fecha	20120-04-16
Elaboró	Administrador del SGC, signatarios analistas, responsable del laboratorio
Revisó	Administrador del SGC
Aprobó	Alta Dirección

Matriz FODA	**Fortalezas (F)** - Empresa privada sin presiones comerciales - Los signatarios desconocen al que solicita los análisis - Los informes se emiten bajo la responsabilidad de un signatario y la supervisión de otro - Todo el personal del laboratorio tiene un compromiso firmado con la imparcialidad	**Debilidades (D)** - Error humano - Cambio de políticas internas
Oportunidades (O) - Digitalización del sistema - Herramientas virtuales para reducción de costos	**Estrategia FO:** Todo el personal del laboratorio tiene un compromiso firmado con la imparcialidad que al digitalizarse el sistema se renovará de forma constante, brindando actualizaciones constantes y recordatorios para el personal.	**Estrategia DO**: El error humano será minimizado al implementar herramientas virtuales para la reducción de costos.

Amenazas (A) - Que un proveedor muestre certificados adulterados y sus productos no sean de calidad	**Estrategia FA**: - Al ser una empresa privada sin presiones comerciales, el laboratorio puede cambiar fácilmente a sus proveedores cuando no satisfagan las necesidades del laboratorio.	**Estrategia DA**: El cambio de políticas internas podrá permitir corroborar los antecedentes de un proveedor antes de comprar sus productos.

Figura 6. Formato para la elaboración de la matriz de Análisis FODA aplicado a la imparcialidad

Identificación y evaluación de riesgos

Fecha de elaboración: 2020-04-04

Procedimiento	Requisitos del sistema de gestión
Actividad	Imparcialidad
Responsable de la actividad	Administrador del SGCA
Riesgo detectado (describa de forma clara y concisa)	• Error humano al capturar algún dato en algún que formato que afecte el resultado del ensayo.
Probabilidad / frecuencia de ocurrencia	1 Este evento se ha presentado de manera esporádica en la organización, no se cuenta con evidencia de que pueda suceder en un periodo razonable (Último evento más de 12 meses)
Grado de consecuencia	3 Incumplimiento de requisitos, pérdidas y/o alteraciones al funcionamiento operacional, todos de mayor importancia, pudiendo llegar a afectar la sustentabilidad de la empresa (Ejemplo: Incumplimiento de entregas a clientes)
Magnitud de riesgo	3 Admisible: No Debe ser intervenido, pues se considera un riesgo seguro o normal para la organización pueda lograr sus objetivos estratégicos. Debe continuarse con los controles existentes.
Zona de aceptabilidad	Admisible
Rango de aceptabilidad	De 1 a 4
Plazo de intervención	No debe ser intervenido, pues se considera un riesgo seguro o normal para la organización y no impide que pueda lograr sus objetivos estratégicos. Debe continuarse con los controles existentes.
Acciones a realizarse	Ninguna
Encargado del seguimiento	Administración del SGC

Figura 7. Formato para la identificación y evaluación de riesgos aplicado al Control de trabajo de ensayo no conforme

Conclusiones

Existen diversas metodologías para gestionar el riesgo, el requisito que nos impone la ISO IEC 17025 nos da amplia libertad para tomar el esquema o metodología que mejor nos parezca. En ese sentido, este artículo propone un metodología de tipo mixto pues incluye tanto aspectos como cuantitativos como cualitativos y que comprende aspectos generales, por lo que podrá ser utilizado por cualquier tipo de laboratorio de ensayo.

Referencias

[1] M. L. López-Roa, R. Reyes Valenzuela, I. G. Polanco Valenzuela, C. V. García Madero, y A. P. Bórquez López, “Actualización de la normativa ISO 17025 para laboratorios de ensayo y calibración”, *JOURNAL CIM -REVISTA DIGITAL*, vol. 7, núm. 1, pp. 176–182, 2019.

[2] Entidad Mexicana de Acreditación, “¿Qué es ema?”, 2006. https://www.ema.org.mx/portal_v3/index.php/que-es-ema (consultado ago. 05, 2019).

[3] C. A. Bernal, *Metodología de la investigación: administración, Economía, humanidades y ciencias sociales*. Colombia, Bogotá: Pearson Educación, 2010.

[4] “ISO IEC 17025, la norma que garantiza la fiabilidad en laboratorios”. https://www.nueva-iso-90012015.com/2019/03/iso-iec-17025-la-norma-que-garantiza-la-fiabilidad-en-laboratorios/ (consultado ago. 23, 2020).

[5] U. Alvarado, “PRESENTACIÓN DE LA NORMA ISO-IEC 17025 (NMX-EC-17025)”, 2018.

[6] “Normas ISO - Normativas de calidad y normas internacionales ISO”, *Normas ISO*. https://www.normasiso.com/ (consultado ago. 23, 2020).

Problemática de fugas de aire en faros frontales en vehículo automotor

E. Cerda Rodríguez[1], E. Covarrubias Ramírez[2], B. Guerrero Vázquez[3], D.F. Reynoso Hernández [3,] M. Cabrera Vega[4]*
[1]Departamento de Ciencias Básicas, Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico de San Luis Potosí, Ave. Tecnológico S/N, Col. UPA, C.P. 78437, Soledad de Graciano Sánchez, San Luis Potosí.
[2]Departamento de Ciencias Económico Administrativo, Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico de San Luis Potosí, Ave. Tecnológico S/N, Col. UPA, C.P. 78437, Soledad de Graciano Sánchez, San Luis Potosí.
[3]Departamento de Sistemas y Computación, Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico de San Luis Potosí, Ave. Tecnológico S/N, Col. UPA, C.P. 78437, Soledad de Graciano Sánchez, San Luis Potosí.
[4]Estudiante de la carrera de Ingeniería en Gestión Empresarial, Departamento de Ciencias Económico-Administrativas, Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico de San Luis Potosí, Ave. Tecnológico S/N, Col. UPA, C.P. 78437, Soledad de Graciano Sánchez, San Luis Potosí.
**edmundo.cr@slp.tecnm.mx*

***Área de participación**: Ingeniería Administrativa*

Resumen
La industria automotriz en México es parte fundamental para el desarrollo económico. San Luis Potosí ha fortalecido su producto interno por las empresas dedicadas a fabricar componentes para dicha industria, una de éstas empresas fabrica faros frontales para los vehículos, los cuales están presentando una falla “fuga de aire”, condición común con las piezas que son garantías de cliente y las piezas que se mandan al scrap diariamente.
Con el apoyo de la mejora continua y una metodología de resolución de problemas, se pretende resolver el problema que se presenta en el proceso de manufactura llamado scrap o piezas defectuosas. Con base en pruebas se analizó el origen de dichos defectos, se implementaron medidas que disminuyeran ésta problemática, también se observó la relación que tienen las herramientas de calidad con el concepto de manufactura esbelta, que logra eficientizar procesos eliminando desperdicios.
***Palabras clave**: Fuga de aire, scrap, faro frontal.*

Abstract
The automotive industry in Mexico is a fundamental part for economic development. San Luis Potosí has strengthened its internal product by companies dedicated to manufacturing components for the previous industry mentioned, one of these companies manufactures headlights for vehicles, which are presenting a failure "air leakage”, a common condition with parts that are customer guarantees and parts that are scrapped daily.
With the support of continuous improvement and problem solving methodology, it is intended to solve the problem that occurs in the manufacturing process called scrap or defective parts. Based on tests, the origin of these defects was analyzed, measures were implemented to reduce this problem, and the relationship between quality tools and the concept of lean manufacturing, which manages to make processes more efficient by eliminating waste, was also observed.

Introducción.
Uno de los principales problemas a los que se puede enfrentar una empresa es la generación de grandes cantidades de scrap, esto se refiere a todos los desechos y/o residuos derivados del proceso industrial, los cuales no pueden avanzar al siguiente paso en la cadena de producción ya que no cumplen con el estándar requerido, esto representa pérdidas de tiempo, dinero y en casos extremos puede llegar a desequilibrar o retrasar a la producción, por lo cual es indispensable que uno de los puntos de atención al producir en masa sea buscar la reducción del scrap.

En la empresa automotriz dedicada a la fabricación y distribución de faros frontales y traseros, el scrap del día a día consiste en que el producto terminado no tenga las condiciones físicas o estéticas, es decir fuera de los criterios de calidad permisibles, no se descarta la posibilidad de que el faro presente fallas internas, afectando directamente a la funcionalidad del producto, considerando estos factores, se delimita que el scrap potencial puede ser a nivel componente, es decir partes parcialmente ensambladas (subensambles) y producto final. Recopilando datos de los niveles de scrap por fuga en faros frontales en las líneas de producción de la

empresa, se puede identificar las causas potenciales de la falla en el proceso para su discución y planteamiento de alternativas de solución al problema.

Se consideran herramientas como: Manufactura esbelta nombre que recibe el Sistema Justo a Tiempo en occidente, también denominado Manufactura de Clase Mundial y Sistema de Producción Toyota, (Ohno, 1991), el Análisis del Modo y Efecto de la Falta Potencial (AMEF) un conjunto de directrices, un método y una forma de identificar problemas potenciales (errores) y sus posibles efectos en un SISTEMA con el fin de priorizarlos y concentrar los recursos en planes de prevención, supervisión y respuesta. (Anónimo, s.f)

Así como los dispositivos Poka-Yoke que son métodos para evitar errores humanos en los procesos antes de convertirse en defectos, permitiendo que los operadores se concentren en sus actividades, dicho sistema permiten realizar la inspección al 100% y por ende, tomar acciones inmediatas cuando se presentan defectos. Poka-Yoke de acuerdo a su traducción en español significa "A prueba de errores". (Socconini, 2019)
Se menciona también el “Enfoque Kaizen” que significa mejoramiento progresivo e involucra a todos dentro de una organización, incluyendo tanto a directivos como a trabajadores, siendo un sistema enfocado en la mejora continua de toda la empresa y sus componentes, de manera armónica y proactiva (Masaaki, 2001).

Metodología

De acuerdo a Barrón López, Escobedo Portillo, Estebané Ortega, Martínez Moreno & Tapia Coronado (2017) en cada empresa existen actividades visibles o poco visibles, que generan pérdida de dinero. El desperdicio o scrap es el mal de todo proceso, e involucra actividades humanas que absorben recursos, pero no crean valor, tales como:

1) Errores que requieren retrabajo.
2) Artículos para producción no requeridos que se acumulan en inventarios.
3) Etapas dentro del proceso que no son necesarias.
4) Movimiento de empleados.
5) Transportes de materia prima de un lugar a otro sin propósito alguno.

Se considera un proceso a un conjunto de actividades que utiliza recursos, con el fin de permitir que los elementos de entrada se transformen en resultados. La aplicación de un sistema de procesos dentro de la empresa, junto con la identificación e interacciones de los mismos para producir el resultado deseado, puede denominarse como un enfoque basado en procesos. (Caro, Marmolejo, Milena Mejía, Rojas & Pérez Vergara, 2016).

El mejoramiento de procesos es una metodología sistemática, su principal objetivo consiste en garantizar que la empresa tenga procesos que:

1) Eliminen los errores.
2) Minimicen las demoras.
3) Maximicen el uso de los activos.
4) Faciliten su empleo.
5) Sean amistosos con el cliente.
6) Se adapten a las necesidades cambiantes de los clientes.
7) Proporcionen a la organización una ventaja competitiva y reduzcan el exceso de personal. (Caro et. al. 2016)

En la metodología se empleó el ciclo **PDCA** (en inglés “Plan, Do, Check, Act”) también conocido por el ciclo **PHVA** (Planificar, Hacer, Verificar y Actuar), el cual consta de las siguientes fases:

1) Planificar (Plan/Planear).
2) Comprender el estado actual del proceso.
3) Definir el objetivo de la mejora (el nuevo estándar).
4) Identificar los factores que pueden contribuir a la mejora.
5) Determinar las acciones necesarias para alcanzar la mejora.

6) Evaluar las acciones según su dificultad, coste de implantación y su impacto en seguridad, calidad, servicio y productividad. (Anónimo, 2016)

Se elaboró un plan para llevar a cabo las acciones (qué, quién y cuándo), y se ejecutó dicho plan (Do/Hacer) en donde se evaluaron los resultados (Check/Verificar). Se actuó en función de los resultados (Act/Actuar), actualizando la documentación y se estandarizó el nuevo método.

El "Reporte A3" es una herramienta que consiste en plasmar físicamente un ciclo de mejora **PDCA**, de entre las múltiples herramientas que nos ofrece la Manufactura Esbelta para la resolución de problemas aplicando la mejora continua, se optó por realizar un Reporte A3, por ser un método sencillo pero profundo para analizar el problema de los faros. Esta herramienta obliga al equipo de trabajo a analizar y sintetizar la problemática en una sola hoja de tamaño A3. (Anónimo, 2016)

El coincidir todos los agentes involucrados en un mismo espacio físico para exponer el problema, permitió tener un enfoque desde una misma perspectiva, así como centrarse en lo importante y evitar largas presentaciones que consumen tiempo y no suelen llevar a ninguna solución. Además, la representación visual de los datos e información facilitó la comunicación entre todos los involucrados, eliminando toda la información innecesaria. (Anónimo, 2016).
El diagrama Ishikawa, herramienta de la Manufactura Esbelta, es comúnmente utilizado en los análisis de causa raíz en el reporte A3 y se sistematizó de la siguiente manera:

1. Se determinó el problema a analizar.
2. Se dibujó una línea horizontal y en el extremo derecho se escribió el problema. A partir de ella se diseñó la "espina de pescado", esto es, líneas en diagonal a lo largo de la línea del problema y en éstas ramas se incorporaron las causas apuntadas como primarias.
3. Se investigó y analizó las causas que más directamente afectaban al problema, (causas primarias o causas nivel 1). Éstas, para su fácil identificación se clasificaron como: Método, Máquina, Materia Prima y Medio Ambiente según corresponda a la naturaleza del problema.
4. Se identificaron las causas secundarias o de nivel 2 que afectaban las causas primarias y bien aquellas (causas terciarias) que afectaban las causas secundarias. Cada uno de estos niveles se convertió en una rama de las causas primarias. (Durango, s.f).

Finalizado el diagrama presentado más adelante, se analizaron las causas obtenidas y se determinó sobre cuáles se iba a actuar, se consideraron factores como el número de veces que se presentaba la causa, el impacto sobre el problema central, el costo, tiempo y esfuerzo que se requirió para su solución. (Betancourt, 2019).

Por otro lado, existe también la estrategia de los 5 porqués, que consiste en examinar cualquier problema seguido de la pregunta: "¿Por qué?", La respuesta al primer "porqué" generará otro "porqué" y así sucesivamente hasta llegar a la causa raíz. Su aplicación es una herramienta fácil y eficaz para descubrir la raíz de un problema, por su facilidad en su aplicación se puede adaptar de forma rápida para resolver casi cualquier problema en este rubro. (Anónimo, 2015)

Para identificar a la línea de producción que presentó **mayor scrap por fugas** en la empresa, a partir de Septiembre del 2019 se inició por llevar un control detallado del scrap diario, este reporte brindó información más concisa sobre cualquiera que fuera el defecto en la pieza y, de ésta forma se logró identificar con más facilidad en qué momento o durante qué proceso se presentó la falla.

Con esta metodología se llegó a la conclusión de que durante el último trimestre del 2019 se habían tenido elevados niveles de scrap por fuga en la línea de 305B CHL (Combination HeadLamp o lámpara delantera) para un tipo de vehiculo del cliente principal de la empresa.
Al momento de ensamblar la pieza en ocasiones existen circunstancias descontroladas que se presentan en una fuga de aire en el faro, las cuales se dividieron en cuatro categorías para su mejor comprensión:

1) Mal ensamble en componentes, tales como:
- Oring de Bulbos, empaque que en ocasiones puede sufrir desgarraduras por el tipo de material.
- Oring de Leveling motor, cuando el empaque queda mal posicionado o se mueve sobre el body.

2) Mala calibración de las máquinas:

- Leak/Light Tester, es una máquina que se ocupa de hacer las pruebas de luz y de fuga a las lámparas.
- Máquina de Glue, se ocupa de poner el pegamento o glue en la pieza, cuando en la programación los puntos no están correctamente marcados, la falla es una aplicación pobre o excesiva.
- Falla de Pokayokes, son piezas prediseñadas con algún defecto, para hacer que los sensores en máquinas los detecten en caso de que se presenten, también en línea son alertas cuando la operación no fue realizada de manera correcta, es un sistema a prueba de errores, estos pueden sufrir desgastes, o fallas técnicas.

3) Problemas del material: Cuando en los componentes existen anormalidades en el material, como texturas o rugosidades, porosidad, así como la falta de material (originando orificios), o exceso de material (rebabas).

4) Factor humano:

- Mala colocación de body en el jig, que es el soporte de las piezas en máquinas, ocasionando fracturas/golpes en body.
- Acumulamiento de material (ocasionando fracturas, saltos en proceso).
- Mala elaboración de etiquetas para la disposición del material, llenándolas en forma incorrecta.
- Ajustes por parte de mantenimiento no comunicados a los demás departamentos.
- Ajustes a máquinas no registrados correctamente.
- Falta de capacitación en la operación.
- Mal atornillado de componentes, generando orificios en body.

Se estableció un plan en el que durante los meses de Enero y Febrero 2020, día a día se realizó una revisión de las piezas del día anterior, con fallas de fuga en las líneas de 305B. Para dicha actividad se requirió del soporte del personal del área de scrap, dado que ellos son los encargados de reunir, registrar y dar disposición al materia defectuoso. Así, una vez etiquetadas y separadas correctamente las lámparas, diariamente por parte del área de Calidad y en conjunto con el personal de Ingeniería se procedió al análisis el material, en donde:

1) Se realizó una inspección visual de las piezas, en busca de fracturas en el material así como algún detalle cosmético (rayas, tallones, o fibras sintéticas).
2) Al no ser detectada ninguna anormalidad visual en la pieza se procedió a realizar la prueba del tanque para detectar el origen de la fuga.

La prueba del tanque como su nombre lo indica, consistió en sumergir el faro en un tanque de agua, suministrándole con manguera una presión de aire de 9.8 Kpa por una sola vía, tapando previamente las aberturas y puntos por donde naturalmente puede escapar el aire. En el momento de la inmersión, si la pieza tiene algún componente mal ensamblado, fracturas en el material o una mala colocación/adición de glue en todo el contorno de la pieza, la presión de aire ejercido en consecuencia, dará lugar a burbujas que indicarán de donde proviene la fuga. Marcado finalmente con plumón la zona de fuga y haciendo el debido registro.

Resultados .

En el desarrollo de la investigación y en base a una inspección visual de las piezas, surgieron situaciones en las que se realizaron acciones de corrección inmediatas, de acuerdo a la naturaleza de las fugas encontradas, por ejemplo hacer ajustes en ciertas máquinas de la línea, comunicando al departamento pertinente para realizar pláticas breves de concientización con el personal de línea, al mismo tiempo que se les mostraban los defectos en las piezas, esto por parte del departamento de calidad.

 ISSN 2007-8102

Se encontró problemas que necesitaban un análisis más detallado, antes de aplicar cualquier acción y de los cuales se hizo la reproducción de la falla. Al concluir el periodo de investigación, se analizaron un total de 51 piezas en donde los indicadores más altos fueron:

- 41% categorizado como mal ensamble
- 33% categorizado como problemas dentro del canal del glu

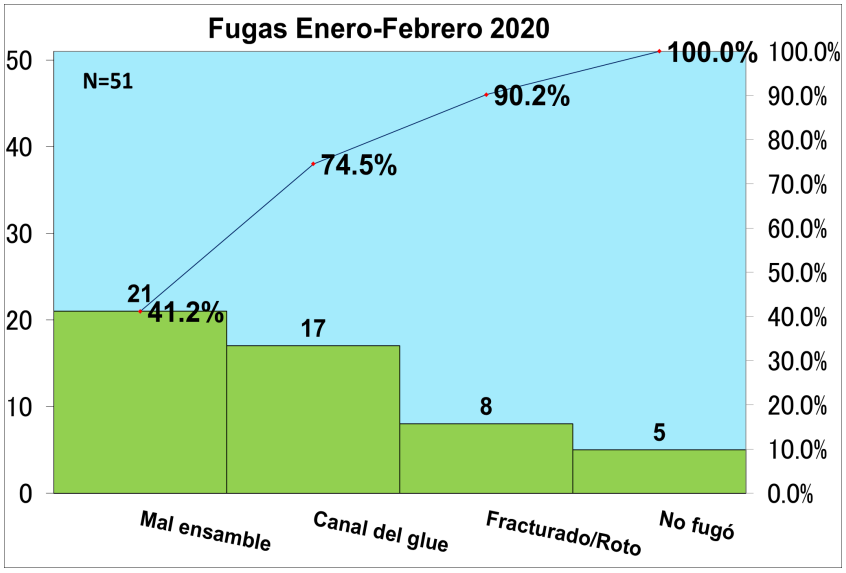


Figura 1: Fugas reportadas de Enero a Febrero 2020.

Con un total de: 32 pzs en el mes de Enero 2020.

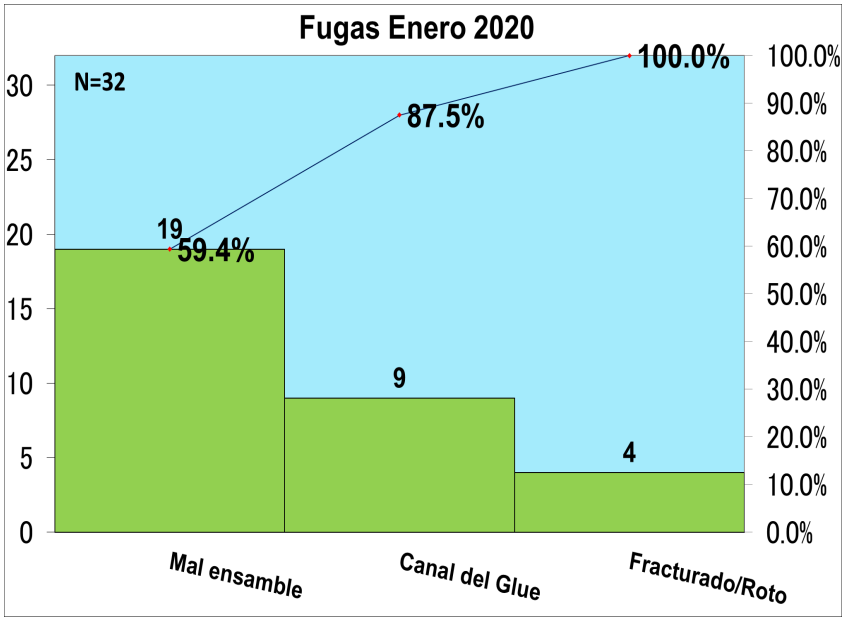


Figura 2: Tipos de fallas encontradas. Enero 2020

 ISSN 2007-8102

Con un total de: 19 pzs el mes de Febrero 2020.

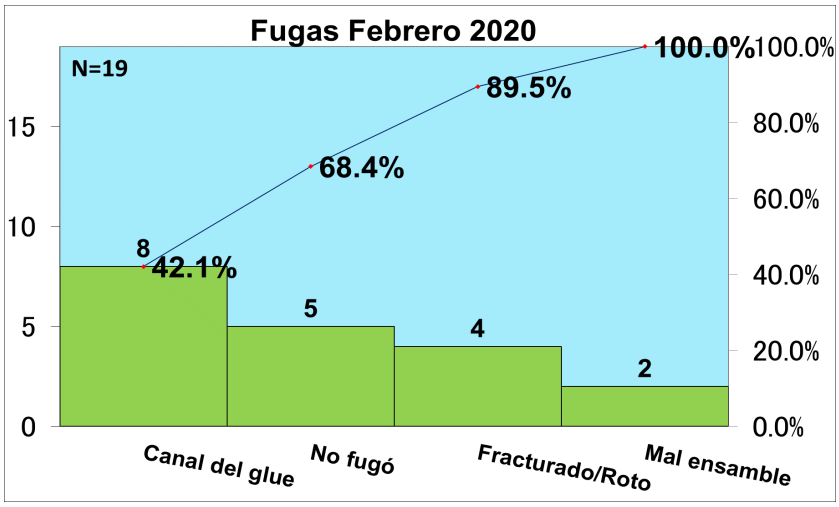


Figura 3: Tipos de fallas encontradas. Febrero 2020

Se observó que las anormalidades con alta incidencia fueron:

- Mal ensamble de componentes:

Se detectaron mayormente fugas provenientes de un mal ensamble del leveling motor, más específicamente del o-ring, un empaque plástico que proporciona un sellado correcto, al ser el leveling un componente que ajusta la posición de la luz de uno de los reflectores del faro, no debe entrar por esa zona ningún tipo de líquido o tierra.

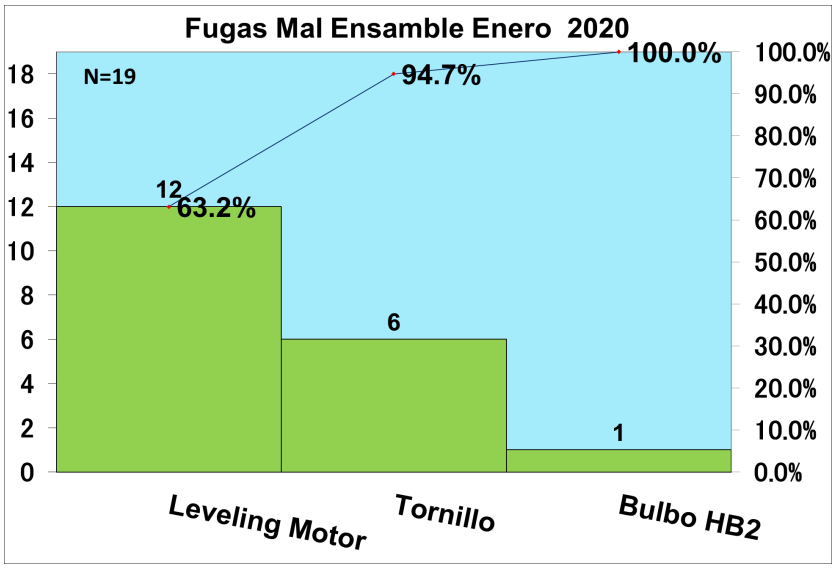


Figura 4: Fugas por mal ensamble. Enero 2020

Múltiples fugas de aire por el canal del glue:

Junto con el mal ensamble del leveling motor, uno de los indicadores más altos fueron fugas por el canal del glue. Una pieza terminada se consigue de la unión del lente con el llamado body (cuerpo plástico del faro), el punto de unión de ambas partes es denominado canal de glue, que recorre el contorno del faro, en este canal se aplica un tipo de pegamento al que se denomina “glue”, es por toda esta zona en la que se presentaron múltiples fugas.

Cabe resaltar que esta clase de fugas no parecen ser producidas por grumos, burbujas, excesos o ausencia del glue mismo, si no por falta de adhesión del glue al canal plástico, lo que nos llevó a concluir que ciertas piezas no contaban con previo tratamiento de plasma. El tratamiento de plasma, es un proceso en el cual por medio de una boquilla a altas temperaturas, un robot aplica gas ionizado al canal de glue, dándole así una clase de porosidad al body que hace posible que el glue se adhiera con mayor fuerza y no se despegue. Esto se corroboró de 2 maneras:
- Al hacer cortes de las secciones de donde fugaban en las piezas para ver transversalmente el estado de la adhesión del glue al body.
- Revisando la ausencia de la marca del proceso de plasma en el body.

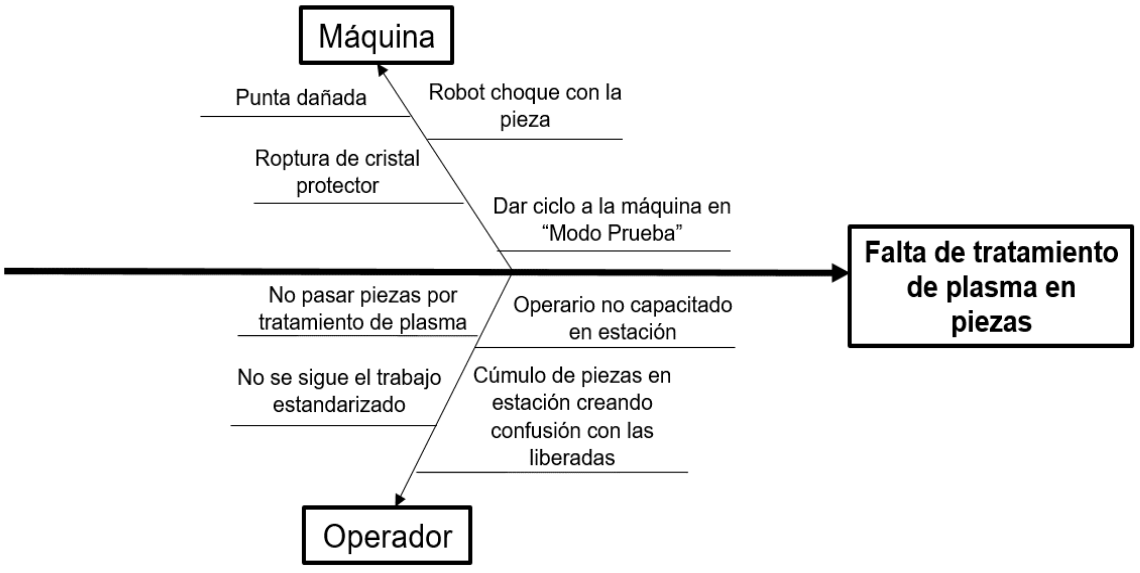
Reporte A3
Con los resultados del proceso de la investigación, se discutieron en conjunto con departamentos involucrados puntos que determinaron los factores que originaban las problemáticas mencionadas con el uso de la metodología A3, herramienta de resolución de problemas de este tipo, fundamentada en el Ciclo de Deming: planear, hacer, verificar y actuar.

1. Definición del problema
1.- Componente mal ensamblado
2.- Piezas manufacturadas sin tratamiento de plasma

2. Situación actual
Constantes fallas y retrabajos en la línea de producción del modelo en cuestión, personal consciente de ello, trabajo bajo presión.

3. Análisis Causa-Raíz
Determinado con el uso de herramientas de calidad:
- Componente mal ensamblado: 5 porqués
1. ¿Por qué se presenta fuga en la pieza?
R: Porque el leveling motor quedó mal ensamblado
2. ¿Por qué está mal ensamblado el leveling motor?
R: El o-ring no estaba posicionado correctamente en su lugar al momento del ensamble.
3. ¿Por qué el o-ring no estaba posicionado correctamente?
R: Debido a que el operador coloca primero el o-ring en el leveling motor para después ensamblarlo al body, haciendo que éste quede fuera y aplastado.
4.- ¿Porque el operador coloca primero el o-ring en el leveling motor?
R: El operador ahorra tiempo en la operación, lo cual está por fuera del estándar.
5.-¿Por qué el operador no sigue el trabajo estandarizado?
R: Porque desconoce el impacto de su irresponsabilidad sobre el producto terminado.

- Piezas manufacturadas sin tratamiento de plasma: Diagrama de Ishikawa



4. Plan de acción llevado a cabo:
1.-Componente mal ensamblado: Se retroalimento sobre prácticas correctas e incorrectas, brindando ayudas visuales en línea de producción, y con auditorías del proceso.
2.- Piezas manufacturadas sin tratamiento de plasma: Para evitar cúmulos de material en estaciones, se aplicó un secuenciado de PLC para controlar producción, limitando procesos posteriores al del plasma, en donde se sólo se permitía 1 pieza por vez y se siga un flujo PEPS, primeras entradas, primeras salidas.

Conclusiones.

Se lograron implementar satisfactoriamente las actividades del plan de acción, y solucionaron efectivamnte las problemáticas de fugas de aire identificadas, reduciendo su incidencia e incluso, algunas contramedidas planteadas pueden ser tomadas y replicadas en las demás líneas de producción de faros frontales, por la similitud existente entre procesos.
El objetivo principal consistía en la reducción del 5% del scrap por fugas, en donde después de aplicar, validar y dar segumiento a las mejoras, se aseguró una gran parte la eficacia de las mismas, y se logró reducir en forma significativa el scrap. Así mismo se logró la estandarización de los trabajos que realizaban los operadores, también se implementó el marcar el quemado de body en la máquina que realiza el tratamiento de plasma para los faros.
Se insistió que el método de inspección de producto terminado es fundamental en el correcto ajuste de la pieza “leveling motor” en la parte trasera del faro, y se concientizó al personal de calidad para esta parte del proceso. La capacitación y retroalimentacion del personal es muy importante para evitar la problemática encontrada, además de tener un trabajo estandarizado, se insistió en la forma correcta de hacer la prueba del tanque y la disposición de las lámparas del faro.

Referencias

[1] Ohno, T. (1991). *EL SISTEMA DE PRODUCCIÓN TOYOTA: Más allá de la producción a gran escala.* New York. CRC Press

[2] Anónimo. (s.f). AMEF Análisis de Modo y Efecto de Falla. Lean Solutions. Recuperado de: https://leansolutions.co/conceptos-lean/lean-manufacturing/amef-analisis-de-modo-y-efecto-de-falla/

[3] Socconini, L. (2019). *Lean Manufacturing Paso a Paso.* Barcelona. Marge Books.

[4] Masaaki, I. (2001). *Kaizen la clave de la ventaja competitiva japonesa*. México. Continental.

[5] Barrón, L. E., Escobedo, P. T., Estebané, O. V., Martínez, M. G. & Tapia, C. J. (2017). Marco de Referencia de la Aplicación de Manufactura Esbelta en la Industria. SciElo. Recuperado de: https://dx.doi.org/10.4067/S0718-24492017000300171

[6] Caro, M., Marmolejo, N., Milena, M. A., Rojas, J.A. & Pérez V. I. (2016). SciElo. Mejoramiento mediante herramientas de la manufactura esbelta, en una Empresa de Confecciones. Recuperado de: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1815-59362016000100004

[7] Anónimo. (2016). A3 Report: Herramienta Lean Manufacturing de Resolución de Problemas. Progressa Lean. Recuperado de: https://www.progressalean.com/a3-report-herramienta-lean-manufacturing-de-resolucion-de-problemas/

[8] Durango, A. (s.f). HERRAMIENTAS DE CONTROL ESTADISTICO: Diagrama de Causa-Efecto. Institución Universitaria Escolme. Recuperado de: http://www.escolme.edu.co/almacenamiento/oei/tecnicos/ppios_admon/contenido_u4_1.pdf

[9] Betancourt, D. (2019). Diagrama de Causa y efecto como herramienta de calidad. IE Ingenio Empresa. Recuperado de: https://ingenioempresa.com/diagrama-causa-efecto/

[10] Anónimo (2015). La técnica de los 5 Porqués es un método basado en realizar preguntas para explorar las relaciones de causa-efecto que generan un problema en particular. Progressa Lean. Recuperado de: https://www.progressalean.com/5-porques-analisis-de-la-causa-raiz-de-los-problemas/

Determinación y cuantificación de subproductos de residuos sólidos urbanos en el Estado de Veracruz, México

Y. De la Cruz Elizondo[1], M. A. Velasco Pérez[1] ,V. R. Soto Pol[1], M. Páez Rodríguez[1] y M. C. Ramírez Benítez[1] [1]Facultad de Biología, Universidad Veracruzana, Circuito Gonzalo Aguirre Beltrán, Zona Universitaria, 91090 Xalapa Enríquez, Ver., México.*
**ydelacruz@uv.mx*
***Área de participación**: Ingeniería Administrativa*

Resumen

El cambio de consumo en la población representa una constante generación de residuos sólidos urbanos, que deben ser adecuadamente identificados y separados para recibir un manejo adecuado que implica técnicas de recolección y sitios adecuados para su disposición final, con el objetivo de afectar en menos grado al medio ambiente. Durante el año 2008 al 2012 se llevaron a cabo muestreos de RSU en 14 cabeceras municipales del estado de Veracruz. Identificando los residuos alimenticios como subproductos de mayor generación y las pilas como los residuos de menor generación. Además se identificaron ocho subproductos que no están dentro del listado presentado en la Norma Mexicana NMX-AA-22-1985. Por lo cual se recomienda una adecuación a dicha norma con el objetivo de enlistar los subproductos nuevos derivados del consumismo cambiante en la población lo que involucra una gestión social con escenarios normativos más adecuados a la realidad para transitar hacia la sostentabilidad.

***Palabras clave**: Norma, Residuos, Consumismo, Adecuar.*

Abstract

Change in consumption in population represents a constant generation of urban solid waste, which must be adequately identified and separated to receive an adequate management that implies collection techniques and adequate sites for its final disposal, with the aim of affecting to a lesser degree the environment. During the year 2008 to 2012, Municipal Solid Waste samples were carried out in 14 municipal capitals in the state of Veracruz. Identifying food waste as higher-generation by-products and batteries as lower-generation waste. In addition, eight by-products were identified that are not within the list presented in the Mexican Standard NMX-AA-22-1985. Therefore, an adaptation to this standard is recommended in order to include the new by-products derived from changing consumerism in the population, which involves social management with regulatory scenarios more appropriate to reality to move towards sustainability.

***Key words**: Standard, Waste, Consumerism, Adaptation.*

Introducción

En la actualidad parte de los problemas ambientales se originan principalmente del consumismo, derivado de la organización social, económica y política (Pujol Vilallonga, 1996). México no se encuentra exento de estas consecuencias, ya que, perpetuamente confronta deterioro ambiental y pérdida de sus recursos naturales, conllevado a una mala calidad de estos, una degradación de los ecosistemas y mayor emisión de residuos al aire, suelo o agua; esto por el crecimiento demográfico el cual sobre explota los recursos a causa de la demanda o por la migración económica de zonas rurales a urbanas. Dentro de esta sobre explotación de los recursos naturales se puede notar que además del consumismo cambiante y demandante, la generación del tipo de residuos es igual de cambiante, donde dependiendo de sus características fisicoquímicas y volumen, generan nuevas afectaciones a la salud, al ecosistema y la necesidad de un manejo adecuado (SEMARNAT, 2012).
Es por ese cambio constante que es importante poner especial atención a los parámetros y estadísticas de la generación y caracterización de los residuos sólidos municipales, ya que, esto contribuye a la buena toma de decisiones para la proyección, manejo y disposición final de estos residuos (Esquinca, Escobar, Hernández, Sánchez & Suárez, 1995). Parte de la información necesaria para un buen manejo de estos residuos es su

caracterización, clasificación en subproductos, peso volumétrico, además, la situación en que se encuentra operando los servicios de recolección, su infraestructura y la condición del sitio de disposición final (Pérez Belmonte, 2011).
Dentro del buen manejo de residuos también se hace imperante la construcción de rellenos sanitarios que cumplan con las especificaciones establecidas en la Norma Oficial Mexicana NOM-083-SEMARNAT-2003 y aquí entra también la importancia de conocer la caracterización y composición de los residuos sólidos para determinar el tiempo de vida útil de un relleno sanitario, por ello, se consideró llevar a cabo los estudios correspondientes denominados “Generación y composición de residuos sólidos urbanos” en 14 cabeceras municipales de Veracruz con el objetivo de caracterizar los residuos generados en estas cabeceras.

Metodología

Área de estudio

Para este estudio los trabajos se llevaron a cabo en 14 cabeceras municipales del estado de Veracruz, descritos alfabéticamente a continuación:

- Álamo Temapache: Se localiza en la zona centro del estado, en las coordenadas 20º 55’ latitud **N**orte y 97º 41’ longitud Oeste a 40metros sobre el nivel del mar.
- Banderilla: Se encuentra en la zona centro del estado, en las coordenadas 19º 35’ latitud Norte y 95º 56’ longitud Oeste, a una altura de 1600 metros sobre el nivel del mar.
- Cerro Azul: Se localiza en la región montañosa de la huasteca, zona norte del estado, en las coordenadas 21º 11’ latitud Norte y 97º 44’ longitud Oeste, a una altura de 140 metros sobre el nivel del mar.
- Coyutla de Benìtez: Se localiza en la zona centro del estado, en las coordenadas 20º 15’ latitud **N**orte y 37º 39’ longitud Oeste a 160 metros sobre el nivel del mar.
- El Higo: Se localiza en la zona norte del estado, en las coordenadas 21º 46’ de latitud Norte y 98º 27’ de longitud Oeste, a una altura de 20 metros sobre el nivel del mar.
- Juchique de Ferrer: Se encuentra ubicado en la zona centro delo estado, en las coordenadas 19º 50’ de latitud Norte y 96 42’de longitud Oeste, a una altura de 380 metros sobre el nivel del mar.
- Martínez de la Torre: Se localiza en la zona norte del estado, en las coordenadas 20º 04’ de latitud Norte y 97º 04’ de longitud Oeste, a una altura de 151 metros sobre el nivel del mar.
- Naranjos Amatlán: Se encuentra ubicado al norte del estado en la huasteca, en la Sierra de Otontepec, en las coordenadas 21º 21’latitud Norte y 97º 41’ longitud Oeste, a una altura de 60 metros sobre el nivel del mar.
- Pánuco: Se localiza en la zona norte del estado, en las coordenadas 22º 03’’ latitud Norte y 98º 11’’ longitud Oeste, a una altura de 10 metros sobre el nivel del mar.
- Papantla: Se encuentra ubicado en la zona norte del estado, en las coordenadas 20° 27’’ latitud Norte y 97° 19 longitud Oeste, a una altura de 180 metros sobre el nivel del mar.
- Poza Rica de Hidalgo: Se localiza en la zona centro del estado, en las coordenadas 20º 32’’ latitud Norte y 97º 27’’ longitud Oeste, a una altura de 50 metros sobre el nivel del mar.
- San Rafael: Se encuentra ubicado en la zona norte del estado en las coordenadas 20º 11’ de latitud Norte y 96º 51’ de longitud Oeste.
- Tempoal: Se localiza en la zona norte del estado, en las coordenadas 21º 31’ latitud Norte y 98º 23’ longitud Oeste a una altura de 50 metros sobre el nivel del mar.
- Teocelo: Se encuentra ubicado en la zona montañosa central del estado, en las coordenadas 19º 23’ latitud Norte y 96º 58’ longitud Oeste a una altura de 1, 160 metros sobre el nivel del mar.

 ISSN 2007-8102



Figura 1. Cabeceras municipales del estado de Veracruz donde se realizaron los trabajos.

Recolección de muestras domiciliares

La recolección de muestra se comprendió entre el año 2008-2012, se realizó un solo muestreo de ocho días, de acuerdo con la Norma Mexicana NMX-AA-61-1985.Protección al ambiente-contaminación del suelo-residuos sólidos municipales-determinación de la generación; mencionadas de manera breve a continuación:

a) **Selección del riesgo "Ó":** se eligieron factores como conocimiento de la localidad, facilidad para realizar el muestreo, características de la localidad a muestrear y exactitud de la báscula por emplear.
b) **Tamaño "n" de la premuestra:** por estrato se adoptó un tamaño a partir del riesgo Ó basado en la siguiente tabla.

Tabla 1. Cabeceras municipales.

Riesgo	***Tamaño de la premuestra***
(Ó)	**(n)**
0.05	115
0.10	80
0.20	50

c) **Universo de trabajo:** se determinó y ubicó en un plano actualizado de la localidad correspondiente al estrato socioeconómico a muestrear.
d) **Identificación de elemento:** físicamente y basados en el universo del trabajo, se anotaron el número correspondiente al elemento en la calle donde se encontraba el elemento a muestrear.
e) **Visitas domiciliares:** con el fin de explicar la razón del muestreo y la entrega de una bolsa de polietileno.
f) **Operación de limpieza:** mediante una segunda visita en el primer día de muestreo, se realiza la recolección de las bolsas con los residuos generados el día anterior, fueron llevadas al sitio de disposición final y se entregaba una nueva bolsa para los residuos de las siguientes 24 hrs.
g) **Recolección de muestras:** a partir del segundo al séptimo día del muestreo, nuevamente se procedió a recoger los residuos del día anterior, se entregaba una bolsa para las siguientes 24 hrs. Cada bolsa se procedió a foliar. El octavo día únicamente se recogieron los residuos del día anterior.
h) **Pesajes:** diario posterior a la recolección de residuos del día anterior se pesó cada elemento, anotando su valor en la cédula de encuesta.
i) **Materiales:** estos fueron adaptados de la lista indicada en la norma, los cuales fueron, báscula con capacidad mínima de 100kg y precisión de 10g o similar, báscula con capacidad mínima de 10kg y precisión de 5g o similar, tablas de inventario, marcadores de tinta permanente, bolsas de polietileno de 0.60m x 0.90m., guantes de carnaza y de hule, pintura de esmalte color amarillo, papelería y varios.

Realización de cuarteos

Las actividades de cuarteos fueron realizadas de acuerdo a la Norma Mexicana NMX-AA-15-1985. Protección al ambiente-contaminación del suelo-residuos sólidos municipales-muestreo-método del cuarteo; mencionadas de manera breve a continuación:

a) **Toma de muestras:** se tomaron bolsas de polietileno para los residuos sólidos de acuerdo a la Norma Mexicana NMX-AA-61-1985.
b) **Vaciado:** el contenido de las bolsas, fueron vertidos sobre un área plana horizontal de aproximados 4m x 4m de cemento bajo techo.

c) **Homogenización:** el monto de residuos se mezcló con una pala, al estar homogenizadas se dividió en 4 partes iguales A, B, C, y D eliminando las partes opuestas A y C o B y D, esto se repitió hasta obtener una aminorada cantidad de los residuos sólidos para dar paso a la selección de los subproductos.
d) **Materiales:** durante el trabajo de cuarteos fueron adaptados de la lista indicada en la norma los materiales utilizados los cuales fueron bolsas de polietileno de 0.60m x 0.90m, báscula de piso con capacidad de 200kg, palas curvas, overoles, guantes de carnaza, escobas y recogedores, mascarillas protectoras, papelería y varios.

Selección y cuantificación de subproductos

La selección y cuantificación se llevó a cabo haciendo modificaciones correspondientes a la Norma Mexicana NMX-AA-022-1985. Protección al ambiente-contaminación del suelo-residuos sólidos municipales-selección y cuantificación de subproductos; mencionadas de manera breve a continuación:

a) **Toma de muestras:** se extrajo la muestra de las áreas del primer cuarteo que no fueron eliminadas esta extracción fue de acuerdo a la Norma Mexicana NMX-AA-15-1985.
b) **Separación de subproductos:** fueron seleccionados subproductos hasta agotar la muestra seleccionada y al mismo tiempo se colocaron en una bolsa de polietileno.
c) **Pesajes:** cada subproducto una vez clasificado se pesó y se anotó el resultado en la hoja de registro.
d) **Lista de subproductos:** la lista de los subproductos de acuerdo a la norma mencionada anteriormente tuvo que ser adaptada a las condiciones de acuerdo al año en que se realizó la investigación tomando en cuenta el consumismo de la población, los 32 subproductos con los que se trabajó en campo fueron residuos alimenticios, restos de jardinería, hueso, cuero, madera, tela de algodón, papel, cartón, hule, loza y cerámica, material de construcción, tela sintética, pañales desechables, metal ferroso, metal no ferroso, artículos eléctricos, CD's, restos de animales, botellas de plástico, bolsas de plástico, unicel, envases de cartón metalizados y encerado, vidrio de color y transparente, lata, cinta magnética, aerosoles, pilas, biológico-infeccioso, residuos de manejo especial, residuo fino y otros inorgánicos.
e) **Materiales:** para los trabajos de separación y pesaje de subproductos los materiales que se utilizaron fueron adaptados de la lista que indica la norma, estos materiales fueron mascarillas, báscula, recogedores, overoles, escobas, guantes, bolsas de polietileno 0.60m x 0.90m, papelería.

Selección de calles

Por cada cabecera municipal se seleccionaron ciertas calles, esta selección se llevó a cabo de acuerdo a las calles donde se realiza la recolección de la basura y las colonias con mayor número de habitantes, para ello se contó con el apoyo de la Dirección de Limpia Pública Municipal de las cabeceras exceptuando a Poza Rica de Hidalgo ya que para esta se contó con el apoyo de la empresa PASA, las calles seleccionadas se mencionan en la tabla 2.

Resultados y discusión

Los pesajes de subproductos encontrados en cada cabecera muestreada, así como algunas características se analizan en la siguiente Tabla 1.

Tabla 2. Cabeceras municipales.

Cabecera Municipal	Características	Subproductos encontrados
Álamo Temapache	Se trabajó en 9 calles. El tamaño de la muestra fue 50 viviendas con riesgo de 0.20, por ser localidad pequeña, estrato socioeconómico bajo y medio.	Subproducto con mayor presencia restos de jardinería, con 35 095gr. El de menor cantidad pilas, con 10gr.
Banderilla	Se tomaron muestras aleatorias de los camiones recolectores, se encontraba en proceso de una planta de composta. Cuenta con la facilidad de hacer recorridos por toda la ciudad y recoger en su totalidad los residuos. El tamaño de la muestra fue variable, siempre cubriendo por lo menos el 10% de la generación diaria de la ciudad.	Subproducto con mayor presencia residuos alimenticios, con 150 800gr. El de menor cantidad pilas, con 60gr.

Cerro Azul	Se trabajó en 9 calles. Tamaño de la muestra 80 viviendas con riesgo de 0.10, estrato socioeconómico único.	Subproducto con mayor presencia residuos alimenticios, con 15 310gr. De menor cantidad Biológicos-infecciosos, con 15gr.
Coyutla de Benìtez	Se trabajó en 6 calles. Tamaño de la muestra fue de 50 viviendas con un riesgo de 0.20, por ser una localidad pequeña, se consideró un estrato socioeconómico bajo.	Subproducto con mayor presencia residuos finos, con 23 401 gr. El de menor cantidad pilas, con 10gr.
El Higo	Se trabajó en 9 calles. El tamaño de la muestra fue de 80 viviendas con un riesgo de 0.10, por ser una localidad pequeña, se consideró un estrato socioeconómico único.	Subproducto con mayor presencia residuos alimenticios, con 34 075 gr. El de menor cantidad pilas, con 35gr.
Juchique de Ferrer	Se trabajó con 7 calles. El tamaño de la muestra fue de 80 viviendas con un riesgo de 0.10, por ser una localidad pequeña, se consideró un estrato socioeconómico único.	Subproducto con mayor presencia residuos alimenticios, con 20 325gr. El de menor cantidad CD's, con 20gr.
Martínez de la Torre	Se trabajó en 12 calles. El tamaño de la muestra fue de 50 viviendas con un riesgo de 0.20, por ser una localidad mediana, se consideró un estrato socioeconómico bajo, medio.	Subproducto con mayor presencia residuos alimenticios, con 16 668gr. El de menor cantidad cintas magnéticas, con 15gr.
Naranjos Amatlán	Se trabajó en 12 calles. El tamaño de la muestra fue de 50 viviendas con un riesgo de 0.20, por ser una localidad pequeña, se consideró un estrato socioeconómico bajo y medio.	Subproducto con mayor presencia restos de jardinería, con 26 170gr. El de menor cantidad pilas, con 20gr.
Pánuco	Se trabajó en 15 calles. El tamaño de la muestra fue de 115 viviendas con un riesgo de 0.05, por ser una localidad mediana, se consideró un estrato socioeconómico bajo y medio.	Subproducto con mayor presencia residuos alimenticios, con 23 685gr. El de menor cantidad pilas, con 20gr.
Papantla	Se trabajó en 19 calles. El tamaño de la muestra fue de 50 viviendas con un riesgo de 0.20, por ser una localidad mediana, se consideró un estrato socioeconómico bajo y medio.	Subproducto con mayor presencia residuos finos, con 35 076gr. El de menor cantidad Biológico-infecciosos, con 25gr.
Poza Rica de Hidalgo	Se trabajó en 25 calles. El tamaño de la muestra fue de 80 viviendas con un riesgo de 0.10, por ser una localidad mediana, se consideró un estrato socioeconómico bajo, medio y alto.	Subproducto con mayor presencia residuos alimenticios, con 57 145gr. El de menor cantidad pilas, con 130gr.
San Rafael	Se trabajó en 12 calles. El tamaño de la muestra fue de 50 viviendas con un riesgo de 0.20, por ser una localidad pequeña, se consideró un estrato socioeconómico bajo y medio.	Subproducto con mayor presencia residuos alimenticios, con 64 560gr. El de menor cantidad aerosoles, con 10gr.
Tempoal	Se trabajó en 6 calles. El tamaño de la muestra fue de 50 viviendas con un riesgo de 0.20, por ser una localidad pequeña, se consideró un estrato socioeconómico bajo y medio.	Subproducto con mayor presencia restos de jardinería, con 49 885gr. El de menor cantidad Biológico-infecciosos, con 15gr.
Teocelo	Se tomaron muestras aleatorias de los camiones recolectores. Cuenta con una planta de composta y la recolección la realizan camiones exclusivos para cada tipo de residuos. Cuenta con la facilidad de hacer recorridos en toda la ciudad al día. El tamaño de la muestra fue variable siempre cubriendo por los menos 10% de la generación diaria de la ciudad.	Subproducto con mayor presencia pañales desechables, con 75 300gr. El de menor cantidad tela de algodón, con 60gr.

Analizando los datos obtenidos (Figura 2) podemos determinar que los subproductos de mayor generación en los 14 municipios, fueron los residuos alimenticios con 548, 150 gr totales. Y, por el contrario, los subproductos con menor generación son las pilas 1, 275 gr. Además, que en todos los municipios estudiados no se encontró ningún subproducto comprendido en la categoría de "otro" tipo de subproductos orgánicos o inorgánicos.

 ISSN 2007-8102

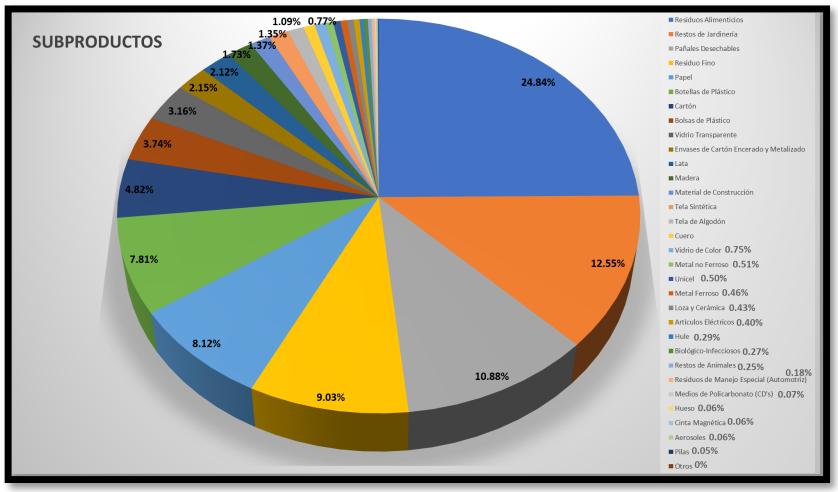


Figura 2. Porcentaje de pesajes totales en las 14 cabeceras municipales muestreadas.

Discusión de la Norma Mexicana NMX-AA-022-1985. Protección al ambiente-Contaminación del suelo-Residuos sólidos municipales-Selección y cuantificación de subproductos

De acuerdo con los resultados obtenidos se puede inferir que la lista presentada en la Norma Mexicana NMX-AA-22-1985. Protección al ambiente-Contaminación del suelo-Residuos sólidos municipales-Selección y cuantificación de subproductos, debe ser adaptada a los patrones de consumo que va presentando la población. Dicha norma se publicó en 1985 y fue establecida con la finalidad de determinar las características y metodologías mínimas a considerarse ante un trabajo de campo que sea enfocado para la determinación de subproductos encontrados en muestras domiciliares de residuos sólidos urbanos de un municipio a estudiar y de acuerdo a la Dirección General de Normas esta norma es de carácter definitiva, sin embargo, el desarrollo de las comunidades urbanas en comparación con el año 1985 en que fue establecida esta norma, deja un gran sesgo en lo que determinación de subproductos se refiere, ya que una parte considerable de los residuos sólidos urbanos que hoy en día son confinados a los rellenos sanitarios es diferente a la que se desecha al año de 1985.

Trabajo a futuro

Propuesta de modificación a la Norma Mexicana NMX-AA-22-1985

De acuerdo a los resultados obtenidos en este trabajo, se hace notoria la necesidad de proponer una modificación a la Norma mencionada. De acuerdo a los informes históricos de la SEDESOL, (Sancho y Cervera, 1998) la generación y composición de los residuos si han variado de forma significativa durante las últimas décadas; por ejemplo, en la década de 1950 el porcentaje de residuos sólidos orgánicos en la basura era del 65-70%, mientras que en los últimos años su proporción es entre 50- 55% son de tipo orgánico y el resto residuos inorgánicos. Esto manifiesta la necesidad de establecer nuevos criterios para los estudios de generación de residuos sólidos urbanos y la caracterización de subproductos, así como, adecuar más la lista de subproductos conforme las poblaciones vayan modificando sus hábitos de consumos a los nuevos modos de vida en el futuro. La lista que presenta dicha norma en el apartado de subproductos y “otros” es de 26, mientras que basados en los resultados de este trabajo se propone establecer la adecuación por una lista de 31 subproductos y “otros” ya que se de acuerdo a las condiciones actuales de consumo no es viable su inclusión dentro de los que existían anteriormente. De los 26 subproductos enlistados, 24 de ellos serían adaptados quedando de la siguiente manera:

NORMA MEXICANA NMX-AA-22-1985	PROPUESTA
Cartón	Cartón
Cuero	Cuero
Residuo fino (todo material que pase la criba M 2.00)	Residuo fino
Envase de cartón encerado	Envases de cartón encerado y metalizado
Fibras sintéticas	Tela sintética
Hueso	Hueso
Hule	Hule
Lata	Lata
Loza y cerámica	Loza y cerámica

Madera	Madera
Material de construcción	Material de construcción
Material ferroso	Metal ferroso
Material no ferroso	Metal no ferroso
Papel	Papel
Pañal desechable	Pañal desechable
Plástico rígido	Botellas de plástico
Plástico de película	Bolsas de plástico
Polietileno expandido	Unicel
Residuos alimenticios	Residuos alimenticios
Residuos de jardinería	Restos de jardinería
Trapo	Tela de algodón
Vidrio de color	Vidrio de color
Vidrio transparente	Vidrio transparente
Otros	Otros

Dentro de los subproductos que se enlistan en la norma quedarían excluidos algodón, fibra dura vegetal (esclerénquima) y poliuretano. En el caso de los subproductos denominados de Manejo Especial, según la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de Residuos (2003) son aquellos provenientes de:

- Las rocas o productos de materiales de construcción.
- Los generados por actividades médico-asistenciales a poblaciones humanas o animales exceptuando Biológicos-infecciosos.
- Restos de actividades pesqueras, agrícolas, silvícolas, forestales, avícolas, ganaderas.
- Los residuos de servicios de transporte.
- Restos del resultado del tratamiento de aguas residuales.
- Residuos de tiendas departamentales o centros comerciales generados en grandes volúmenes.
- Residuos tecnológicos.

Estos residuos se deben separar de acuerdo con su confinamiento y disposición final, así como su grado de contaminación al ser depositados al aire libre. Es por eso que se considera la inclusión de estos subproductos de la siguiente manera:

Podemos denotar que, así como cambian los patrones de consumo y aunado el comportamiento y composición de los residuos urbanos generados en los últimos años, de la misma forma seguirán cambiando estos comportamientos de la generación de residuos, es por ellos necesario actualizar esta lista conforme las poblaciones modifiquen sus conductas de consumo a los nuevos modos de vida que se vayan presentando en el futuro.

Es importante la realización de más estudios de cuantificación y clasificación de subproductos en las principales cuidades del estado de Veracruz, muestreando aquellas del norte y sur dado las vocaciones y cercanía con polos de actividad económica dado que influyen en el consumo de productos y generación diferenciada de residuos. Así mismo, las pautas de consumo alcanzan las poblaciones rurales o semirurales por lo que es neecsario incluir a estas poblaciones que modifican sus patrones de consumo debido a la cercania a centros de población más grandes.

Análisis comparativo de los resultados obtenidos entra la Norma Mexicana NMX-AA-22-1985, y la propuesta de modificación

La propuesta establece las modificaciones e inclusión de nuevos subproductos en la lista presentada en la norma mexicana, ya que los residuos son diferentes a los del año en que se propuso la norma en la siguiente tabla se muestran los pesajes totales de los subproductos no contemplados en la norma mexicana y que fueron encontrados en las 14 cabeceras municipales muestreadas, al no poderse incluir dentro de la norma deberían ser considerados dentro de aquellos de similares características o del concepto “otros”, pero que de acuerdo a sus condiciones físicas o contaminantes deberían de ser confinadas o tratadas de manera diferente cada uno.

Tabla 2. Subproductos que no se encuentran dentro del listado de la norma.

	SUBPRODUCTO	TOTAL (gr)
1	Artículos electrónicos	8, 915
2	Biológicos-infecciosos	6, 005
3	Restos de animales	5, 705
4	Residuos de manejo especial (automotriz)	4, 150

5	Medios de policarbonato (CD's)	1, 540
6	Cinta magnética	1, 445
7	Aerosoles	1, 350
8	Pilas	1, 275
	Total	**30, 385**

Conclusiones

De acuerdo a los trabajos realizados en las 14 cabeceras municipales muestreadas en el estado de Veracruz, en lo que respecta a subproductos que no deberían de estar presentes en la generación de residuos sólidos urbanos, estos, deberían ser depositados desde su generación en contenedores especiales. Sin embargo, no se les da el confinamiento apropiado a fin de evitar afectaciones al medio ambiente, denotando al falta de conocimiento por parte de la población en cuanto a su disposición, así como, la falta de técnicas adecuadas para su recolección por parte de las autoridades municipales. Los trabajos realizados para este estudio se llevaron de acuerdo a la metodología establecidas en cada una de las normas correspondientes, sin embargo, en algunos puntos del trabajo de campo se fueron adoptando a las necesidades de los estudios y las características de cada cabecera municipal, es por ello que la lista de subproductos de dicha norma fue necesario modificarla, por los cambios de consumo de la población. Por tal motivo se hace la propuesta de excluir tres subproductos y de incluir 8 subproductos los cuales se deben considerar debido a las nuevas reglamentaciones en materia ambiental disponen nuevas estrategias de importancia ecológica para su manejo y disposición final. Es por ello que se recomienda llevar a cabo las modificaciones correspondientes con el fin de que la Norma Mexicana NMX-AA-022-1985. Protección al ambiente-Contaminación del suelo-Residuos sólidos municipales-Selección y cuantificación de subproductos, genere información actualizada de los residuos permitiendo mejorar las condiciones de operación y tiempo de vida útil de los sitios de disposición final.

Referencias

1. Diario Oficial de la Federación. (2003). Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos. México.
2. Esquinca Cano, enconF., Escobar Villagrán, J., Hernández López, A., Sánchez López, G., Suárez Sánchez, H. (1995). Estudios de caracterización y generación de residuos sólidos municipales de 5 localidades de la costa del estado de Chiapas. Secretaría de Ecología, Recursos Naturales y Pesca, SMISA Sección Chiapas.
3. INEGI. (2010). Censo de Población y Vivienda 2010. México.
4. NMX-AA-15-1985. Protección al ambiente-Contaminación del suelo-Residuos sólidos municipales-Muestreo-Método de cuarteo.
5. NMX-AA-15-1985. Protección al ambiente-Contaminación del suelo-Residuos sólidos municipales-Peso volumétrico "in situ".
6. NMX-AA-15-1985. Protección al ambiente-Contaminación del suelo-Residuos sólidos municipales-Selección y cuantificación de subproductos.
7. NMX-AA-15-1985. Protección al ambiente-Contaminación del suelo-Residuos sólidos municipales-Determinación de la generación.
8. Pérez Belmonte, N. (2011). Análsis de las condiciones en el manejo de resiudos sólidos urbanos y propuesta de un plan de manejo integral para la localidad de Capulálpam de Méndez. Universidad de la Sierra de Juárez, Oaxaca.
9. Pujol, Villalonga. (1996). Educación y consumo: la formación del consumidor en la escuela. Sociedad de consumo y problemática ambiental. ICE de la Universidad de Barcelona. Barcelona, Horsori.
10. Sancho y Cervera, J., Rosiles, G. (1998). El manejo de los residuos sólidos municipales en México. SEDESOL. México.
11. SEMARNAT. (2003). Profepa. Informe anual Profepa 2002. México.
12. SEMARNAT. (2012). Compendio de Estadísticas Ambientales Indicadores Clave y de Desempeño Ambiental. México.
13. Velazco Pérez, M. A. (2015). Determinación y cuantificación de subproductos identificados en la generación de residuos sólidos urbanos, bajo la Norma Mexicana NMX-AA-022-1985 Protección al ambiente-Contaminación del suelo-Residuos sólidos municipales-Selección y Cuantificación de subproductos. Caso de 14 cabeceras municipales del estado de Veracruz (Trabajo de experiencia recepcional). Universidad Veracruzana. Xalapa, Veracruz.

Análisis de discriminación de género en empresas de servicios del Oriente del Estado de México.

V. Jiménez Jarquin[1], J. C. Navarrete Narvaez[1], A. Iniestra Medrán[1], H. Dorantes Benavidez[1]*
[1]Tecnológico de Estudios Superiores del Oriente del Estado de México. Paraje San Isidro S/N, Bo. de Tecamachalco, La Paz, Estado de México, CP 56400.
**valentin.jimenez@tesoem.edu.mx*

***Área de participación**: Ingeniería Administrativa*

Resumen
En este trabajo se estudian los factores que indican la prevalencia de un ambiente generalizado de discriminación de género en empresas de servicio en el Oriente del Estado de México, y su posible correlación como causa de baja productividad en las organizaciones. Se diseñó, validó y aplicó un instrumento a una muestra de tamaño óptimo y se realizaron pruebas estadísticas de hipótesis para la proporción de diversas variables que tienen como propósito explicar tres características generales de los sujetos de estudio. Si posee una mentalidad discriminatoria, si ha sido víctima de discriminación de género y cómo ha percibido este fenómeno hacia su persona y hacia terceros, si ha visto afectada su productividad laboral cuando ha sido discriminado o cuando ha presenciado discriminación de género hacia compañeras de trabajo. Se concluye que podría existir una relación entre la discriminación de género hacia la mujer y la productividad laboral en las organizaciones.

***Palabras clave**: Discriminación laboral, Discriminación de género, productividad*

Abstract
This paper studies the factors that indicate the prevalence of a generalized environment of gender discrimination in service companies in the eastern area of the State of Mexico, and its possible correlation as a cause of low productivity in organizations. An instrument was designed, validated and applied to a sample of optimal size and statistical hypothesis tests were carried out for the proportion of several variables that are intended to explain three general characteristics about the study subjects. If they have a discriminatory mentality, if they have been victims of gender discrimination and how they have perceived this phenomenon towards themselves and towards third parties, if their labor productivity has been affected when they have been discriminated or when they have witnessed gender discrimination towards co-workers. It is concluded that there could be a relationship between gender discrimination against women and labor productivity in organizations.

***Key words**: Discrimination in the workplace, Gender discrimination, labor productivity.*

Introducción
La discriminación de género es un problema que afecta a las mujeres mayoritariamente, teniendo consecuencias tales como menor acceso a la educación, menor acceso a servicios de salud, menor participación en el campo laboral formal, alta participación en el campo laboral informal, fomento del acoso, baja productividad laboral o salarios más bajos [1]. La discriminación es un fenómeno que ha existido desde las primeras etapas del ser humano, si bien la discriminación se ha manifestado de diferentes formas y ha repercutido en diferentes grupos a lo largo de los años, es casi innegable que su existencia ha propiciado condiciones adversas para aquellos que la han sufrido [2].

La diferenciación entre sexos estriba en la adquisición de propiedades funcionales diferentes por células semejantes, no obstante, las sociedades humanas asignan a los 2 sexos funciones que realmente no son delimitadas por la biología, de esta manera, usualmente se encasilla al término sexo dentro de aquello que compete a lo biológico y a género, dentro de aquello que compete a lo social [3]. Los roles, responsabilidades y oportunidades asignados por el hecho de ser hombre y ser mujery las relaciones socioculturales entre mujeres y hombres, niñas y niños están socialmente construidos y se aprenden a través del proceso de socialización, son específicos de cada cultura y cambian a lo largo del tiempo [4].

El de rol de género designa no sólo a las funciones, sino también a los papeles, expectativas y normas que se espera que las mujeres y los varones cumplan en una sociedad, los cuales son establecidos social y culturalmente, y que dictan pautas sobre la forma como deben ser, sentir y actuar unas y otros dependiendo en principio, del sexo al que pertenecen [5]. La noción de equidad implica que mujeres y hombres, independientemente de sus diferencias biológicas, tienen derecho a acceder con justicia e igualdad al uso, control y beneficio de los mismos bienes y servicios de la sociedad, así como a tomar decisiones en los diferentes ámbitos de la vida pública y privada [6].

Varios autores han estudiado la discriminación desde diversas perspectivas. Se ha definido como una actitud de antipatía adquirida antes de toda experiencia adecuada frente a individuos, grupos, razas, nacionalidades o ideas, pautas e instituciones [7] o como una antipatía basada en una generalización defectuosa e inflexible dirigida a un grupo o a un individuo por ser miembro de ese grupo [8]. La discriminación es una práctica cotidiana que consiste en dar un trato desfavorable o de desprecio inmerecido a determinada persona o grupo, que a veces no percibimos, pero que en algún momento la hemos causado o recibido [9].

Socialmente hablando, cada género posee determinados roles y actividades, la mayoría fundamentados erróneamente en las diferencias biológicas de cada sexo y que delimitan las actividades que cada uno debería desempeñar [10]. Dentro de las actividades que se ven delimitadas por el sexo están aquellas relacionadas con el trabajo; con lo que mujeres y hombres deberían de hacer durante su vida productiva, la división sexual del trabajo se refiere a la presencia en las sociedades de una inserción diferenciada de varones y mujeres en los espacios de la reproducción y en los de la producción social [11].

La discriminación de género en el trabajo podría ser un factor de desmotivación laboral, si un empleado está motivado, éste se esforzará para contribuir a la consecución de las metas de la empresa a la que pertenece, imprimirá más empeño en sus actividades diarias dentro de la empresa o aumentará la cantidad de tareas que realiza, por el contrario, un empleado desmotivado, podría mostrar niveles bajos de productividad [12]. Además, si la discriminación se vuelve constante o es un fenómeno con gran presencia en el lugar de trabajo, se puede crear un clima laboral hostil que incluso afecte a aquellas personas que no son víctimas directas de discriminación, y muestra de ello son los resultados obtenidos en la investigación de este trabajo [13], pues como se verá más adelante, hubo personas que reportaron un impacto negativo en su productividad laboral aun cuando no fueron las víctimas de este acto.

Metodología

Tamaño de muestra

La intención de este trabajo es estimar las proporciones de las siguientes variables:

- La proporción de personas que presentan indicios de una mentalidad discriminatoria.
- La proporción de sujetos que han sido víctima de discriminación de género

- La proporción de personas que han visto afectada su productividad laboral cuando han sido discriminados o cuando han presenciado discriminación de género hacia compañeras de trabajo.

Las proporciones por naturaleza son el resultado de un proceso de Benoulli, en el que existen dos posibles resultados “éxito” y “fracaso”, con varianza expresada en la ecuación 1 y media en la ecuación 2.

$$\sigma = p(1-p) \quad (1)$$

$$\mu = p \quad (2)$$

$\sigma = Varianza$
$\mu = media$
$p = Probabilidad\ de\ éxito$

Al llevar a cabo un ensayo de Bernoulli en repetidas ocasiones, estos se distribuyen de manera binomial y las distribuciones binomiales se transforman en una normal cuando el tamaño de la muestra n es suficientemente grande $np \geq 5$ y $n(1-p) \geq 5$ [14]. De ahí que es posible aplicar el modelo normal para estimar proporciones.

Si se toma cierto número de muestras y se calcula la media de cada una de ellas, y posteriormente se consideran estas medias como una nueva serie de datos, la cual se denomina "distribución muestral de medias"; se podría calcular la varianza de esa distribución, denominada "varianza de la distribución muestral de medias", simbolizada $\sigma_{\bar{x}}^2$. El teorema central de límite propone que si se seleccionan muestras cada vez más grandes, esa varianza se hace cada vez más pequeña y al mismo tiempo la distribución muestral de medias se va aproximando a una normal [15].

Para estimar dicha varianza se toma como referencia la varianza poblacional σ inversamente proporcional al tamaño de la muestra n, es decir: $\frac{\sigma^2}{n}$ para que ocurra lo siguiente: entre más grande el tamaño de muestra, más pequeña la varianza. Para el caso de una proporción, al sustituir el símbolo de la varianza, tomando como referencia la ecuación 1, la varianza de la distribución muestral de la proporción, se expresa como lo muestra la ecuación 3. La varianza inversamente proporcional al tamaño de la muestra.

$$\sigma_{\bar{x}} = \frac{p(1-p)}{n} \quad (3)$$

Entonces, la desviación estándar de la distribución muestral de medias, simbolizada $\sigma_{\bar{x}}$, y también conocida como “error estándar de la media” o “error típico”, la cual se expresa en la ecuación 4, se puede estimar de la siguiente manera: $\sigma_{\bar{x}} = \sqrt{\sigma_{\bar{x}}} = \sqrt{\frac{\sigma^2}{n}}$

$$\sigma_{\bar{x}} = \sqrt{\frac{\sigma}{n}} \quad (4)$$

Para el caso de una proporción, al sustituir el símbolo de la varianza, el cálculo se hace como lo muestra la ecuación 5.

$$\sigma_{\bar{x}} = \sqrt{\frac{p(1-p)}{n}} \quad (5)$$

El error estándar es ahora nuestra nueva medida de dispersión. Para estimar las proporciones poblacionales de nuestras variables, se construye un intervalo de confianza, tomando como referencia la proporción muestral p, sumando y restando z veces el error estándar, basado en el nivel de confianza, como se muestra en la ecuación 6. Se toma un nivel de confianza de 95%, para todas las pruebas para el cual el valor estandarizado $z = 1.96$, por lo tanto a la media muestral se le suma y resta 1.96 veces el error estándar para construir el intervalo.

$$IC_{95\%} = p \pm [z\left(\sqrt{\frac{p(1-p)}{n}}\right)] \quad (6)$$

El producto de z multiplicado por el error estándar se denomina margen de error y se simboliza con E, expresado en la ecuación 7. El cual representa la distancia que hay entre la proporción muestral y los extremos del intervalo. Si construimos un intervalo grande (tomamos un margen de error grande) habrá más posibilidades de que la media poblacional se encuentre en él (el nivel de confianza es mayor), pero se sacrifica exactitud, el intervalo será menos exacto.

$$E = z\left(\sqrt{\frac{p(1-p)}{n}}\right) \quad (7)$$

El margen de error está en función de cuatro elementos:

- La desviación estándar (σ): Si nuestros datos tienen una desviación estándar pequeña, el margen de error será más pequeño, nuestro intervalo podrá ser más pequeño.
- El tamaño de la muestra (n): si tomamos un tamaño de muestra mayor, el margen de error será más pequeño, nuestro intervalo podrá ser más pequeño.
- El nivel de confianza: Para determinar el valor de z. Si elegimos un nivel de confianza mayor, el valor de z será mayor y el margen de error será más grande, nuestro intervalo tendrá que ser más grande.

Para el cálculo del tamaño de la muestra n, se despeja de la ecuación 8, quedando como se muestra en la ecuación 8.

$$n = \frac{zp(1-p)}{E} \quad (8)$$

Debido a que no se cuenta con una estimación previa de las proporciones, se toma $p = 0.5$ para todas las pruebas, con un nivel de confianza de 95% y un margen de error de 10%. El resultado del cálculo señala que la muestra se debe componer de $n = 90$ sujetos, elegidos de manera aleatoria.
Descripción y validación del instrumento.

El instrumento de medición empleado en esta investigación está basado en el cuestionario que utiliza el *United Nation Development Programme* para calcular su índice de desigualdad de género [17]. Nuestro instrumento está dividido en 3 secciones, cada una de estas secciones tiene un subtema específico y cada sección consta de 13, 14 y 9 ítems respectivamente, teniendo así un total de 36 ítems. La primera sección del instrumento de medición tiene como fin averiguar si el sujeto de estudio posee una mentalidad discriminatoria. Las preguntas del segundo apartado están orientadas a descubrir si el sujeto de estudio ha sido víctima de discriminación de género y cómo ha percibido este fenómeno hacia su persona y hacia terceros. La última sección del instrumento de medición recaba datos que muestran si el sujeto de estudio ha visto afectada su productividad

laboral cuando ha sido discriminado o cuando ha presenciado discriminación de género hacia compañeras de trabajo.

Está compuesto por reactivos de escala nominal que carecen de valor numérico y jerarquía, así como por reactivos de escala ordinal, con un valor numérico asignado y que se pueden jerarquizar; para efectos de la escala ordinal se utilizó una escala Likert. Finalmente, el instrumento de medición aquí presentado se valida mediante el coeficiente alfa de Cronbach el cual es un índice para medir la confiabilidad del tipo consistencia interna de una escala, es decir, para evaluar la magnitud en que los ítems de un instrumento están relacionados [17] [18]. Dicho de otro modo, el coeficiente de alfa de Cronbach determina si el instrumento mide lo que se desea medir, es decir, si es confiable; y establece si el instrumento tiene precisión para medir lo que se desea medir, es decir, determina si tiene validez.

Para obtener el coeficiente alfa de Cronbach se debe calcular la correlación de cada ítem con cada uno de los otros, obteniendo así una gran cantidad de coeficientes de correlación. El valor de alfa es el promedio de todos los coeficientes de correlación [19]. El instrumento aplicado para esta investigación tiene un coeficiente alfa de Cronbach de 0.871. Teniendo en cuenta que el valor mínimo aceptado para el alfa de Cronbach es de 0.70 y el máximo deseado es de 0.90, de acuerdo con [20], se puede concluir que el instrumento de medición creado para esta investigación tiene un nivel de consistencia interna aceptable que garantiza la utilidad del mismo.

Hipótesis

Las proporciones de los tres aspectos a evaluar se simbolizan de la siguiente manera:

p_1: La proporción de personas que presentan indicios de una mentalidad discriminatoria.
p : La proporción de mujeres que han sido víctima de discriminación de género
p_3: La proporción de personas que han visto afectada su productividad laboral cuando han sido discriminados o cuando han presenciado discriminación de género hacia compañeras de trabajo.

Se pretende comprobar que la mayoría de personas encuestadas presentan indicios de una mentalidad discriminatoria, que la mayoría de mujeres encuestadas han sido víctimas de discriminación de género y que la mayoría de trabajadores perciben que su nivel de productividad en el empleo se ha visto afectado cuando han sido discriminados o cuando han presenciado discriminación de género hacia compañeras de trabajo. De esta manera, para las tres proporciones se plantean la siguiente hipótesis general.

$$H0: P_i \leq 0.50$$
$$H1: P_i > 0.50$$

Para $P_i = \{1,2,3\}$, donde P_i representa la proporción de éxitos de cada uno de los aspectos a evaluar. Se pretende probar si cada una de las proporciones es significativamente mayor que 0.5 para concluir que la mayoría de trabajadores encuestados cumple con cada una de las características mencionadas. Se utiliza un nivel de significancia $\alpha = 0.05$

El estadístico de prueba

Como se explicó anteriormente, para hacer nuestras pruebas empleamos el modelo normal estándar, debido a que las proporciones se distribuyen bajo un proceso de Bernoulli, este proceso se distribuye de manera binomial y la distribución binomial se aproxima a una normal con muestras de tamaño suficiente. Para calcular el estadístico de prueba se utiliza la ecuación 9.

$$z = \frac{p - P}{\sqrt{\frac{P(1-P)}{n}}} \quad (9)$$

La regla de decisión

Para el nivel de significancia $\alpha = 0.05$, el punto crítico para rechazar H_0 en los tres casos, será $z_{\alpha=0.05} = 1.65$. Entonces, la regla de decisión será, rechazar H_0 si $z > 1.65$ y de esa forma se concluirá que la proporción correspondiente a cada aspecto es significativamente mayor que la mayoría. Por otro lado, si $z \leq 1.65$, la conclusión sería que la proporción no es significativamente mayor que la mitad.

Resultados y discusión

En la tabla 1, se muestran los valores de z para cada una de las tres proporciones, así como el valor crítico, nivel de significancia y valor p para cada una de las tres proporciones calculadas y puestas a prueba.

Aspecto	***z***	***Valor P***	***Nivel de significancia***	***Punto crítico***
La proporción de personas que presentan indicios de una mentalidad discriminatoria.	2.55	0.0054		
La proporción de sujetos que han sido víctima de discriminación de género	2.04	0.0207		
			0.05	1.65
La proporción de personas que han visto afectada su productividad laboral cuando han sido discriminados o cuando han presenciado discriminación de género hacia compañeras de trabajo.	1.74	0.0409		

Tabla 1. Resumen de las pruebas estadísticas para los tres aspectos a evaluar

Para las tres proporciones se rechaza la hipótesis nula H_0, es decir, se concluye que las proporciones de los tres aspectos es significativamente mayor que 0.50, eso quiere decir que la proporción de personas que presentan indicios de una mentalidad discriminatoria, la proporción de mujeres que han sido víctima de discriminación de género y la proporción de personas que han visto afectada su productividad laboral cuando han sido discriminados o cuando han presenciado discriminación de género hacia compañeras de trabajo es significativamente mayor que la mitad. Sin embargo, cerca del 100% de todos los cuestionados creen que no debe de existir diferencia entre los derechos y oportunidades laborales de hombres y mujeres, esto sin considerar los derechos laborales que las mujeres poseen por cuestiones biológicas, tales como la incapacidad por maternidad o las horas de lactancia. Por tanto, los participantes no consideran que el sexo debe de ser motivo para hacer una diferenciación entre hombres y mujeres respecto a los derechos laborales.

Las mujeres consideran a los hombres como mejores compañeros en el área de servicio, y prefieren tener a hombres como compañeros de trabajo en general pues tienen esta inclinación

porque piensan que es más fácil llevar una buena relación con ellos por considerarlos más eficientes y menos conflictivos que las mismas mujeres, esta conclusión podría hacernos asumir que las propias mujeres manifiestan indicios de discriminación entre ellas. También se encontró que aquellos hombres que prefieren tener a mujeres como jefas, refirieron que es así porque las consideran menos estrictas. Por otro lado, cuando se trata de a qué sexo se considera mejor como jefe en el área, aquellos que se decantaron por los hombres comentaron que consideran que éstos son mejores para dar órdenes y son más firmes. Los que seleccionaron a las mujeres, en general lo hicieron por considerarlas más eficientes en el cargo.

De todas las personas cuestionadas, 60% refirió que durante sus últimos 5 años laborando dentro del área de servicios, no han sido víctimas de discriminación alguna. El resto de las personas sí reportaron haber sufrido discriminación, siendo la más recurrente hacia los hombres la discriminación por edad y hacia las mujeres la discriminación por edad y por sexo en igual proporción, lo cual evidencia que las mujeres enfrentan con mayor frecuencia el fenómeno de la discriminación.

Todo esto hace evidente que las mujeres perciben la inexistencia de un trato igualitario hacia ambos sexos en el trabajo, siendo los hombres los que resultan más beneficiados con esta disparidad. Asimismo, los hombres reconocen que existe esta situación, sin embargo, no la perciben de la misma forma que las mujeres.

En resumen, la mayoría de las personas participantes refieren no haber sido beneficiadas o perjudicadas por su sexo al momento de laborar en el área de servicios en sus empresas. Sin embargo, gran parte de los que reportaron una situación contraria a esta tendencia fueron las mujeres, siendo aún más importante destacar que éstas fueron las únicas que reconocieron haber sido obstaculizadas por su sexo. Por lo tanto, se puede afirmar que las mujeres enfrentan más dificultades para integrarse o para desarrollarse dentro de una de las áreas operativas las organizaciones prestadoras de servicios. 55% de las mujeres participantes y 37% de los hombres, refirieron haber presenciado discriminación de género hacia alguna de sus compañeras de trabajo, de estos porcentajes, 20 mujeres, reportan que se han visto afectadas en su productividad laboral cuando una compañera ha sufrido este fenómeno, mientras que sólo 6 hombres concuerdan con lo mismo.

A los participantes también se les inquirió qué medidas tomaron cuando presenciaron discriminación de género hacia a alguna de sus compañeras de trabajo, refiriendo la mayoría haber hablado con algún superior respecto a la situación, sin que esto fuera de utilidad. Este último punto puede tornarse de gravedad en algunos casos pues debido al mal manejo de la situación por parte de los superiores, la discriminación de género hacia la mujer se puede normalizar dentro del área de trabajo, ocasionando que las relaciones laborales se deterioren y consigo el ambiente laboral, así como la productividad. Resultando incluso y como se muestra más adelante, en la pérdida de personal.

Finalmente, 38% de las mujeres participantes que han sufrido discriminación de género, han abandonado su empleo por tal motivo; mientras que sólo 1 hombre refiere haberse separado de su empleo por la misma razón. Respecto a lo que los afectados hicieron cuando fueron discriminados por motivos de género, están: hablar con algún jefe para que mediara la situación, demostrar que tenían la capacidad suficiente para laborar en el área de cocina o probar que podían cumplir con sus responsabilidades dentro del área. Estas últimas respuestas sugieren que la discriminación de género tuvo lugar debido a que no se consideró al afectado apto para realizar alguna tarea.

Lo que se debe puntualizar tanto en las personas discriminadas como los observadores analizados es que en ambos casos, cuando las personas han presenciado discriminación de género y cuando han sido víctimas de discriminación de género, se ha reportado un impacto negativo en la productividad laboral, lo cual puede derivar en consecuencias desfavorables para las empresas pues algunos empleados reducirán su rendimiento, incumpliendo así con sus responsabilidades o

realizándolas de manera insatisfactoria, generándose así un déficit en las operaciones de toda la empresa o de determinadas áreas de la misma.

Asimismo, la discriminación de género en el lugar de trabajo también puede conducir a la víctima a separarse de su empleo. Con todo lo anterior, se puede concluir que debería ser importante para las empresas de servicios y también para las que no son de este giro, atender este tipo de problemáticas ya que no solo deterioran a la víctima de manera personal, sino que la perjudican profesionalmente; mientras que el ambiente de trabajo y las relaciones interpersonales de los empleados también sufren un impacto negativo.

Trabajo a futuro

En esfuerzos posteriores, la investigación se hará extensiva a otras regiones del Estado de México y a empresas de otros sectores productivos y diversas industrias. Se realizará un análisis correlacional entre los factores que indican la presencia de un ambiente de discriminación en las organizaciones y las causas de discriminación, se analizarán las interacciones de estas variables para detectar si existe una diferencia significativa entre hombres y mujeres que sufren de discriminación laboral. Los factores a considerar son, los niveles de salario, las oportunidades de empleo, las oportunidades de crecimiento en el trabajo, el acoso laboral y el acoso sexual, mientras que las causas de discriminación a analizar serán, la edad, el grupo étnico de pertenencia, la experiencia laboral y el puesto a ocupar, finalmente la variable a explicar será el genero, dividido en hombres y mujeres.

Conclusiones

Se confirmó que existe una relación entre la discriminación de género hacia la mujer y la productividad laboral. Parte de las participantes de la muestra que aseguraron haber sido víctimas de discriminación de género dentro del área de empresas prestadoras de servicios, reportaron que su productividad laboral fue afectada negativamente por tal situación. De igual manera, se encontró que también existe una repercusión negativa en la productividad laboral de las personas que han presenciado discriminación de género hacia alguna compañera de trabajo.

De acuerdo con los resultados del instrumento aplicado, este impacto en la productividad laboral puede ser tal que orille a las personas a renunciar a su empleo, así como lo han hecho algunos de los participantes cuestionados. Esta situación representa un problema en 2 frentes: primero para el individuo, pues se puede ver afectado a nivel emocional y por supuesto a nivel económico, debido a lo que representa abandonar un empleo; y segundo, para la empresa misma, ya que la falta de uno o más empleados resultaría en fallas o retrasos en su operatividad además de la posible generación de gastos en reclutamiento y capacitación, sin dejar de mencionar que la presencia de discriminación de género en el lugar puede escalar a tal grado que se generen problemas mayores.

Referencias

[1] O. Herrbahc y K. Mignonac, “Perceived Gender Discrimination and Women’s Subjective Career Success: The Moderating Role of Career Anchors”, *Journal of Industrial Relations,* Vol. 67, no. 1, pp. 25-50, 2012.

[2] J. R. Lucas, “Discrimination and irrelevance”, *Proceedings of the Aristotelian Society,* Vol. 86, pp. 307-324, 1985.

[3] A. Oakley, “Sex, Gender and Society”, New York, Harper and Row, 1972, .

[4] J. Lorber y S. A. Farrell, “The social construction of gender”, Newbory Park, CA: Sage, 1991, pp. 13-37

[5] A. Saldivar Garduño, R. Díaz Loving, N. E. Reyes Ruiz, C. Armenta Hurtarte, F. López Rosales, M. Moreno López, A. Romero Palencia, J. E. Hernández Sánchez, M. Domínguez Guedea, “Roles de Género y Diversidad: Validación de una Escala en Varios Contextos Culturales”, *Acta de Investigación Psicológica - Psychological Research Records*, vol. 5, núm. 3, pp. 2124-2148, 2015

[6] C. Bunch, “Women´s rights as human rights: Toward a re-vision of human rights”, *Human rights quarterly*, no. 12, pp. 468-498, 1990.

[7] H. Tajfel, “Experiments in intergroup discrimination”, *Scientific American*, Vol. 223, No. 5, pp. 96-103, 1970.

[8] M. J. Fregoso y M. A. Gutiérrez, “Psicología básica”, México, Edere, (2001).

[9] A. Mummendey y M. Wenzel, “Social Discrimination and Tolerance in Intergroup Relations: Reactions to Intergroup Difference”, *Personality and Social Psychology Review,* Vol. 3, No. 2, pp. 158-174, 1999.

[10] A. Alesina, P. Giuliano y N. Nunn, “On the Origins of Gender Roles: Women and the Plough”, *The Quarterly Journal of Economics,* Vol. 128, No. 2, pp. 469-530, 2013.

[11] L. Benería, “Reproduction, production and the sexual división of labour”, *Cambridge Journal of Economics,* Vol. 3, pp. 203-225, 1979.

[12] A. J. Martin “The Role of Positive Psychology in Enhancing Satisfaction, Motivation, and Productivity in the Workplace”, *Journal of Organizational Behavior Management,* Vol. 24, No. 1-2, pp. 113-133, 2008.

[13] Z. A. Channar, Z. Abbassi y I. A. Ujan, “Gender Discrimination in Workforce and its Impact on the Employees”, *Pakistan Journal of Commerce and Social Sciences,* Vol. 5, No. 1, pp. 177-191, 2011.

[14] D. C. Montgomery y G. C. Runger, “Applied Statistics and Probability for Engineers”, Third edition, USA, Wiley 2003.

[15] K. Pearson, “On Lines and Planes of Closest Fit to Systems of Points in Space”, *Philosophical Magazine*, pp. 559-572, 1901.

[16] A. Gaye, J. Klugman, M. Kovacevic, S. Twigg y E. Zambrano “Measuring Key Disparities in Human Development: The Gender Inequality Index”, *United Nations Development Programme Human Development Reports*, No. 46, pp. 1-37, 2010.

[17] J. A. Gliem y R. R. Gliem, “Calculating, Interpreting, And Reporting Cronbach’s Alpha Reliability Coefficient For Likert-Type Scales”,

[18] J. R. Santos “Cronbach's Alpha: A Tool for Assessing the Reliability of Scales”, *The Journal of extensión,* Vol. 37, No. 2, pp. 297-334, 1999.

[19] P. Cozby, “Métodos de Investigación del Comportamiento”, México, McGraw Hill, 2005.

[20] A. Campo y H. Celina, “Aproximación al uso del coeficiente Alfa de Cronbach”, *Revista Colombiana de Psiquiatría*, Vol. 36, No.4, pp. 572 – 580, 2005.

Análisis del Rendimiento del IPC y el Tipo de Cambio peso/dólar en 2019

B. I. Pérez Méndez[1], G. L. Martel Campos[1], A. Martín Rodríguez[1],V. Guzmán Díaz de León[2], M. R. Esparza Durón[1].*
[1]Departamento de Finanzas, Universidad Autónoma de Aguascalientes, Av. Universidad 940, Ciudad Universitaria, C.P. 20131, Aguascalientes, Ags., México
[2]Departamento de Contaduría, Universidad Autónoma de Aguascalientes, Av. Universidad 940, Ciudad Universitaria, C.P. 20131, Aguascalientes, Ags., México
**brenda.perez@edu.uaa.mx*

***Área de participación**: Ingeniería Administrativa*

Resumen

Introducción. La segunda bolsa de valores más grande en América Latina es la Bolsa Mexicana de Valores con una capitalización de mercado superior a 530 mil millones de dólares, donde el Índice de Precios y Cotizaciones conocido como IPC es su principal índice bursátil, permitiendo monitorear el comportamiento del mercado accionario mexicano [1] **Objetivo.** Analizar el rendimiento diario del IPC y el rendimiento diario del tipo de cambio peso/dólar en 2019 **Metodología.** Cuantitativa de tipo longitudinal mediante la determinación del rendimiento diario del IPC y el rendimiento diario del tipo de cambio peso/dólar en 2019 **Resultados.** Se obtuvieron 249 observaciones, se obtuvo su línea de tendencia, sus valores máximo, mínimo, promedio y desviación estándar **Conclusiones.** Se observó que las líneas de tendencia del IPC y el tipo de cambio peso/dólar en 2019 fueron opuestas entre sí y que los rendimientos porcentuales de ambos instrumentos oscilaron entre -2.2836% y 3.0118%.

***Palabras clave**: Rendimiento, IPC y Tipo de cambio peso/dólar.*

Abstract

***Introduction.** The second largest stock exchange in Latin America is the Mexican Stock Exchange with a market capitalization over 530 Billion dollars, where the IPC is its main stock index, allowing to monitor the behavior of the Mexican stock market [1] **Objective**. Analyze the daily yield of the IPC and the daily yield of the peso/dollar exchange rate in 2019. **Methodology** quantitative, of longitudinal type by determining the daily yield of the IPC and the daily yield of the peso/dollar exchange rate in 2019**. Results** 249 observations were obtained, their trend line, their maximum, minimum, average and standard deviation values were obtained. **Conclusions.** It was observed that the trend lines of the IPC and the peso/dollar exchange rate in 2019 were opposite to each other and that the percentage yield of both instruments ranged between -2.2836% and 3.0118%.*
.

***Key words**: Yield, IPC and peso/dollar exchange rate*

Introducción

Las bolsas de valores a nivel mundial funcionan bajo un dinámica de mercado, en el cual tienen interacción tanto oferentes como demandantes, los cuales influyen en el comportamiento de los precios. En este contexto, de acuerdo con Sánchez [1] la segunda bolsa de valores más grande en América Latina es la Bolsa Mexicana de Valores con una capitalización de mercado superior a 530 mil millones de dólares, donde el Índice de Precios y Cotizaciones conocido como IPC es su principal índice bursátil, permitiendo monitorear el comportamiento del mercado accionario mexicano.

De acuerdo con S&P Dow Jones Índices [2] el universo elegible del S&P/BMV IPC se compone de todas las series accionarias listadas en la Bolsa Mexicana de Valores, excepto las FIBRAS, FIBRAS

 ISSN 2007-8102

E y los Fideicomisos Hipotecarios. Considerando como universo de selección a las series accionarias que cumplan con los siguientes criterios a la fecha de referencia de reconstrucción del índice: 1. tener un factor de acciones flotantes de al menos 0.10; 2. un valor de capitalización de mercado flotante de al menos 10, 000 millones de pesos mexicanos; 3. un historial de operación de al menos 3 meses de operación en Bolsa, contar con un 95% de días operados en los últimos 6 meses, 4. en el caso de que una compañía cuente con más de una serie accionaria que cumpla con los criterios anteriores, se elegirá la serie accionaria más líquida a la fecha de referencia de la reconstrucción del índice de acuerdo al Factor de la Mediana del Importe Operado de los 6 meses previos.

Posteriormente se evalúa con base en criterios de liquidez, que la serie accionaria cuente con una Mediana del Valor Diario de Transacciones de al menos 50 millones de pesos mexicanos, durante los 3 a 6 meses previos, que las acciones tengan un factor de la Mediana del Importe Operado anualizado de al menos 25% durante los periodos de 3 a 6 meses previos, además los componentes vigentes del índice continúan siendo elegibles para permanecer en el si su Mediana del Importe Operado anualizado es de al menos del 15% durante los 3 y 6 meses previos. Por último, el índice es ponderado en función del esquema de Ponderación por Capitalización de Mercado ajustada por flotación, considerando que ninguna de las series accionarias tenga una ponderación superior al 25% del índice y que la ponderación acumulada de las cinco series accionarias más grandes no exceda del 60% en el índice, cabe señalar que actualmente los 10 componentes principales por ponderación de la muestra del índice S&P/BMV IPC se integra por las siguientes emisoras: AMX, BIMBO, CEMEX, ELEKTRA, FEMSA, GAP, GFNORTE, GMEXICO, TLEVISA y WALMEX como se observa en la Figura 1, destacando que el rebalanceo de este índice es reconstruido dos veces al año cuya fecha efectiva es después del cierre de mercado del tercer viernes de junio y diciembre, en donde la fecha de referencia de cada reconstrucción es el último día hábil de los meses de abril y octubre respectivamente y que las acciones en el índice se calculan considerando los precios de cierre de los 7 días hábiles previos a la fecha efectiva del rebalanceo [2] y [3].

EMISORA	SERIE	HORA	ÚLTIMO	PPP	ANTERIOR	MÁXIMO	MÍNIMO	VARIACION %	VARIACION PTOS.	NÚMERO DE OPERACIONES	VOLUMEN ACUMULADO	IMPORTE ACUMULADO
GAP	B	15:10	171.28	171.53	166.46	172.34	165.05	3.05	5.07	3398	628,656	106,734,863.9
TLEVISA	CPO	15:10	27.83	27.93	27.34	28.14	27.08	2.16	0.59	3827	2,075,241	57,588,234.98
GMEXICO	B	15:10	58.79	58.75	57.52	59.26	57.53	2.14	1.23	14570	9,362,609	550,673,102.91
AMX	L	15:10	13.81	13.82	13.56	13.91	13.47	1.92	0.26	14451	23,193,114	319,455,629.65
FEMSA	UBD	15:10	128.78	128.73	128.59	129.77	127.85	0.11	0.14	5323	1,502,469	193,504,707.66
GFNORTE	O	15:10	78.08	78.31	78.37	78.79	77.61	-0.08	-0.06	8878	4,589,883	358,864,927.36
ELEKTRA	*	15:10	1194.61	1190.58	1192.69	1194.62	1184.46	-0.18	-2.11	2256	32,145	38,197,942.78
WALMEX	*	15:10	54.4	54.34	54.84	54.9	54.23	-0.91	-0.5	19867	8,324,325	454,782,108.53
CEMEX	CPO	15:10	7.38	7.38	7.56	7.63	7.33	-2.38	-0.18	8165	13,154,201	98,079,982.9
BIMBO	A	15:10	41.93	41.97	43.03	42.9	41.85	-2.46	-1.06	7696	1,581,271	66,828,178.18

Figura 1.Ccomponentes principales por ponderación de la Muestra del Índice S&P/BMV IPC. Fuente: Bolsa Mexicana de Valores [3]

De acuerdo con Pérez-Laurrabaquio [4] la autonomía constitucional del banco central en México, así como la libre flotación del tipo de cambio a partir de 1994 permitieron la adopción de metas inflacionarias llegando al objetivo actual de 3% +/- 1%, utilizando para su medición el Índice Nacional de Precios al Consumidor conocido por sus siglas como INPC, destacando que existe relación entre el tipo de cambio y la tasa de inflación, lo que implica en términos de intercambio que una moneda depreciada mejora los términos de intercambio de la economía doméstica a costa del aumento en el nivel general de precios, mientras que una moneda apreciada generaría el efecto inverso en la economía, concluyendo en su investigación que el éxito de las metas de inflación en México es moderado al obtener un resultado del 45%, ya que a comparación de los países que se analizaron en la muestra incluyendo a Brasil, Guatemala, Chile, Colombia y Perú, México tiene una mayor efectividad en el cumplimiento de sus estrategias que implica una tasa de interés relativamente estable y descendiente, mientras que su política monetaria no tiene los resultados esperados en el estímulo de su actividad económica, con una sobresaliente depreciación del tipo de cambio y escasas apreciación en el cumplimiento de metas de inflación, mostrando evidencia de un sistema híbrido, en donde la tasa de interés nominal y las apreciaciones del tipo de cambio real tienen como principal objetivo la estabilización de la inflación como meta [4], [5], [6] y [7].

Por lo anterior se planteó como **objetivo** de investigación analizar el rendimiento diario del IPC y el rendimiento diario del tipo de cambio peso/dólar en 2019 **Limitaciones:** Entre las principales limitaciones de la presente investigación se encuentra ampliar el periodo de tiempo del análisis de los datos, además de analizar el rendimiento del IPC y el tipo de cambio peso/dólar con otras variables económicas y financieras nacionales e internacionales.

Metodología

Cuantitativa de tipo longitudinal, que de acuerdo con Hernández, Fernández y Baptista [8] el interés de este tipo de investigación es analizar los cambios en el tiempo de determinadas categorías conceptos, sucesos, variables, contextos, comunidades o sus relaciones entre éstas, a través de la recolección de datos a través del tiempo en puntos o periodos para hacer inferencias con respecto a los cambios observados, sus determinantes y consecuencias, especificando de antemano el periodo de tiempo del análisis. Por lo anterior, en la presente investigación se llevó a cabo el análisis y determinación del rendimiento diario del IPC y el rendimiento diario del tipo de cambio peso/dólar en 2019.

Base de Datos

Los datos analizados en la presente investigación se obtuvieron de la plataforma profesional Infosel Financiero [9] versión 10, la cual provee información bursátil en tiempo real e histórico de mercados nacionales e internacionales, analizando el precio de cierre diario del Índice de Precios y Cotizaciones de la Bolsa Mexicana de Valores conocido como IPC y el tipo de cambio (dólar fix) para solventar obligaciones en moneda extranjera pagaderas en México con una periodicidad diaria, en ambos casos se obtuvieron 249 observaciones al seleccionar como periodo del análisis del 02 de Enero al 31 de Diciembre de 2019.

Análisis de los datos

El análisis de los datos se realizó en el programa de Excel de Microsoft Office 365 [10] donde se obtuvo mediante un gráfico combinado la tendencia del IPC y el tipo de cambio peso/dólar en 2019 a partir de los 249 datos históricos diarios del 02 de Enero al 31 de Diciembre de 2019 del IPC y el tipo de cambio (dólar fix) para solventar obligaciones en moneda extranjera pagaderas en México que se muestra en la figura 1. Posteriormente, se determinó el rendimiento diario en términos porcentuales del IPC y el tipo de cambio (dólar fix) para solventar obligaciones en moneda extranjera pagaderas en México a partir de los 249 datos históricos diarios comprendidos del 02 de Enero al 31 de Diciembre de 2019 obteniendo 248 rendimientos en ambos casos, cuyas gráficas se muestran en las figura 2 y 3.

 ISSN 2007-8102

Resultados y discusión

Análisis y discusión de Resultados

En la Figura 2 se observa la tendencia de los 249 datos históricos diarios comprendidos del 02 de Enero al 31 de Diciembre de 2019 que para el IPC se muestra en la línea de color naranja y la tendencia del tipo de cambio peso/dólar en 2019 representada por las barras en color azul; se destaca que ambas tendencias por lo general fueron opuestas entre sí, lo que implica que al subir el precio del tipo de cambio, en general bajó el precio de cierre del IPC de la Bolsa Mexicana de Valores.

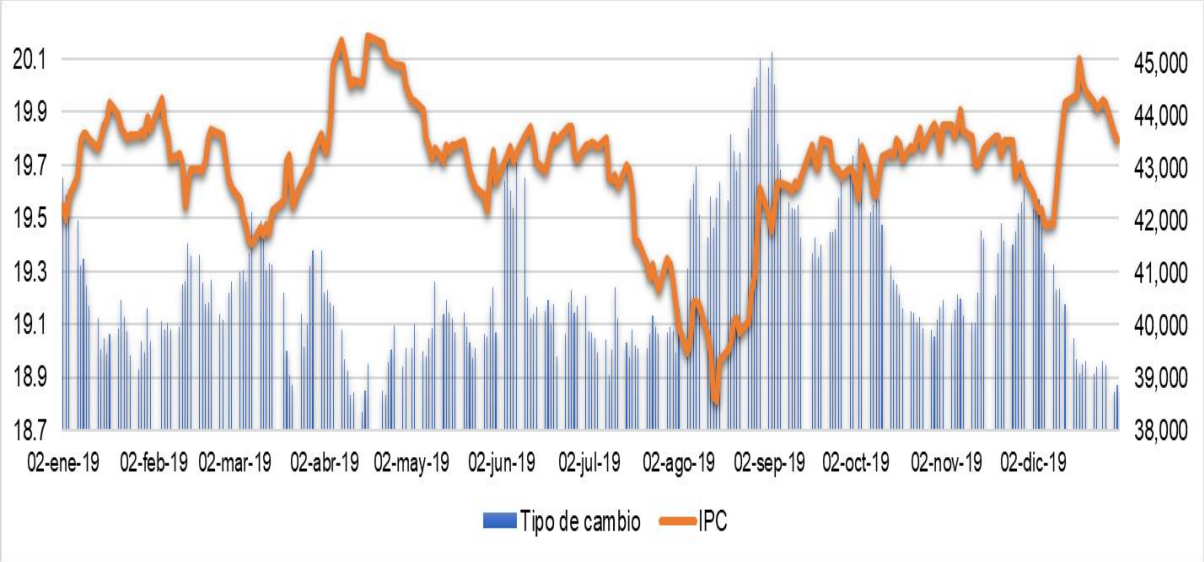


Figura 2. Tendencia del IPC y el Tipo de Cambio peso/dólar en 2019. Fuente: Elaboración propia.

Mientras que en la Figura 3 se muestra el comportamiento de los rendimientos diarios del IPC del 02 de Enero al 31 de Diciembre de 2019, observando que el rendimiento mínimo fue de -2.2174% el 22 de marzo y el rendimiento máximo fue de 2.4522% el 13 de diciembre, con un rendimiento promedio de 0.0153% y una desviación estándar o volatilidad del 0.8194%.

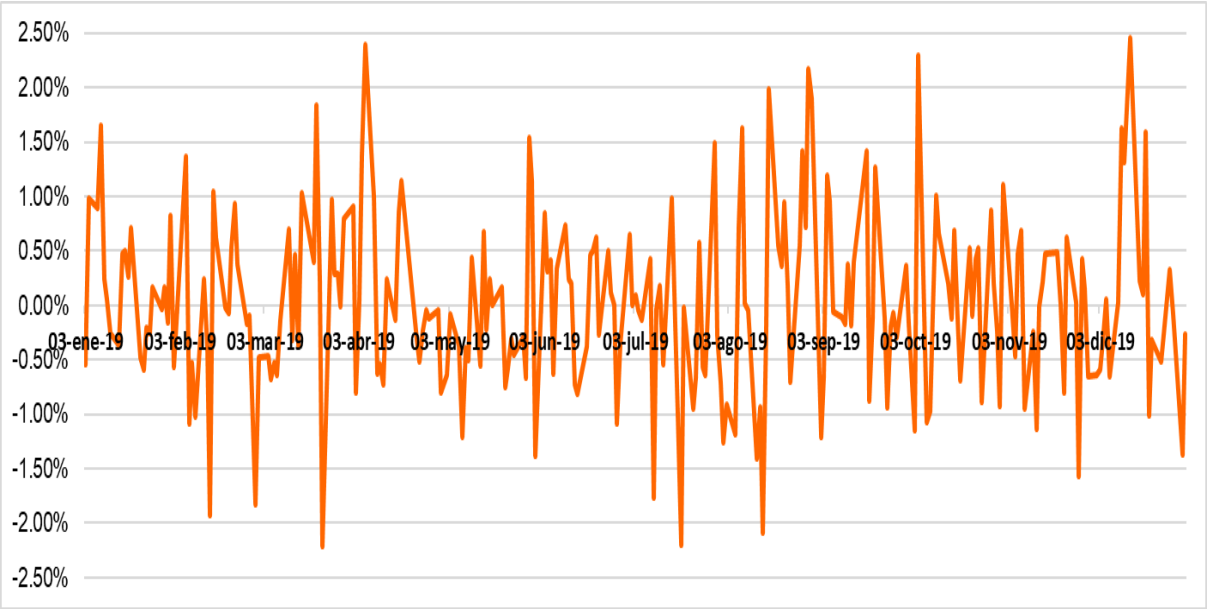


Figura 3. Rendimiento diario del IPC en 2019. Fuente: Elaboración propia.

 ISSN 2007-8102

En la Figura 4 se observa el comportamiento de los rendimientos diarios del tipo de cambio peso/dólar del 02 de Enero al 31 de Diciembre de 2019, observando que el rendimiento mínimo fue de -2.2836% el 03 de junio y el rendimiento máximo fue de 3.0118% el 11 de junio, con un rendimiento promedio de -0.0149% y una desviación estándar o volatilidad del 0.5286%.

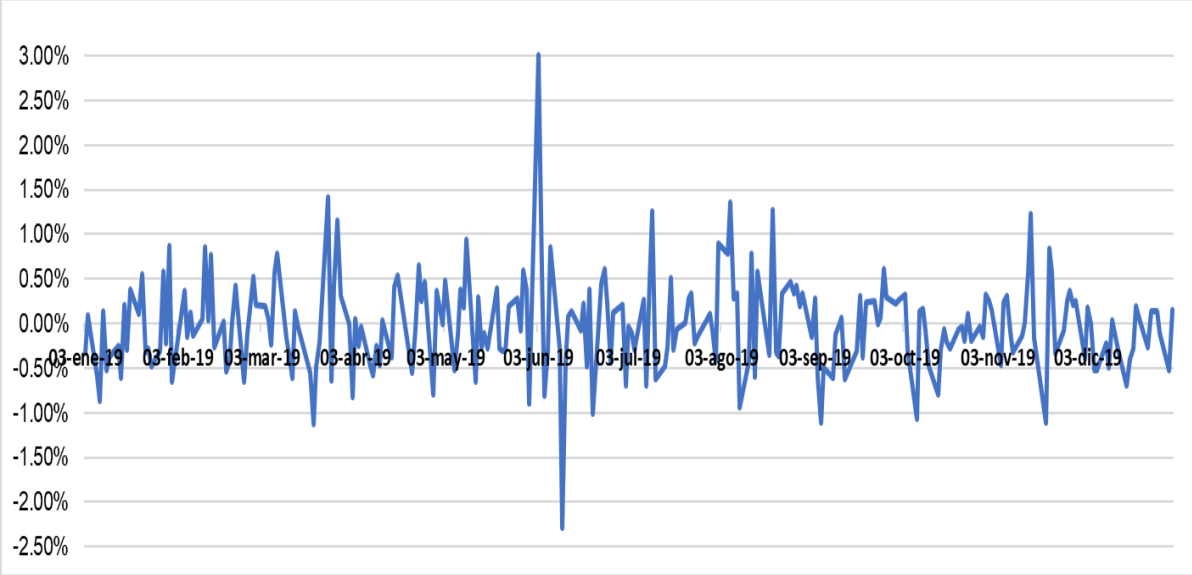


Figura 4. Rendimiento diario del Tipo de Cambio peso/dólar en 2019. Fuente: Elaboración propia.

Trabajo a futuro

En futuros trabajos de investigación se recomienda analizar el rendimiento, volatilidad y tendencia del IPC y el tipo de cambio ampliando el periodo de tiempo de análisis y comparar sus resultados con otras variables económicas y financieras nacionales e internacionales.

Conclusiones

Finalmente y de acuerdo con el objetivo de investigación analizar el rendimiento diario del IPC y el rendimiento diario del tipo de cambio peso/dólar en 2019 se concluye que como se observó en la Figura 2 la tendencia de los datos históricos diarios del precio de cierre del IPC y el tipo de cambio (dólar fix) para solventar obligaciones en moneda extranjera pagaderas en México con una periodicidad diaria del 02 de Enero al 31 de Diciembre de 2019 fueron opuestas entre sí, por lo que al subir el precio del tipo de cambio peso/dólar, se observó en término generales un descenso en el precio de cierre del IPC de la Bolsa Mexicana de Valores, mientras que en la Figura 3 se observó que el rendimiento diario del IPC osciló entre -2.2174% y 2.4522%, que en promedio representa un rendimiento del 0.0153%, con una volatilidad del 0.8194%, en tanto que la Figura 4 mostró que el rendimiento diario del tipo de cambio peso/dólar fue desde -2.2836% hasta 3.0118%, que en promedio representa un rendimiento -0.0149%, con una volatilidad del 0.5286%, por lo tanto los rendimientos diarios en promedio de ambas variables fueron cercanas al 0%, lo que implica que en ambos casos los rendimientos diarios obtenidos de un día para el otro tuvieran baja volatilidad o poca variación en términos generales del 02 de Enero al 31 de Diciembre de 2019, lo anterior coincide con las investigaciones de Pérez-Laurrabaquio [4], Pontines y Siregar [5],[6] y Libman [7] al observar que una moneda depreciada mejora los términos de intercambio de la economía doméstica consistentemente con los resultados obtenidos en la Figura 2, además de destacar en sus investigaciones la depreciación del tipo de cambio en México y su escasa apreciación en búsqueda del cumplimiento de metas de inflacionarias bajas consistentemente con los resultados obtenidos en las Figuras 3 y 4.

Referencias

[1] M. G. Sánchez Trujillo, "Estudio del comportamiento del Índice de Precios y Cotizaciones y Emisoras en México," *Boletín Científico de la Escuela Superior Tepeji del Río*, no. 11, pp. 6-8, 2019. https://repository.uaeh.edu.mx/revistas/index.php/tepexi/article/view/3818/6005

[2] S&P Dow Jones Índices. (2020, Ago 17). S&P/BMV Índices Metodología. [Online]. Recuperado de https://espanol.spindices.com/documents/methodologies/methodology-sp-bmv-indices-spanish.pdf?force_download=true

[3] Bolsa Mexicana de Valores. (2020, Ago 10). Muestra del Índice S&P/BMV IPC. [Online]. Recuperado de https://www.bmv.com.mx/es/indices/principales/

[4] O. Pérez-Laurrabaquio,"Política monetaria de economías abiertas: el rol del tipo de cambio en México," Revista de Análisis Económico, vol. 35 no.1 pp.27-53, Abril 2020.

[5] V. Pontines y R. Siregar. "Exchange rate asymmetry and flexible exchange rates under inflation targeting regimes: evidence from four East and Southeast Asian countries" Review of International Economics, vol. 20 no. 5 pp. 893-908, Octubre 2012.

[6] V. Pontines y R. Siregar. "Do Asiand countries fear appreciation against the renminbi?. En Corbett, J. y Xu, Y. (Eds.) Rebalancing economies in financially integrating East Asia. Ed.Routledge-ERIA Studies in Development Economics. Abingdon y Nueva York, pp75-101, 2015.

[7] E. Libman. "Politica monetaria y cambiaria asimétrica en países latinoamericanos que usan metas de inflación" Revista CEPAL, no. 125, pp. 29-46 Agosto, 2018.

[8] R. Hernández Sampieri, C. Fernández Collado y M. P Baptista Lucio, *Metodología de investigación.*5°ed. México D.F.: Mc Graw Hill, 2010. pp. 158

[9] Infosel Financiero (2020, Ago 02). Infosel Financiero. [Online] Recuperado de https://www.infosel.com/nuestros-productos/infosel-financiero/

[10] Microsoft Office. (2020, Ago 07). Office 365. [Online] Recuperado de https://www.office.com/

Clima Organizacional bajo el Modelo Litwin y Stringer, Perspectiva Psicosocial en CIES A.C.

E.E. Díaz López[1], J.A. Bañuelos Arcos[2], E.R. Poblano Ojinaga[3], R. Reyes Valenzuela[4], J. Alanís Villaseñor[5].*

Tecnológico Nacional de México, Universidad 1200, Col. Xoco. Del. Benito Juárez. CP. 03330 Cd. de México, [1,3,4,5] Mercadeo en Empresa Líder Nacional en Tiendas de Conveniencia, Thomas Alva Edison N. 1235, Col Industrial, C.P. 64480, Nuevo León, Monterrey[2]
psic.erandy@hotmail.com

***Área de Participación**: Ingeniería Administrativa*

Resumen

El presente trabajo consiste en un diagnóstico con perspectiva psicosocial del Clima Organizacional, bajo el Modelo Litwin y Stringer en una Institución Educativa de Posgrado, se desarrolla una síntesis de los enfoques del concepto de C.O., así como algunos factores. Mediante la aplicación de una encuesta tipo Likert a los colaboradores, se obtiene información que cumple con el objetivo de retroalimentar a la dirección, permitiéndoles conocer la percepción que los individuos tienen de lo que "Se es", "Se hace" y "Se espera" en la institución, identificando un alto sentido de pertenecía y cooperación entre los miembros del equipo, se recomienda: Implementar la formación y el desarrollo profesional mediante un programa de capacitación; una metodología de reuniones efectivas para fortalecer la comunicación asertiva y disminuir la burocracia, así como un programa de incentivos que incluya motivación intrínseca y extrínseca, finalmente fomentar una cultura de la evaluación sobre su desempeño.

***Palabras clave**: Clima Laboral, Modelo Litwin y Stringer, Psicosocial.*

Abstract

The present work consists of a diagnosis with a psychosocial perspective of the Organizational Climate, under the Litwin and Stringer Model in a Graduate Educational Institution, a synthesis of the approaches to the concept of OC is developed, as well as some factors. Through the application of a Likert-type survey to employees, information is obtained that meets the objective of providing feedback to management, allowing them to know the perception that individuals have of what "It is", "It is done" and "It is expected. "In the institution, identifying a high sense of belonging and cooperation among team members, it is recommended: Implement training and professional development through a training program; an effective meeting methodology to strengthen assertive communication and reduce bureaucracy, as well as an incentive program that provide intrinsic and extrinsic motivation, finally fostering a culture of performance evaluation.

***Key words**: Work Climate, Litwin and Stringer Model, Psychosocial.*

Introducción

El artículo inicia con un bosquejo sobre el desarrollo, los factores que influyen, así como características del concepto de clima organizacional, y las aportaciones a las organizaciones hoy en día. Hace hincapié en el Modelo de Litwin y Stringer, considerando los factores tangibles de las organizaciones como su estructura y administración; además de los factores intangibles como el desarrollo de la personalidad e identidad de los individuos, la motivación, los estilos de liderazgo, etcétera.

La percepción es un concepto clave para comprender la medición del clima laboral, está relacionada con lo que un individuo piensa, siente y cómo se comporta en función a una situación, persona, objeto, símbolo o institución. La percepción implica conocer los significados que las personas tienen sobre el mundo, por lo consiguiente, para medir la percepción se requiere cuantificar las conductas mediante técnicas, dispositivos grupales e instrumentos, los cuales permitan recolectar información cuantitativa y cualitativa sobre el fenómeno del clima organizacional.

El concepto es abordado inicialmente por la Sociología de las Organizaciones, teniendo como objeto de estudio la dinámica que se genera en la socialización del entorno; dicha dinámica genera condiciones y problemáticas recurrentes que se gestan en los grupos, como lo son: comunicación formal e informal, la integración, cohesión, capacidad adaptativa, resiliencia, las relaciones de poder, la formación del vínculo y las patologías.

Morgan [1] propone una matriz de lectura para comprender mejor las organizaciones mediante la utilización de metáforas. Es decir, la organización puede ser analizada como un: organismo, un cerebro, un sistema político, un instrumento o máquina, una cultura o una prisión.

Los primeros estudios se enfocaron en los tipos de industrias y en las burocracias, desde un enfoque legal e ingenieril, y surgieron en Alemania con los trabajos de Max Weber, con aportaciones mayormente teóricas sobre la burocracia de las organizaciones; en Estados Unidos, Frederick Taylor centra su estudio en la optimización y racionalización de la producción; y en Francia, Henri Fayol se interesa en los diferentes estilos de administración.

Otros enfoques fueron las contribuciones de la Psicología Social y Psicología Organizacional, las cuales se centraron en factores tanto psicológicos como contextuales. Gellerman [2] habla de los factores organizacionales y de los factores subjetivos en 1960; Robbin[3] en el año 1999, señala que el clima organizacional es en gran parte la suma del carácter en los individuos, el cual tiene un desarrollo basado en el aprendizaje y el comportamiento social; Ouchi [4] en 1986, afirma que las tradiciones se replican en diversos escenarios, y que dichas prácticas forman el clima laboral como elementos de la misma cultura. Finalmente están los enfoques Socio-Políticos, y los enfoques de Dirección de Empresas y Economía de las Organizaciones [5].

Al analizar los antecedentes del concepto se identifica que las aportaciones se centran más en aspectos metodológicos que en su conceptualización, permitiendo su comprensión como un concepto multisémico que comparte tres características: la percepción social del individuo, el impacto de la dinámica geogrupal, y factores físicos e intangibles del contexto organizacional. Para García [6] esa percepción afecta las relaciones del comportamiento de los empleados, en su personalidad, y por tanto, en el desempeño.

Llanet en [5] concluye que “el clima laboral es la percepción y valoración en un momento dado por parte de los trabajadores de determinados elementos de la cultura de una empresa. El comportamiento de un trabajador no es una resultante de las condiciones de trabajo existentes, sino que depende de la percepción que tenga el trabajador de estos factores, y está relacionado por lo tanto con la interacción entre características personales y organizacionales”.

Para cumplir con una retroalimentación asertiva a la hora de medir el clima laboral, y presentar un diagnóstico, es necesario la selección estratégica de las dimensiones a medir, de forma que eso le sea útil a la empresa para gestionar el cambio organizacional.

En la revisión se encuentran tres estrategias aplicadas para la medición: la observación, los dispositivos grupales para recabar información cualitativa, y la aplicación de encuestas, escalas y cuestionarios para los datos cuantitativos.

La información obtenida de las estrategias antes mencionadas debe ser de calidad, tener experiencia en la aplicación, y ocupar instrumentos confiables y validados, así como dimensiones importantes y pertinentes a la organización.

El modelo implementado en esta investigación parte de la teoría de Clima Organizacional de Litwin y Stringer [7], que identifican como objeto de estudio la percepción social de los trabajadores, “el clima es un conjunto de propiedades del entorno de trabajo que son susceptibles de ser medidas percibidas directa o indirectamente por los trabajadores que interactúan en dicho entorno y que influye en su comportamiento y motivación”.

Litwin y Stringer utilizan conceptos como motivación y clima, describiendo el ambiente y las situaciones que más influyen en la percepción y conducta del individuo, dicha descripción es única en cada organización, lo que permite el entendimiento del clima organizacional. En relación a la productividad, conectan con las investigaciones de McClelland, quien propuso un modelo de motivación basado en el poder, la afiliación, y el logro. Dan McAdams, en el prólogo al libro de McClelland, [8] indica que la obra se caracteriza por los intereses en los factores psíquicos inconscientes y la medición de estos expresados en la conducta, las historias de las personas sobre su entorno organizacional, además del enriquecimiento de los grupos en la sumatoria de las individualidades, la adaptación y bienestar social.

El Modelo Litwin y Stringer postula la existencia de nueve dimensiones que ayudarán a indagar el tipo de clima existente en una organización determinada, las cuales interactúan con los elementos de la organización ([9], [10]):

ESTRUCTURA	Representa la percepción al respecto de las reglas, procedimientos, trámites y otras limitaciones a las que se ven enfrentados en el desarrollo de su trabajo. La medida en que la organización pone énfasis en la burocracia, versus el énfasis puesto en un ambiente de trabajo libre, informal y estructurado.
RESPONSABILIDAD	Es el sentimiento de los miembros de la organización acerca de su autonomía en la toma de decisiones relacionadas a su trabajo. Es la medida en que la supervisión que reciben es de tipo general y no estrecha, es decir, el sentimiento de ser su propio jefe y no tener doble chequeo en el trabajo.
RECOMPENSA	Refiere la percepción de los miembros sobre la adecuación de la retribución recibida por el trabajo bien hecho. Es la medida en que la organización utiliza más el premio que el castigo.
DESAFÍO	Consiste en el sentimiento de los individuos acerca de los desafíos que impone el trabajo. La medida en que la organización promueve la aceptación de riesgos calculados a fin de lograr los objetivos propuestos.
RELACIONES	Percepción por parte de los miembros de la empresa acerca de la existencia de un ambiente de trabajo grato y de buenas relaciones sociales tanto entre pares como entre jefes y subordinados.
COOPERACIÓN	Es el sentir de los miembros de la empresa sobre la existencia de un espíritu de ayuda de parte de los directivos y de otros empleados del grupo. Énfasis puesto en el apoyo mutuo, tanto de niveles superiores como inferiores.

ESTÁNDARES	Se orienta en la percepción de los miembros acerca del énfasis que pone la organización sobre las normas de rendimiento.
CONFLICTO	La percepción de los miembros de la organización, tanto pares como superiores, de aceptar las opiniones discrepantes y no temer enfrentar y solucionar los problemas tan pronto como surjan.
IDENTIDAD	En general, es la sensación de compartir los objetivos personales con los de la organización. Es el sentimiento de pertenencia a la organización. Es un elemento importante y valioso dentro del grupo de trabajo.

Tabla 1. Dimensiones del Clima organizacional de Litwin y Stinger.

La investigación se desarrollará en el Colegio Interdisciplinario de Especialización A.C. (CIES), que se fundó en la ciudad de Puebla en el 2008, cuatro años más tarde, en el 2012, se genera el plantel en la ciudad de Orizaba, Veracruz. Para fines de esta investigación nos enfocaremos en la población de base del CIES campus Orizaba, la cual cuenta con una trayectoria de ocho años y con una estructura organizacional de 16 colaboradores, con tres niveles: Dirección, Jefatura y Administrativo. Cabe mencionar que paralelamente se encuentra el personal de interinato, que fluctúa entre 62 a 117 docentes, dependiendo de las necesidades académicas de cada año.

Metodología

Diseño

La investigación se aplica en campo, ya que consiste en medir las dimensiones de la Teoría del Clima Organizacional de Litwin y Stringer mediante la aplicación de una escala tipo Likert a los trabajadores del Colegio de Especialización A.C. (CIES), campus Orizaba. Al respecto del nivel de conocimientos, es descriptiva y trasversal.

Muestra

Con enfoque regional en Orizaba, Veracruz, es una muestra estratificada, la población se divide en 2 grupos, la variable elegida para formar los estratos es Personal de Base; el marco de muestreo consiste en una población de 16 trabajadores, las mujeres representan el 62.5% y los hombres un 37.5%, distribuidos estructuralmente de la siguiente manera: 1 Rector, 1 Directora de Sede, 5 Jefes que representan el 31.25%, y 9 Administrativos con un 56.25% de representación.

Criterios de selección

Se encuestaron a 16 trabajadores, y se entrevistó a la Directora, por ser de tipo censal ya que son el 100% de la población base.

Instrumento

Se utilizó el Cuestionario de Clima Laboral de Litwin y Stringer, modificado y ampliado por Echezuria y Rivas [11], se cambiaron algunas palabras y categorías como cohesión por calor, riesgo por desafío, etcétera, con el fin de facilitar su compresión. En cuanto al análisis estadístico, se obtuvo un Alpha de Cronbach de 0.83 considerada una buena confiabilidad; con 3 ítems más al instrumento original, sumando 53 ítems. Su estructura es una escala tipo Likert de cuatro respuestas, forzando a contestar, polarizando las respuestas; 19 se redactaron como ítems negativos y 34 como positivos.

Procedimientos:

- Se entrevistó a la Directora del plantel, posteriormente se aplicó la escala a 16 trabajadores vía google Forms, enviado a sus celulares con la petición que fueran honestos, ya que dicha escala no requiere nombres, con el fin de no sesgar la información.

 ISSN 2007-8102

- Posteriormente, se procesa la base de datos en el programa Excel y se aplica el Alpha de Cronbach, que arroja que el instrumento tiene un valor de .71, siendo el rango de .7 a .8 una buena confiabilidad del instrumento.
- Finalmente, se integraron los datos de la entrevista y la base de datos para su interpretación.

Resultados

Los resultados obtenidos de la aplicación de la encuesta se desarrollan con los datos socio-demográficos y, finalmente, por dimensión.

La población de la muestra consta de 16 personas, de los cuales el 50% son mujeres, todos con un rango de edad de 20 a 50 años, el 60% son solteros, el 87% cuenta con estudios profesionales de nivel posgrado, con un conocimiento del idioma inglés estimado entre medio y alto, todos con una movilidad de 3 a 9 empleos anteriores. Actualmente cuentan con un rango de antigüedad de 6 meses a 7 años.

Estructura

En esta dimensión se observa si las tareas se encuentran bien definidas, y lógicamente estructuradas. Se identificó que el personal conoce las políticas y estructura organizativa en un 76% en promedio, y un 24% no percibe claridad en el control, reglas, procedimientos, estatutos y políticas. La planificación y organización también son áreas de oportunidad para trabajar, ya que el 50% de los encuestados manifestaron percibir muchos papeleos para hacer las cosas, enfatizando la burocracia percibida que afecta la productividad; el 50% no tiene identificado a quien reportar algunas tareas. A continuación se presenta el Item 6 del instrumento y las respuestas obtenidas.

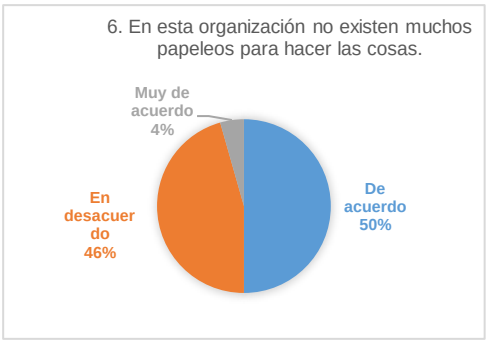


Tabla 2.Percepción de la burocracia en el trabajo.

Responsabilidad

El 70% de la muestra tiene la percepción que el equipo asume la responsabilidad que le toca a cada uno. A continuación se grafica el grado de autonomía que perciben los trabajadores correspondiente al Ítem 12.

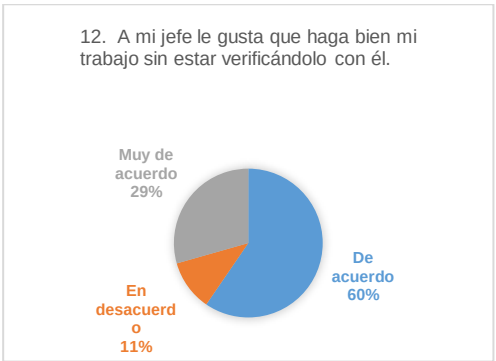


Tabla 3. Percepción sobre la supervisión del jefe.

Desafío:

Dentro de esta dimensión se puede observar que se apuesta por la toma de decisiones en momentos correctos, sin arriesgar el capital social. Se analizan las opciones de manera estratégica para lograr

 ISSN 2007-8102

crecimiento y rentabilidad; solo el 2% los encuestados no se encuentran de acuerdo en este punto. La empresa está abierta a reconocer y a implementar una buena idea.

Recompensa:
El 70% de los empleados considera que la crítica es sana y retroalimenta.

Relaciones:

Dentro de la organización existe una buena relación, el 92% considera que dentro del área de trabajo prevalece un clima amistoso, agradable y sin tensiones, se observa un liderazgo en el cual la comunicación con el jefe se desarrolla fácilmente, es un ambiente agradable. Consecutivamente se presenta la Tabla 4. con el Item 31 de la encuesta.

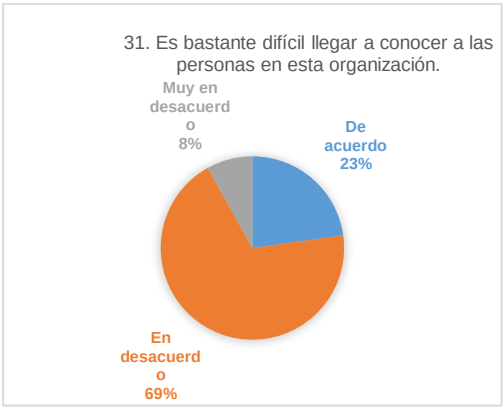


Tabla 4. Conocimiento entre las personas de la organización

Cooperación:

En la organización se exigen estándares muy altos, de tal forma que el rendimiento del personal debe ser óptimo, el 100% de los encuestados consideran que su trabajo se puede mejorar en base a retroalimentaciones objetivas. El 94% considera que tiene un buen desempeño en su trabajo. Se presenta la Tabla 5 con el Ítem 43 del Instrumento.

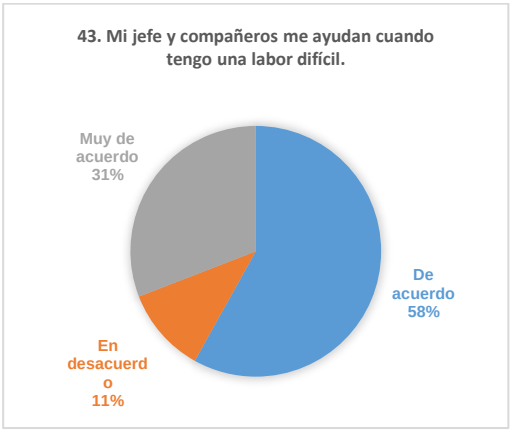


Tabla 5.Colaboración entre miembros del grupo.

Estándares:

Existe comprensión por parte de los supervisores, el 93 % considera que cuando existen labores que son difíciles de cumplir siente el respaldo de sus superiores, los cuales tienen una visión humanista sobre el trato del personal. A continuación se grafica el Item 38.

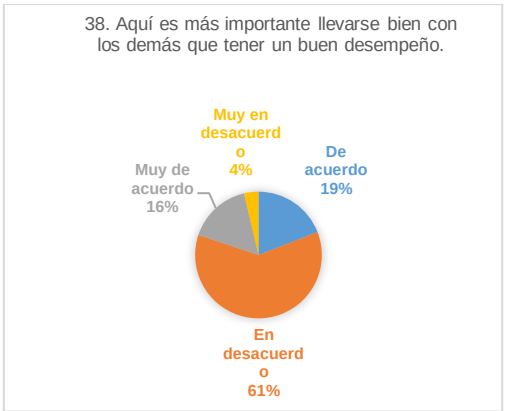


Tabla 6.Importancia entre socialización y desempeño.

Conflicto:

El manejo de los conflictos se realiza a través del diálogo, aún cuando no se esté completamente de acuerdo con el líder, el 80% considera que pueden expresar de manera libre sus puntos de vista. Los canales de comunicación son buenos, el líder genera la apertura al diálogo entre los colaboradores. El 60% percibe en desacuerdo que en esta organización deban quedarse callados para evitar discordancia, el 66.6% percibe que la dirección se muestra abierta ante discusiones o dificultades enfrentadas en el entorno laboral.

Identidad:

Se define como el sentimiento de pertenencia a la organización. Es la sincronía que se produce entre las metas individuales con las de la organización, el 50% de los encuestados perciben sentirse orgullosas de trabajar en la institucion. Se observa una mística general, con lealtad de más del 70% de los encuestados.

Conclusiones:

A través del análisis realizado podemos conocer el clima laboral del CIES Orizaba, por lo que la Alta Dirección podrá tomar datos de esta investigación para implementar acciones que promuevan una mejora continua. Por lo que se recomienda lo siguiente:

Implementar la formación y el desarrollo profesional mediante un programa de capacitación permanente que fortalezca el conocimiento sobre los objetivos y las políticas institucionales, ya que un 24% de la población las desconoce. Así mismo un proceso de inducción que facilite el conocimiento y la inserción del trabajador a la organización, disminuyendo las confusiones que manifiestan los colaboradores tener al respecto de a quien tener que reportar sus tareas,

Desarrollar una metodología de reuniones efectivas para fortalecer la comunicación asertiva y disminuir la burocracia, ya que el 50% de la muestra percibe mucho papeleo en el desarrollo de sus procesos

Se recomienda un programa de incentivos que incluya motivación intrínseca y extrínseca, como por ejemplo: reconocimientos de logros, reuniones de integración, fomentar la responsabilidad social, premios de desempeño, caja de ahorro, bonos de puntualidad, etc. reforzando con esto la identidad y el sentido de pertenencia en la organización,

Fomentar una cultura de la evaluación sobre el desempeño de sus funciones por periodos de 4 meses, dicha actividad se facilitará, ya que el 77% de la población está abierta a recibir retroalimentación, también implementar estrategias como: un buzón de quejas y sugerencias así como aplicación periódica de encuestas de este tipo de forma anónima para conocer la percepción interna y externa de la institución así como su trayectoria.

En general el clima organizacional de esta institución es favorable ya que el 89% de los trabajadores perciben al equipo responsable y autónomo, el 93% se siente comprometido y priorizan los objetivos a la socialización.

Agradecimientos:

Un especial agradecimiento a la Maestra Luz del Carmen Hernández Casco, Directora del Colegio Interdisciplinario de Especialización A.C. (CIES), al Maestro Rigoberto Reyes Valenzuela, Director del Tecnológico de Orizaba, al Ing. Jaime Ortiz Chávez, Gerente de Mercadeo Región Veracruz por su visión y liderazgo en la realización de esta investigación.

Referencias:

[1] M. Gareth, «Images of Organization, Sage» San Francisco, Berrett-Koehler Publishers, 1998, p. 349.

[2] S. W. GELLERMAN, «People, Problems and Profits: The Use of Psychology in Management», Nueva York.: McGraw-Hill Book Company, 1960.

[3] S. P. Robbins, «Comportamiento Organizacional», Pearson Educación, 1999.

[4] N. H. Martínez, «Postura Ante la Practicidad de Cultura en la Organizaciones Latinas», Mexico, Editores Siglo XX, Editores de S.A. de C.V., 1999, p. 27.

[5] F. J. Llaneza Álvarez, «Ergonomía y Psicología Aplicada. Manual para la Formación del Especialista., España: Lex Nova, 2009.

[6] M. Garcia Solarte, «Clima Organizacional y su Diagnostico: Una aproximancion Conceptual,» Cuadernos de Admnistracion/Universidad del Valle, nº 42, p. 19, 2009.

[7] D. I. Díaz Gavida, «Clima Laboral según el Modelo de Litwin y Stringer Aplicado a la Empresa Moliperú en la Ciudad de Chiclayo 2018» , Tesis de Licenciatura, Chiclayo: Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo, 2010.

[8] D. C. Mc Clelland, «Estudio de la Motivación Humana», Madrid: Narcea S.A. de Ediciones Madrid, 1989|.

[9] A. Goncalvez, «l Clima Organizacional,» Revista Enfasis, Julio 1998. [En línea]. Available: https://sites.google.com/site/nuevadmon/desarrollo-organizacional-do/clima-organizacional/modelo-de-litwin-y-stinger-sobre-clima-organizacional. [Último acceso: 19 Agosto 2020].

[10] A. P. Goncalves, «Dimensiones del Clima Organizacional,» [En línea]. Available: http://www.geocities.ws/janethqr/liderazgo/130.html. [Último acceso: 15 Junio 2020].

[11] A. Y. Echezuria Gonzalez y A. L. Rivas López, «http://biblioteca2.ucab.edu.ve/», 11 Diciembre 2001. [En línea]. Available: http://biblioteca2.ucab.edu.ve/anexos/biblioteca/marc/texto/AAP3607.pdf. [Último acceso: 4 Agosto 2020].

[12] D. Díaz Gavidia, «Operacionalización de Variables de Clima Laboral segun el Modelo de Litwin y Striger aplicado a la empresa MOLIPERU», Chiclayo, Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo, 2018, p. 86.

ITIL Configuration Management TI

M. Gallegos López[1], D.F. Reynoso Hernández[2], J.M. Capetillo Gómez[2], E. Covarrubias Ramírez[3], A.C. Artea González[4]*
[1]Departamento de Sistemas y Computación, Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico de San Luis Potosí, Ave. Tecnológico S/N, Col. UPA, C.P. 78437, Soledad de Graciano Sánchez, San Luis Potosí,

[2]Departamento de Sistemas y Computación, Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico de San Luis Potosí, Ave. Tecnológico S/N, Col. UPA, C.P. 78437, Soledad de Graciano Sánchez, San Luis Potosí,
[3]Departamento de Ciencias Económico-Administrativas, Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico de San Luis Potosí, Ave. Tecnológico S/N, Col. UPA, C.P. 78437, Soledad de Graciano Sánchez, San Luis Potosí,
[4]Estudiante de la carrera de Ingeniería Informática, Departamento de Sistemas y Computación, Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico de San Luis Potosí, Ave. Tecnológico S/N, Col. UPA, C.P. 78437, Soledad de Graciano Sánchez, San Luis Potosí,
**martha.gl@slp.tecnm.mx*
***Área de participación**: Ingeniería Administrativa*

Resumen

El objetivo de este proyecto consistió en la implementación de “ITIL Configuration Management TI” en una empresa en San Luis Potosí, con base al marco de referencia de la Biblioteca de Infraestructura de Tecnología de la Información (ITIL®) y enfocado específicamente al proceso de Gestión de Configuración y Activos, para resolver la problemática de la reestructuración de la Base de Datos de Gestión de la Configuración (CMDB), la cual se encontraba con datos limitados y sin actualización; con la cual, se hizo más eficiente la detección de mantenimiento preventivo, correctivo, así como la detección de obsolescencia de los activos; en consecuencia, se brinda un mejor servicio al cliente y la organización optimiza sus recursos.
Asimismo, se realizó la documentación de varios procesos para el seguimiento y ciclo de vida de los elementos de configuración (CI´s), ya que la falta de estos procesos estaba causando inconsistencias en inventarios físicos.

***Palabras clave**: ITIL, Gestión de la Configuración y Activos, CI’s, CMDB*

Abstract

The objective of this project consisted in the implementation of "ITIL Configuration Management IT" in a company in San Luis Potosí, based on the reference framework of the Information Technology Infrastructure Library (ITIL®) and focused specifically on the Management process Configuration and Assets, to solve the problem of restructuring the Configuration Management Database (CMDB), which had limited data and no update; with which, the detection of preventive and corrective maintenance, as well as the detection of obsolescence of assets, was made more efficient; consequently, better customer service is provided and the organization optimizes its resources.
Likewise, the documentation of several processes for the monitoring and life cycle of the configuration elements (CIs) was carried out, since the lack of these processes was causing inconsistencies in physical inventories.

***Key words**: ITIL, Configuration and Asset Management, CI´s, CMDB*

Introducción

Actualmente en las organizaciones, las Tecnologías de la Información (TI) son herramientas que permiten fortalecer su crecimiento y competitividad nacional e internacional; por tal motivo se han desarrollado marcos de referencia y estándares para gestionar el servicio de TI, cuyo principal objetivo es ofrecer específicamente valor al cliente.

 ISSN 2007-8102

La Biblioteca de la Infraestructura de Tecnologías de la Información (ITIL®) [1], es un marco de referencia conformado por un conjunto de procesos para gestionar servicios de TI, este proyecto se apoyó de ITIL para realizar la reestructuración de la Base de Datos de Gestión de la Configuración (CMDB), misma que está definida en la etapa de Transición del Servicio y en el proceso de Gestión de la Configuración y Activos (Figura 1).

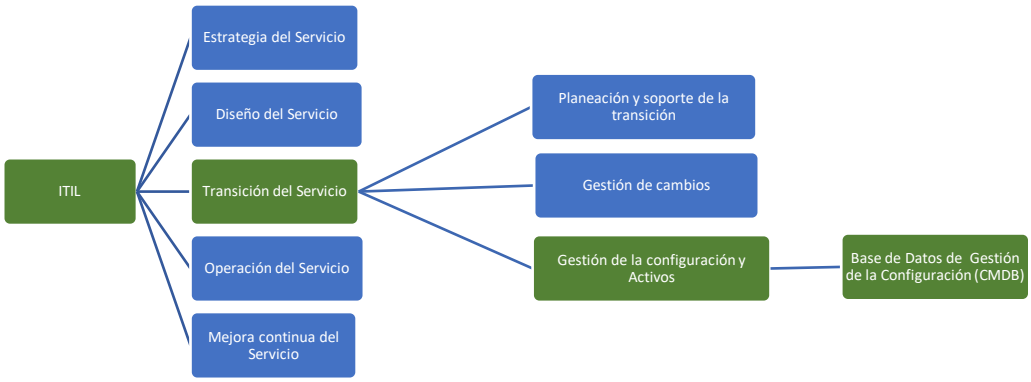


Figura 1: Ubicación del proceso de Gestión de la Configuración y Activos.
Fuente: Elaboración propia.

Menciona [2] que, la "característica principal de la Base de Datos de Gestión de la Configuración (CMDB), además de almacenar la información sobre los distintos elementos de configuración, es la capacidad de almacenar información sobre las relaciones entre los distintos Elementos de la Configuración (CIs) y sobre los artefactos de procesos relacionados con estos como son: Incidencias, problemas, solicitudes de cambio, acuerdos de nivel de servicio, etc. El ámbito de los elementos incluidos en la CMDB y el detalle de información registrada sobre cada elemento, depende de cada organización, pero debe adaptarse a la información requerida por los distintos procesos a los que la CMDB da soporte".

Otra referencia sobre la CMDB es [3] que establecen que, "El proceso de gestión de inventarios almacena la información de los componentes en un repositorio central, llamado CMDB, y a través de él se soportan los procesos de Service Delivery, Service Support, y otros, los cuales son complementados con información de los incidentes, errores conocidos y cambios de versiones. A los procesos de gestión de configuración y gestión de activos, la gestión de inventarios le agrega valor mediante la adición de relaciones dinámicas entre los Ítems del inventario y también con otros registros almacenados en la CMDB".

Explica [4] que, "la Gestión de Activos brinda información actualizada y completa sobre la configuración de los activos y su relación entre sí; asimismo, se encarga de que esté disponible cuando sea que se necesite.
Este proceso combina aspectos financieros, contractuales, de inventario y de planificación; para brindar una visibilidad completa de los activos de TI. De esta manera la empresa puede optimizar el ciclo de vida de sus equipos; y facilitar la toma de decisiones sobre los sistemas de TI".

Derivado de lo anterior, la principal razón para la implementación del proyecto fue facilitar una buena gestión de los activos y, por consecuencia, mejorar el servicio al cliente para garantizar que la organización cumpla sus objetivos. Esto se realizó en colaboración con Gestión del Servicio y Gestión del Conocimiento.

Otra relación importante de la Gestión de Activos se da con la Gestión Financiera para Servicios de TI, la cual ayuda a los proveedores de servicios de TI a tener un papel estratégico para el negocio al cuantificar el valor y la contribución de TI, así como considerar las oportunidades del negocio que los servicios de TI permitirán.

Al enfocarse en la problemática con la CMDB los objetivos se determinaron como, responsabilizarse por el manejo y protección de la integridad de los elementos de configuración (CIs) a través del ciclo de vida y, están bajo el control de Gestión de Cambios para garantizar que sólo se utilicen componentes acreditados por el departamento de TI y que sólo se efectúen los cambios autorizados, garantizar la integridad de los activos y de las configuraciones requeridas para controlar los servicios al establecer y mantener un Sistema de Gestión de

la Configuración (CMS) preciso y completo, y también mantener información concisa de la configuración sobre el estado histórico, proyectado y actual de los activos y servicios.

Asimismo, se documentaron procesos para apoyar la gestión de servicios eficientes y efectivos al proveer información precisa de configuración para permitir al personal de TI tomar decisiones en el momento correcto.

Metodología

Con la implementación de Configuration Management (Gestión de Configuraciones), se identifican y se documentan los componentes del ambiente de TI y las relaciones entre ellos. La meta del proceso de Gestión de Configuraciones es asegurar que solamente los componentes autorizados y designados como CI's estén siendo utilizados en el ambiente de TI, y que el estado actual de cada elemento sea registrado durante su ciclo de vida.

El desarrollo de este proyecto fue realizado aplicando los siguientes procedimientos.

Identificación de CI´s

Los datos que maneja el proceso de Gestión de Configuraciones identifican los elementos de la infraestructura de TIC que está en uso, su estatus y dónde están localizados. Las interrelaciones lógicas entre dichos elementos y sus atributos son relevantes para los servicios de TIC.

En la etapa de identificación de CI's se realizaron las siguientes actividades:

- Definir las categorías necesarias para poder organizar a los CI's.
- Especificar los atributos, estados y relaciones relevantes para cada CI.
- Especificar el dueño responsable de cada CI.
- Agregar categorías a la estructura de la CMDB cuando sea requerido y autorizado.
- Modificar atributos, estados y relaciones de los CI's cuando hayan sido afectados por un cambio.
- Eliminar CI's de la CMDB.

Control y mantenimiento de la CMDB

Tiene como objetivo controlar y mantener la integridad de la CMDB después de que un cambio sea implementado. El proceso de Gestión de Configuraciones detecta la información de los CI's que no es correcta o que no se encuentra registrada en la CMDB y reportar las discrepancias.

El proceso de Gestión de Configuraciones rastrea el origen de tales discrepancias, que son útiles para proponer las acciones necesarias para corregirlas y evitar que se vuelvan a presentar.

Verificación y actualización de la CMDB

La verificación y actualización de la CMDB comprende una serie de revisiones que comprueban la existencia de CI's y verifican que los estén correctamente registrados en la CMDB.

En la verificación se lleva a cabo la confrontación de la información registrada en la CMDB contra la información recolectada del ambiente de TI para detectar CI's no autorizados, introducidos al ambiente de TI sin una solicitud de cambio.

Mapa de procesos

En este proyecto también se documentó el proceso de Gestión de la Configuración y por tal motivo, fue necesario diseñar el mapa de procesos, donde se asocian los tres procedimientos descritos anteriormente (Identificación de CI's, Control y mantenimiento de la CMDB y Verificación y actualización de la CMDB), para observar mejor la trazabilidad y con una visualización esquemática [5] (Figura 2). Es importante mencionar que también se elaboró la descripción de actividades de cada procedimiento.

 ISSN 2007-8102

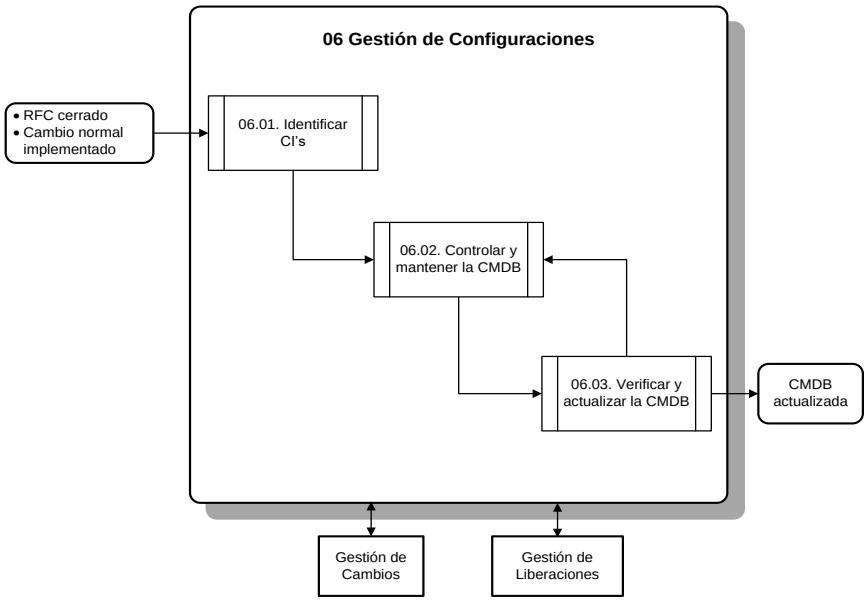


Figura 2: Flujo del proceso.
Fuente: Elaboración propia.

Resultados y discusión

Los resultados obtenidos al implementar el proceso de la Gestión de Activos de TI a través de una Base de Datos de Gestión de la Configuración (CMDB), le permitió al Departamento de TI, identificar, controlar, mantener y verificar las versiones existentes de los Elementos de Configuración (CI's), y los beneficios obtenidos de la CMDB actualizada garantizaron que sólo se utilicen activos acreditados por el Departamento de TI, y sólo se efectúen los cambios autorizados, que están bajo el control de la Gestión de Cambios. Al contar con una CMDB precisa y confiable le permitió a la empresa buscar las estrategias más rentables para la adquisición y disposición de activos. Además, con las auditorías internas y externas se garantiza contar con los entregables de la CMDB con el soporte (resguardos) correspondiente; asimismo, se logró que los resguardos de los activos asignados al cliente estén mejor organizados; las garantías de los activos con los proveedores están mejor identificadas dándose una solución más rápida al cliente; las solicitudes de mantenimiento o de cambios requeridos por los clientes se realizan en menor tiempo, y por lo tanto se logró mejorar el servicio al cliente.

Para lograr los resultados mencionados anteriormente, se utilizaron los siguientes elementos: Modelo RACI; los Factores de Riesgo (CSF's), los Indicadores Claves de Rendimiento (KPI's) y las Métricas; así como también de la estructura lógica de la CMDB; la Nomenclatura de los CI's y los procesos del Ciclo de vida de los CI's.

Modelo RACI

Como resultado de los procedimientos descritos, se realizó el mapeo de los roles y las responsabilidades contra las actividades de los mismos. Este mapeo se realiza con una matriz llamada RACI. [6], indica que esta matriz se caracteriza por su versatilidad y sencillo diseño. Hace referencia es estos cuatro elementos.

R = Responsable de ejecutar la actividad.
A = "Accountable" (aval) quien asume la responsabilidad final de que la actividad sea ejecutada.
C = Consultado antes de ejecutar.
I = Informado después de ejecutar.

Por razones de confidencialidad de la empresa, sólo se muestran solo algunas actividades de un procedimiento en este modelo:

Tabla 1: Matriz de responsabilidades.
Fuente: Elaboración propia

ID	Actividad	Recursos Humanos	Jefe Directo	Service Desk	Soporte en sitio
06.01 Identificar CI's					
06.01.01	Identificar CI	**A**	**R**		**I**
06.01.02	Identificar al dueño del CI	**R,A**	**C**	**C,I**	**I**
06.01.03	Revisar la estructura de la CMDB y definir la nueva categoría para el CI	**R,A**	**C**	**I**	
06.01.04	Agregar categoría a la CMDB	**A,C,I**	**R**		**I**
06.01.05	Actualizar el documento del proceso de Gestión de Configuraciones	**A,C,I**	**R**		**I**

Factores críticos de éxito, indicadores clave de desempeño y métricas

Es muy importante para la empresa medir los resultados de un proceso o actividad, y así determinar si una cierta variable cumple el objetivo definido [7].
Un Factor Crítico de Éxito (*CSF – Critical Success Factor*) es algo que debe suceder para que un servicio, proceso, plan, proyecto o actividad de TI tengan éxito [8]. Los Indicadores Clave de Rendimiento (*KPI – Key Performance Indicator*) se utilizan para definir valores que explican en qué rango óptimo de rendimiento nos deberíamos situar al alcanzar los objetivos [9] . A continuación, se muestran los CSFs, KPIs y Métricas propuestas para este proyecto (Tabla 2). Cabe mencionar que no se realizó la implementación de dichas métricas.

Tabla 2: CSF, KPI y métricas
Fuente: Elaboración propia

Factor Crítico de Éxito (CSF)	Indicador Clave de Desempeño (KPI)	Métrica	Meta	Frecuencia
Apoyo eficiente y eficaz a los procesos de gestión de servicios, proporcionando información de configuración en el momento adecuado	Disponibilidad de la CMDB	(Periodo de Tiempo – Tiempo fuera) / Periodo de Tiempo	85%	Mensual
	Confiabilidad en CMDB	(Número de CI's muestreados - Número de CI's con desviación) / Número de CI's muestreados		Después de la realización de una auditoría a la CMDB
Establecer y mantener una base de datos de gestión de la configuración (CMDB) exacta y completa	Número de desviaciones identificadas entre la CMDB y el ambiente real	Sumatoria de CI's con desviación		Después de la realización de una auditoría a la CMDB

 ISSN 2007-8102

Estructura de la CMDB

En la siguiente figura se muestra la estructura lógica de la CMDB:

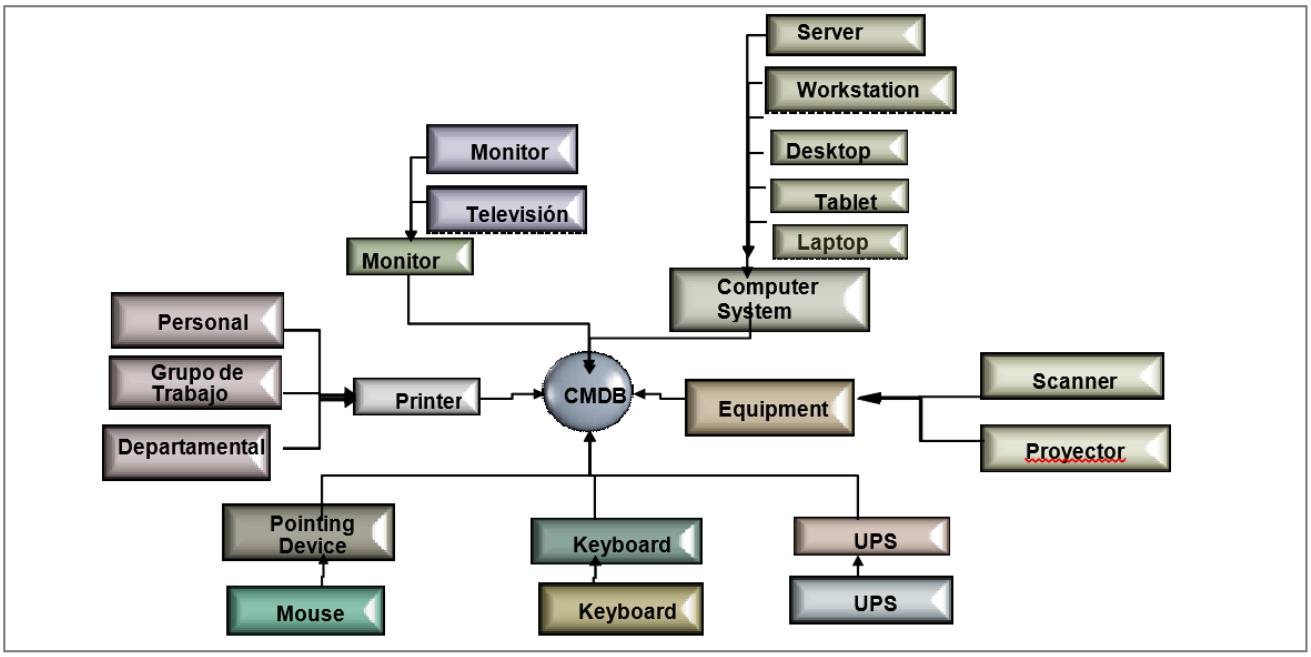


Figura 3: Estructura lógica de la CMDB.
Fuente: Elaboración propia.

Nomenclatura de los CI's

Los nombres de los CI's y códigos deben ser un mecanismo para localizar fácil y rápidamente el CI deseado en la CMDB y además deben facilitar la generación de reportes relacionados con dichos elementos. Para este proyecto se utilizaron las siguientes nomenclaturas (Tabla 3):

Tabla 3: Nomenclatura de los CI's.
Fuente: Elaboración propia.

N°	Nomeclatura	Descripcion
1	MEXSLPLAP-N°SERIE (4 digitos)	MEXICO+SLP+TIPO+N° serie (4 ultimos digitos)
2	MEXSLPDSK-N°SERIE (4 digitos)	MEXICO+SLP+TIPO+N° serie (4 ultimos digitos)
3	CELADM-IMEI (2 digitos finales)	CEL+ADMINISTRATIVOS+IMEI (2 digitos finales)
4	CELOPE-IMEI (2 digitos finales)	CEL+OPERATIVOS+IMEI (2 digitos finales)
5	MOUADMININ-(4 consecutivos)	MOUSE+ADMINISTRATIVOS+INALAMBRICOS+N° consecutivo
6	MOUADMAL-(4 consecutivos)	MOUSE+ADMINISTRATIVOS+ALAMBRICOS+N° consecutivo (4 digitos)
7	MOUOPAL-(4 consecutivos)	MOUSE+OPERATIVOS+ALAMBRICOS+N° consecutivo (4 digitos)
8	MONN°SERIE (4 digitos)	MONITOR+N° SERIE (4 digitos)
9	MONOPE-(4 consecutivos)	MONITOR+OPERATIVOS+N°SERIE (4 digitos)
10	TELIPADMIN-(4 consecutivos)	TELEFONO+TIPO+ADMINISTRATIVO+N°consecutivo (4 digitos)
11	TELIPOPE-(4 consecutivos)	TELEFONO+TIPO+OPERATIVO+N°consecutivo (4 digitos)
12	JABRASPEAK-PART N° (2 digitos)	JABRA+TIPO+PART N° (2 digitos)
13	JABRAMOTION-PART N° (2 digitos)	JABRA+TIPO+PART N° (2 digitos)
14	DOCSLP-(4 consecutivos)	DOCKING+SLP+(4 consecutivos)
15	SERVSLP+(4 consecutivos)	SERVIDOR+UBICASION+N°SERIE (4 digitos)

 ISSN 2007-8102

Ciclo de vida de los CI's

Para este proyecto, se determinó establecer el ciclo de vida de los CI's. Cada activo tiene un ciclo de vida que debe registrarse dentro de la CMDB, para tal actividad se consideraron los estados indicados en la Tabla 4.

Tabla 4: Estados de los activos.
Fuente: Elaboración propia

Estados de los CI's
Alta de un activo
Baja de un activo
En reparación de un activo
En Almacén
Robo del activo
Asignación de un activo y préstamo.

Con base en la definición de los estados de los activos, también se diseñaron los procesos y descripción de las actividades de dichos estados. Se muestran algunos de ellos en las siguientes figuras:

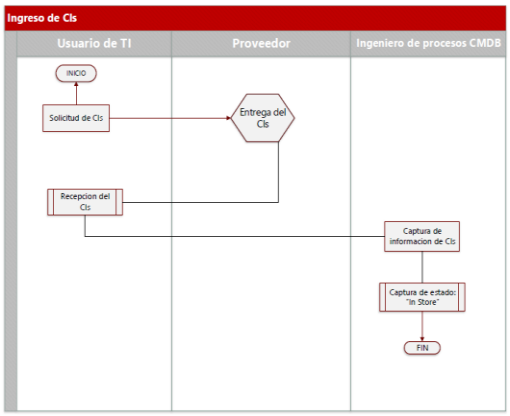


Figura. 4. Ingreso de CIs
Fuente: Propia

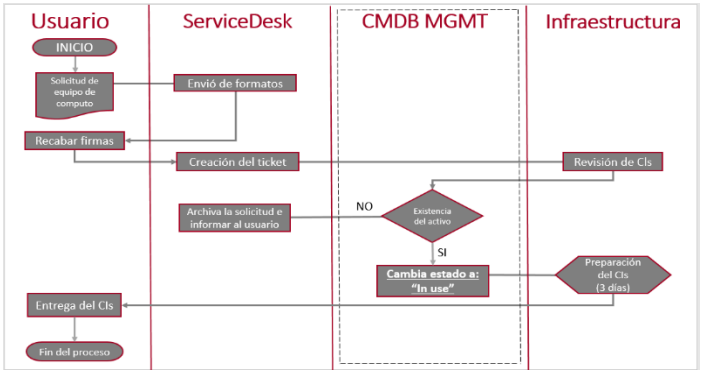


Figura 5. Asignación de equipo de cómputo
Fuente: Propia

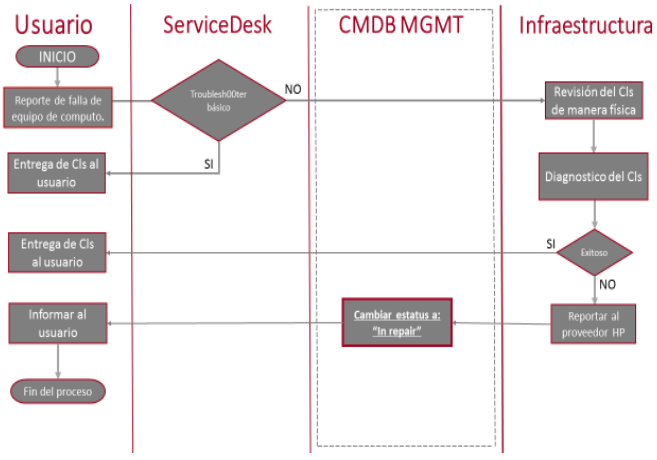


Figura 6: Reparación de equipo de cómputo
Fuente: Propia

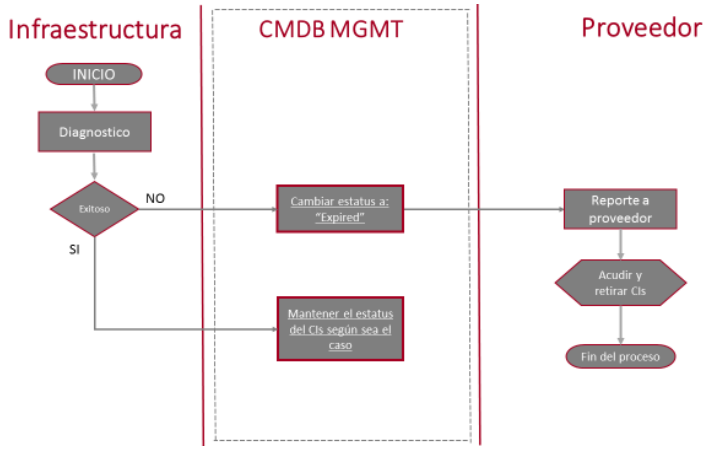


Figura 7: Equipo de cómputo expirado
Fuente: Propia

Trabajo a futuro

Con la implementación de este proyecto en la empresa ubicada en San Luis Potosí, se plantea la posibilidad de trabajos futuros encauzados a medir las métricas propuestas para apoyar a la empresa a que sus servicios y procesos tengan éxito. Asimismo, dar seguimiento a la actualización de la CMDB para que esté bien organizada y controlada, y así poder tomar mejores decisiones. También, que se realice un análisis detallado sobre el impacto que se puede obtener al disminuir los costos de la empresa.

Conclusiones

En conclusión, los procesos fueron implementados de manera exitosa, esto durante 9 meses aproximadamente reflejando beneficios en:

- Control de CI's.
- Identificación de CI's.
- Alineación de procesos de ITIL.
- Prevención de mantenimientos.
- Automatización de procesos.
- Documentación estructurada para auditorías internas y externas.

Específicamente, del proyecto "**ITIL Configuration Management TI**", se obtuvieron beneficios en el área de TI ya que este logró la estandarización de los procesos del ciclo de vida de los elementos de configuración (CI's); así como de los procedimientos de la Gestión de la Configuración.

Referencias

[1] ITIL v3, Service Transition, TSO (The Stationary Office), 2011.

[2] J. García Romanos, «Sistema de Información Científica Redalyc Red de Revistas Científicas,» 2008. [En línea]. Available: https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=92220259004. [Último acceso: 10 07 2020].

[3] S. Ortiz, C. López Gallego y A. I. Oviedo Carrascal, «Sistema de Información Científica Redalyc Red de Revistas Científicas,» 12 2009. [En línea]. Available: https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=133112611001. [Último acceso: 05 07 2020].

[4] G. Rivas, «gb advisors,» 11 05 2019. [En línea]. Available: https://www.gb-advisors.com/es/gestion-de-activos-de-ti-consejos/. [Último acceso: 25 06 2020].

[5] N. I. 9001-20015, «Nueva ISO 9001-20015,» 10 05 2016. [En línea]. Available: https://www.nueva-iso-9001-2015.com/2016/05/como-es-un-mapa-procesos-basado-norma-iso-9001-2015/. [Último acceso: 6 04 2020].

[6] O. B. School, «OBS Business School,» 2011. [En línea]. Available: https://obsbusiness.school/int/blog-project-management/herramientas-esenciales/cual-es-la-funcion-principal-de-la-matriz-raci. [Último acceso: 17 06 2020].

[7] J. Van Bon, A. de Jong, A. Kolthof, M. Piper, R. Tjjassing, A. Van der Veen y T. Verheijen, Fundamentos de ITIL® Volumen 3, Holanda: Van Haren Publishing, Zaltbommel. Tercera Edición (www.vanharen.net), 2010.

[8] F. J. Miranda González, A. Chamorro Mera y S. Rubio Lacoba, Introducción a la Gestión de la Calidad, Madrid, España: Delta, Publicaciones Universitarias. Primera Edición (www.deltapublicaciones.com), 2007.

[9] J. Curto Díaz, Introducción al Bussiness Intelligence, Barcelona, España: UOC, Rambla del Poblenou. Primera Edición. (www.editorialuoc.com), 2010.

Estrategia informática en la atención del servicio del seguro facultativo

H. Díaz Rincón[1], J.A. Navarrete Prieto[1]*, N.P. Flores Azcanio[2], J.R. Sánchez García[2], *L. G. Galeana Victoria [2]*
[1]Tecnológico Nacional de México /Instituto Tecnológico de Tlalnepantla
[2] Universidad Politécnica del Valle de México
**c_computo_sie@hotmail.com*

***Área de participación**: Ingeniería Administrativa*

Resumen

Como una estrategia de apoyo en los servicios al estudiante en esta pandemia de Covid-19, el Instituto Tecnológico de Tlalnepantla (ITTLA), desarrollo una herramienta digital para facilitar el alta del seguro facultativo que le permita al estudiante realizar el proceso sin necesidad de acudir al Campus estableciendo como objetivo desarrollar una herramienta digital que apoye el servicio de atención de los tramites del esquema de aseguramiento médico al cual los estudiantes tienen derecho una vez que están inscritos. Se utiliza una investigación de campo y documental aplicando entrevistas no estructuradas y observación directa permitiendo obtener un sistema informático estratégico transaccional para el apoyo a la gestión administrativa de la inscripción al IMSS que fortalecerá y agilizará los servicios en línea que ofrece la institución mejorando tiempos de respuesta junto con la disminución de costos en recursos utilizados para el proceso incluyendo mejoras tecnológicas en la atención al estudiante.

***Palabras clave**: estrategia, tecnología, servicios, sistema de información*

Abstract

As a strategy to support student services in this pandemic Covid-19, the Technological Institute of Tlalnepantla(ITTLA), developed a digital tool to facilitate the registration of medical insurance that allows the student to perform the process without the need to go to the Campus establishing as an objective to develop a digital tool to support the service of the procedures of the medical insurance scheme to which students are entitled once they are enrolled. A field and documentary research is used applying unstructured interviews and direct observation allowing to obtain a strategic transactional computer system to support the administrative management of the IMSS enrollment that will strengthen and speed up the online services offered by the institution improving response times along with the reduction of costs in resources used for the process including technological improvements in student care.

***Key words**: strategy, technology, services, information system*

Introducción

Aplimedia [1] indica “hoy en día la importancia que ha alcanzado la sistematización en las empresas es vital, debido al progreso de las tecnologías y su involucramiento en todas las áreas de las organizaciones e instituciones se vuelve más necesario su uso. Así que, no se minimice el valor que esta involucra en las organizaciones para que día con día se mantenga con ventajas competitivas que le permitan competir en un nuevo mercado globalizado. Principalmente le proporciona información veraz y oportuna permitiéndole decisiones acertadas para permanecer al frente de los adelantos tecnológicos que le acrecienten el rendimiento dentro de su organización.” [1]
Los grandes avances de la Tecnología Informática (TI) permiten proporcionar herramientas de apoyo a las organizaciones a través de la automatización de los sistemas de información para que los integren de forma confiable y eficaz, pero esto genera cambios organizacionales ya que los empleados y usuarios deberán desarrollar nuevas habilidades digitales. Es por ello por lo que el

compromiso en el desarrollo de estas debe incluir la facilidad de su inclusión al usuario, con la finalidad de asegurar que los procesos proporcionen la información requerida en la forma que el usuario lo indique y que le sea transparente para que se vaya familiarizando con la nueva forma de manejo de esta. Es así como se reflexiona la vital importancia de manejar las tecnologías adecuadas para el procesamiento y transferencia de los datos que se tratarán en el sistema de información a ser utilizados por las organizaciones.

[3] menciona que los desarrollos de aplicaciones que involucran a la tecnología informática "han ocasionado una evolución considerable en el rendimiento informático" según [2], quién además alude que esto ha originado el enorme avance para el beneficio tecnológico dentro de lo que [4] define que la "Tecnología Informática de acuerdo con la Asociación de la Tecnología Informática de América (ITAA)" como

> … el estudio, diseño, desarrollo, puesta en práctica, ayuda o gerencia de los sistemas informáticos computarizados, particularmente usos del software y hardware; es decir, la TI se ha enfocado al desarrollo de herramientas que permitan optimizar el uso de la información en beneficio de la organización, volviéndose un facilitador del negocio.[4]

Es así como la herramienta desarrollada tiene como objetivo mejorar la productividad de los trámites y la simplificación del servicio de proceso de inscripción al Instituto Mexicano del Seguro Social (IMSS), considerando además a [5] quién describe "una de las manifestaciones más conocidas de la e-Administración es la difusión de páginas web en el sector público, que ha abierto nuevas oportunidades a las administraciones locales para relanzar procesos de modernización administrativa gracias a su potencial para mejorar la provisión de información y la prestación de servicios públicos, así como la gestión pública".

Complementariamente [6] sugiere de acuerdo con [7] que "el análisis de sistemas se refiere a los medios por los que se planea un sistema de información", incluyendo que el analista de sistemas es responsable de determinar los problemas que un sistema" de información (tecnológicamente sofisticado o no) debe resolver, sus características, los cambios que es necesario realizar, así como su viabilidad y sustentabilidad". [6]

Por su parte [8] acorde a lo que indica [9] describe el "Gobierno Electrónico se refiere a la provisión de información, servicios o productos a través de medios electrónicos, que se pueden obtener en cualquier momento y lugar; ofreciendo valor agregado para todos los participantes en la transacción" y completa con lo que [10] señala acerca del "Gobierno Electrónico el cual, generalmente se está centrando en un mayor uso de tecnologías de información, pero considera más importante el alcanzar un uso más estratégico de estas en el sector público".

En el Instituto Tecnológico de Tlalnepantla existe una comunidad estudiantil de 5,656 estudiantes matriculados a nivel licenciatura y posgrado, siendo 800 estudiantes aproximadamente de nuevo ingreso; según los datos institucionales reportados para el informe anual que corresponde al periodo Agosto - diciembre 2019, y es el departamento de Servicios Escolares quien estratégicamente planea y organiza continuamente diferentes procedimientos internos para dar atención y respuesta a los compromisos de la permanencia escolar con calidad, de ahí la importancia de automatizar el procedimiento de la incorporación al régimen obligatorio del seguro social a los estudiantes vigentes del instituto, utilizando para esto una serie de documentos y procesos internos que son realizados de forma manual apoyándose con una herramienta de ofimática como es Excel.

La herramienta tiene como base el Sistema de Información para la mejora de la atención en el servicio al estudiante integrando los requisitos para alta al seguro facultativo que solicita el IMSS, otorgando los recursos de información necesarios para efectuar la integración de la esta, permitiendo que sea consultada por parte del usuario en el horario que desee, por lo que es necesario considerar una aplicación web que permita desde el lugar en que se encuentre, pueda hacer uso de sus servicios, además de que integre una interfaz intuitiva y fácil de usar para los mismos, requiriendo solo los datos básicos esenciales en línea para crear el alta del seguro facultativo, incluyendo al mismo tiempo la implementación del procesamiento automático de datos por lotes(batch) para agilizar el registro incluyendo la generación del documento con el formato requerido por el IMSS.

Para desarrollar el sitio web se utiliza HTML, CSS y JavaScript como lenguajes fundamentales y se incorpora en el diseño de este como un framework "Responsive Web Design", que permite al usuario acceder al sistema web desde el navegador utilizando diferentes dispositivos ya sea un móvil, Tablet o PC,

Metodología

Con base en lo que se menciona en [11] quienes señalan que, los estudios descriptivos "buscan especificar las propiedades importantes de personas, grupos, comunidades o cualquier otro fenómeno que sea sometido a análisis", se aplica un estudio de carácter descriptivo ya que se adquirió información acerca del fenómeno objeto de estudio, describiendo la situación e identificando sus diferentes elementos, analizando e interpretándolos". Junto con esta investigación se utilizan entrevistas no estructuradas, a los usuarios principales como son el Jefe de Servicios Escolares, Coordinación de Movilidad, Encargadas de Carreras siendo consideradas como usuarios potenciales del sistema.

Y considerando lo que [12] describe como metodología ágil, se establecen las bases para el desarrollo del proyecto conforme a lo que menciona [13] como:

> … una metodología ágil centrada en potenciar las relaciones interpersonales como clave para el éxito en desarrollo de software, promoviendo el trabajo en equipo, preocupándose por el aprendizaje de los desarrolladores, y propiciando un buen clima de trabajo. XP se basa en realimentación continua entre el cliente y el equipo de desarrollo, comunicación fluida entre todos los participantes, simplicidad en las soluciones implementadas y coraje para enfrentar los cambios. [13]

Por lo que a partir de lo que indica [13] se establecen 2 fases: En la primera fase se inicia con el desarrollo del sistema apoyándose en la metodología XP (eXtreme Programming) para realizar el del desarrollo del software, posteriormente dentro de la segunda fase, se determina el tiempo de realización de pruebas por un lapso de 6 meses a fin de detectar probables desviaciones, incluyendo cortes semestrales para verificar el buen funcionamiento del sistema y la adaptación del usuario al mismo, para ello se realizaron manuales y se programó la capacitación al personal involucrado, integrado además lo que en [14] se describe para que "un proyecto XP tenga éxito el cliente selecciona el valor de negocio a implementar basado en la habilidad del equipo para medir la funcionalidad que puede entregar a través del tiempo".

Para su implicación se establecen las siguientes etapas:

1. El usuario establece el valor del proceso a efectuar.
2. El desarrollador define con base en los recursos las características técnicas para su realización.
3. El usuario define los requerimientos base para la elaboración indicando sus necesidades con base en tiempo para su construcción.
4. El desarrollador crea los prototipos de acuerdo con los requerimientos.
5. Se regresa a la etapa 1.

Finalmente se indica que para cada una de las etapas el usuario y el desarrollador aprovechan el conocimiento adquirido, ya que en esta metodología se establece una comunicación entre ambos a fin de que se cumplan los tiempos que se indicaron y se le muestra en cada iteración un prototipo funcional al usuario de acuerdo a sus requerimientos dados para asegurarse de que la herramienta cuente con lo establecido por el usuario a fin de que se vaya avanzando en su desarrollo a partir desde que se inicia este y hasta la entrega final de la herramienta. [14]

Como actividad inicial se realiza la exploración que consiste en la revisión de los relatos de los cuales se extraen las tareas involucradas de lo que se va a realizar en el desarrollo de esta iteración, en este caso es verificar el proceso manual de cómo se realiza las actividades y la segunda tarea es como se integra la información en Excel para su posterior uso, posteriormente involucrando la fase de planificación, se estiman 8 semanas para realizar un diseño previo de las interfaces del sistema junto con el módulo que restringe o da acceso a los usuarios. Dentro de la revisión se definió el cómo trabajaría en el área que se implementó, para eso primero se requirió conocer el funcionamiento actual de los procedimientos, las tareas y las responsabilidades de los miembros, así como la información que requiere para su funcionamiento. Después se recopiló los problemas y puntos críticos mediante entrevistas, obteniéndose información como que el proceso se realiza cada semestre para los alumnos de nuevo ingreso y para todo aquel que esté inscrito y que lo solicite. Como parte del control de información el área indica que cada semestre se tiene más de 800 estudiantes que ingresan y que deben ser asegurados, mientras que aproximadamente más de 100 alumnos de diferentes semestres presentan problemas y desean obtener o renunciar al derecho del Seguro Facultativo, utilizando para ello 2 personas durante cada proceso semestral dando un promedio de 100 horas dirigidas a apoyar el proceso

En combinación con el usuario estas historias se realizarán por prioridad, ya que cómo resultado de esta fase se obtienen los requerimientos del sistema indicando que debe estar adaptado a las necesidades de los estudiantes del instituto, así como al personal que utiliza esta información con interfaces amigables para los usuarios, para que puedan acceder y crear los archivos requeridos por los siguientes métodos: **Captura Manual**, **Captura Automática** que incluye el procesamiento de archivos **.xlsx o .csv** y la integración de los datos obtenidos por el sitio web desarrollado utilizando el internet.

Posteriormente a las historias se establecen los requerimientos obtenidos visualizándolos en la Tabla 1, clasificándolos en funcionales y no funcionales con el propósito de establecer el direccionamiento para la elaboración y óptimo funcionamiento de la herramienta.

Tabla 1. Requerimientos del Sistema

Requerimientos Funcionales	Requerimientos No Funcionales
El sistema debe tener varias formas de obtener datos de diversas fuentes: • **Descarga de datos de un servidor.** • **Archivos.** • **Captura manual.**	El sistema solo podrá ser utilizado por aquellas personas autorizadas (Encargado del Área, Residentes, Prestadores de Servicio Social y personal asignado temporalmente por la Jefatura del Departamento de Servicios Escolares).
El sistema debe poder conectarse a una base de datos en un servidor.	El sitio web solo dará acceso a los estudiantes y encargados del área.
El sistema debe integrar los datos requeridos de los estudiantes (nombre, numero de control, CURP, etc.).	La licencia por utilizar para el desarrollo del software de preferencia debe ser de código abierto
El sistema debe validar los datos a utilizar (Identificador de la ittla, tipo de aseguramiento, etc.).	El sitio web estará diseñado conforme a las reglas institucionales.
El sistema debe generar un archivo que cumpla con los requerimientos del sistema IDSE del IMSS.	Los datos del sistema deberán estar almacenados en un SGBD.
El sistema debe conectarse a Internet.	Los colores del sistema irán de acorde a los institucionales.
El sistema debe permitir la modificación de los datos.	El software funcionara sin internet, restringiendo algunas funciones.
El sitio web debe permitir al alumno darse de alta en línea.	El sitio web mostrara información de interés para el alumno.
El alumno recibirá un correo de confirmación del registro.	El sistema funcionara en equipos de cómputo de diferentes características.
El sitio web no permitirá la entrada a usuarios diferentes al administrador del acceso a la base de datos almacenada en el servidor.	El sistema tendrá un manual de uso.
El sistema deberá generar estadísticos de acuerdo a los indicadores institucionales	El sitio web tendrá un manual de uso.
El sistema deberá comprobar la integridad de los datos almacenados.	El sistema deberá soportar una gran cantidad de información.
El sistema generara dentro del archivo de salida, un listado de registros erróneos para su fácil manejo.	El sistema será intuitivo sin requerir grandes conocimientos ofimáticos.
El sistema generara el archivo con la fecha del día en que se realizó.	El sitio web deberá funcionar en destinos dispositivos con diferentes resoluciones.

Antes de comenzar la construcción y codificación del sistema, se utilizó un prototipo de baja fidelidad, que consiste en la creación de los diseños de las interfaces utilizando papel y lápiz para pasar posteriormente al bosquejo de la construcción usando el entorno de desarrollo Visual Studio, para la implementación de navegabilidad, funcionalidad e implementación de colores e imágenes, siendo un ejemplo de esta la parte inicial del **Ingreso al Sistema** que se visualiza en la Figura 1 donde se le muestran al usuario las forma de integración de la captura antes mencionadas para su envió al IMSS.

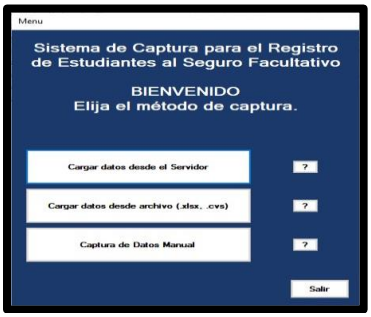


Figura 1. Pantalla inicial de Ingreso al Sistema

 ISSN 2007-8102

Como parte de estas opciones está la de “Captura Manual” que permite al usuario ingresar registros uno a la vez, por lo que se recomienda utilizar solo cuando no se cuente con un archivo .xlsx/.csv o la conexión al servidor no esté disponible, teniendo además el usuario administrador la oportunidad eliminar los registros seleccionados, como se puede observar en la Figura 2.

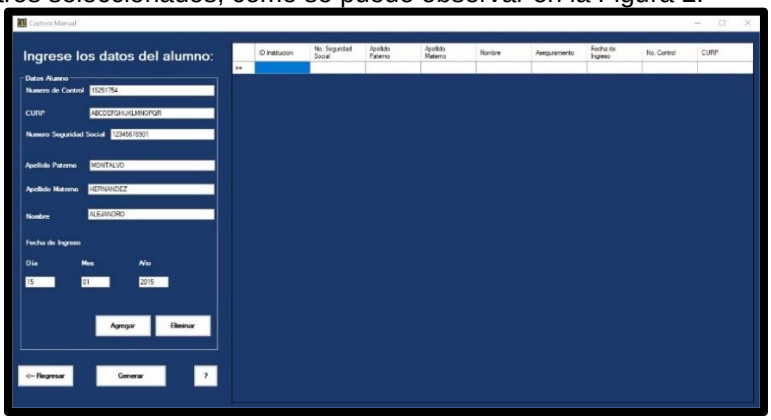


Figura 2. Captura manual de registros

Al terminar de realizar el proceso el usuario generar por la opción el archivo ya procesado y exportarlo en la ubicación que prefiera, ya que la herramienta genera el nombre del archivo automáticamente con la fecha actual y el archivo estará listo para subirse a la plataforma del IMSS.

La herramienta además incluyó un informe estadístico de estudiantes registrados temporalmente o de manera indefinida en la base de datos, siendo las variables solicitadas fecha de ingreso, el número total de hombres y mujeres incluyendo el acumulado de cada fecha de ingreso, esto como parte de los indicadores a reportar para el informe anual.

Ya dentro de la fase de Pruebas, se verifica el consumo de recursos del software, utilizando el administrador de tareas para ver los porcentajes de consumo de la tarea, donde se observa que el sistema ocupa muy pocos recursos, siendo su uso menor del 2% cuando se trabaja con el de manera normal, además se realizan pruebas de generación de archivos de los diferentes métodos de captura: **Captura de Ventana:** el cual es procesado sin verificación de campos ya que esta se realiza dentro del llenado del registro. En el de **Importación de un archivo .xlsx o .csv,** a diferencia de los otros dos métodos de captura, este al ser un sensible a errores de origen externo, separa y enlista en la parte inferior todos los registros que presentaron algún error para su fácil detección y finalmente el de **Importación por Base de Datos,** este solo quiere requiere elegir el periodo interesado y no realiza comprobación debido a que esta se realizó desde que el estudiante envió sus datos desde el sitio web

Con respecto al sitio web la herramienta permite al usuario registrarse sin tener que buscar un horario específico de atención, con la finalidad de que el estudiante no tenga que acudir en forma personal al área correspondiente de su carrera en el Departamento de Servicios Escolares siendo este el objetivo principal del desarrollo estableciendo que fuera adaptativo a diferentes dispositivos como monitores, tabletas, teléfonos inteligentes, etc., además se considera que el diseño del mismo se ha apegado a los estándares de diseño publicados por el Tecnológico Nacional de México, incluyendo medidas de seguridad para que para verificación de usuarios se realice incluyendo algoritmos de encriptación, la pantalla del contenido inicial es como lo muestra la Figura 4 y el de navegación es el que se observa en la Figura.5.



Figura 4. Inicio del Sitio Web

 ISSN 2007-8102

Dentro de la navegación del sitio se especifica la opción de alta para el estudiante quién como requisito para acceder es estar inscrito lo cual se valida en la opción de inicio para lo cual el estudiante debe indicar su número de control con la finalidad de que se le genere su usuario y contraseña y sea enviado a su correo institucional.



Figura 5. Contenido de la Navegación del Sitio Web

Toda vez que se valida el acceso se le permitirá captura su información básica que solicita el IMSS para su integración por parte del Departamento de Servicios Escolares utilizando las opciones del sistema, optimizando los tiempos al utilizar la herramienta. Finalmente, se le enviara un mensaje a su correo institucional con sus datos de alta del IMSS para que el estudiante ya de manera directa realice los trámites faltantes ante la plataforma del IMSS.



Figura 8. Pantalla de validación de usuario

Resultados y discusión

Aplicar una metodología ágil permite que los desarrollos se puedan realizar de forma más rápida, sencilla y no tan complicada, uno de los beneficios de este desarrollo fue que el personal pertenecía a una sola área por lo que esto facilito la definición de la herramienta y la aceptación del diseño de esta, para su desarrollo se utilizaron herramienta como son Visual Studio, PhP, MySQL, HTML, CSS y JavaScript. Durante el plazo de prueba se observó ya con información por parte de los usuarios del área que se tendrán retrasos si la captura de la información básica de los estudiantes no la realizan en tiempo y forma, por lo que para contemplar está situación se integró la opción para permitirle al responsable de carrera la integración en forma manual debido a que ya que se detectó que esta puede ser una causa de retraso, por lo que se le especificara en su proceso de inscripción la necesidad e importancia de completar la información para finalizar su proceso de inscripción a los servicios del IMSS. También los usuarios dentro de las pruebas indicaron la facilidad realizar este proceso de forma digital ya que aún y cuando estaban en sus casas, su proceso no se detuvo al contar con la herramienta mencionando que el proceso de generación del archivo en forma completa validando e integrando la información tarda aproximadamente como máximo 5 minutos lo cual facilitara el proceso del envió al IMSS.

La realización de las pruebas se aplicó posterior a la capacitación en línea, las pruebas de esta herramienta se iniciarán ya en forma operativa funcional a partir del semestre que inicia en septiembre del 2020. Además, se integró en la misma un manual de usuario y un video que se realizó de apoyo a los usuarios de forma que se auxiliaran en cualquier momento para llevar a cabo su proceso, logrando con esto la aprobación para el inicio las pruebas de esta herramienta ya en forma operativa funcional a partir del semestre que inicia en septiembre del 2020. Con este se desarrolló se comprueba que se pueden desarrollar herramientas utilizando la comunicación virtual y la experiencia de los usuarios es factible, considerando que de las principales fortalezas fue el conocimiento del área y el apoyo que se tuvo por parte de estos para indicaran como realizan el

proceso, además de contar con el apoyo y experiencia del jefe del área quién estuvo presente para la elaboración de la herramienta.
Se obtuvo una herramienta sencilla eficaz para este proceso solicitado de forma urgente ante la situación de pandemia acontecida y el ITTLA proporcionara a los estudiantes un servicio de atención digital en un aspecto tan importante como es de contar con los servicios de salud.
La construcción de la herramienta informática para el apoyo del procedimiento de inscripción al Instituto Mexicano del Seguro Social (IMSS), se desarrolló como un Sistema de Información para la mejora de la atención en el servicio al estudiante, proporcionando información valida e integrada de acuerdo a lo solicitado incluyendo la facilidad de acceder a la misma desde cualquier parte y horario adecuado considerando que la aplicación web permite el acceso donde quiera que se encuentre el usuario para utilizarla.
Los resultados obtenidos en esta investigación indican que los beneficios de implementar una herramienta de apoyo al proceso mejoraran en los siguientes aspectos: tiempo de respuesta, colaboración de trabajadores, servicio al estudiante, disminución en costos de recursos utilizados para el proceso. Utilizando la metodología de prototipos para la identificación de los requerimientos, estructuración de procesos puedan ser utilizados y mejorados en cada iteración de la implementación de las mejoras antes de continuar a la fase final de implementación y mejora continua.

Trabajo a futuro

Como parte incluir mejoras a esta herramienta se debe considerar la implementación de un sistema de control de registro que iguale a un carnet informativo donde se pueda integrar información importante con respecto a su seguro facultativo, como sus datos de salud (si tiene alguna enfermedad crónica, tipo de sangre, etc.) así como información de su clínica para poder ser consultada rápidamente, tratamientos especiales, seguimiento de la atención interna que se le da al estudiante por parte del servicio médico interno con que se cuenta por mencionar algunos aspectos.

Conclusiones

Para el desarrollo del sistema tomo varios enfoques como fueron:

- El proceso de acuerdo con las pruebas realizadas permitirá disminuir los tiempos de validación de la información y creación de archivos solicitados por la instancia del IMSS para su alta y/o modificación de registros de los estudiantes
- El dotar a los estudiantes y usuarios de un medio digital que disminuya el tiempo de atención para este servicio y que además lo puedan realizar desde cualquier lugar es entrar a la nueva era del uso de las Tecnologías de Información y Comunicación.
- La utilización de las herramientas de desarrollo permite la compatibilidad con equipos de cómputo fijos y cualquier dispositivo móvil que posea una conexión a internet.
- La creación de formularios, diseños intuitivos y manuales permitirán a los trabajadores futuros, aun cuando sean temporales y con poca experiencia en el uso de las tecnologías ser más eficientes al realizar el proceso.
- El sistema permite la mejora e integración de nuevos módulos en su sitio web y funciones que el departamento pueda plantearse con el pasar del tiempo y en el cambio de los procedimientos.
- El proceso de acuerdo con las pruebas realizadas permitirá disminuir los tiempos de validación de la información y creación de archivos solicitados por la instancia del IMSS para su alta y/o modificación de registros de los estudiantes
- El dotar a los estudiantes de un medio digital que disminuya el tiempo de atención para este servicio y que además lo puedan realizar desde cualquier lugar es entrar a la nueva era del uso de las Tecnologías de Información y Comunicación.

Referencias

[1] Aplimedia, (2019, Abril). *Importancia de la informática en la empresa* [En línea]. Disponible en: https://aplimedia.com/es/importancia-de-la-informatica-en-la-empresa/. [Último acceso: Marzo 01, 2020]

[2] S. C. Riascos, "Modelo para la evaluación de la efectividad de la tecnología informática en el entorno empresarial", *Revista electrónica de Ingeniería e Investigación*, vol. 28, no. 2, pp. 158-166, 2008. [En línea]. Disponible en: http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-56092008000200019&lng=en&nrm=iso. [Último acceso: Marzo 01, 2020]

[3] S. Aït-El-Hadj,*Gestión de la Tecnología: La empresa ante la mutación tecnológica*, Ed. Gestión,1990

[4] F. Crivaro, *La tecnología informática: Una herramienta para incrementar la productividad en conexiones*, 2007, [En línea]. Disponible en: http://download.microsoft.com/download/9/e/3/9e38b91b-8d40-4b19-aa39-fe3673b83748/Conexiones%201.2%20.pdf. . [Último acceso: Abril 03, 2020]

[5] J. I. Criado, "*Modernización administrativa y difusión de innovaciones tecnológicas en la administración local"*, Revista electrónica Internacional de Sociología (RIS)*, vol 62,* nº 39, pp. 63-105, 2004. [En línea]. Disponible en: http://revintsociologia.revistas.csic.es/index.php/revintsociologia/article/view/249. [Último acceso: Marzo 17, 2020]

[6] E. Velasco, "*Ingeniería de sistemas: necesaria pero no suficiente. Un enfoque metafórico del análisis de sistemas de información",* Revista electrónica de Administración Pública, vol. XLIII, nº 116, pp. 12-26, 2008. [En línea]. Disponible en: https://www.inap.mx/portal/images/REVISTA_A_P/revista%20rap%20116ok.pdf. [Último acceso: Abril 28, 2020]

[7] S. Bell and A. T. Wood-Harper, *Rapid Information Systems Development,* Ed. McGraw Hill Publishing Co., 1992

[8] J. Garcia y L.F. Luna, "*Una Breve Introducción al Gobierno Electrónico: Definición, Aplicaciones y Etapas"*, *Revista electrónica de Administración Pública,* vol. XLIII, nº 116, pp. 49-68, 2008. [En línea]. Disponible en: https://www.inap.mx/portal/images/REVISTA_A_P/revista%20rap%20116ok.pdf. [Último acceso: Abril 28, 2020]

[9] K. Zweers y K. Planqué, *Electronic Government. From an Organizational Based Perspective Towards a Client Oriented Approach en Designing E-Government in the Crossroads of Technological Innovation and Institutional Change*", Ed. J. E. J. 91-120,2001

[10] Å.Grönlund, *Electronic Government: Design, Applications, and Management*, Hershey, PA: IDEA Group Publishing, 2001. . [En línea]. Disponible en: http://biblioteca.clacso.edu.ar/Mexico/cide/20170420044526/pdf_660.pdf. [Último acceso: Marzo 01, 2020]

[11] R. Hernández, C. Fernández y P. Baptista, *Metodología de la Investigación*, 3a. Ed. McGraw Hill, 2003.

[12] P. Letelier and C. Penadés, "*Métodologías ágiles para el desarrollo de software: eXtreme Programming (XP*)", Revista electrónica Técnica Administrativa, Buenos Aires, vol. 5 nº 26, 2012. [En línea]. Disponible en: http://www.cyta.com.ar/ta0502/v5n2a1.htm. [Último acceso: Febrero 15, 2020]

[13] K. Beck, *Una explicación de la programación extrema: aceptar el cambio*, Ed. Addison-Wesley, 2002

[14] B. Molina, H. Vite and J. Dávila, "*Metodologías ágiles frente a las tradicionales en el proceso de desarrollo de software*", Revista electrónica Multidisciplinaria de Investigación Científica, 2(17),pp.113-121, 2018, [En línea] Disponible en: http://www.cyta.com.ar/ta0502/b_v5n2a1.htm. [Último acceso: Febrero 20, 2020]

INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

IE01 **Robot con detección de obstáculos usando una línea láser y procesamiento de imágenes** **659**
José Ignacio Vega Luna, José Francisco Cosme Aceves, Gerardo Salgado Guzmán, Víctor Noé Tapia Vargas, Francisco Javier Sánchez Rangel

IE02 **Red de medida PM2.5 en un centro de datos** **667**
José Ignacio Vega Luna, José Francisco Cosme Aceves, Gerardo Salgado Guzmán, Víctor Noé Tapia Vargas, Francisco Javier Sánchez Rangel

IE03 **Sistema fotovoltaico para bombeo de agua, alternativa en Cocula, Guerrero** **675**
Ramiro Ruiz Silva, Enoc Jiménez Romero, Moisés Vázquez Peña, Jaime Román Villalobos, Jonathan Agustín Martínez Bonilla

IE04 **Prototipo autorregulado para la captura de agua contenida en el aire** **683**
Gerardo Alexis Villavicencio Pérez, Oziel Lugo Espinosa, Joel Ayala de la Vega, Irene Aguilar Juárez

IE05 **Prototipo didáctico multipropósito basado en Raspberry Pi y Arduino para la enseñanza virtual de electrónica** **691**
César Hernández Brito, Georgina Guadalupe Rosas Guevara, Carlos Manuel Hernández Mejía

IE06 **Estimación de parámetros eléctricos en celdas solares orgánicas usando modelos estacionarios y fotocorriente modulada** **699**
Mario Espinosa Tlaxcaltecatl, Vianey Monserrath Méndez Reyes, Marco Antonio Alonso Pérez, Jacob Javier Vásquez Sanjuan, Juan Antonio Arízaga Silva

IE07 **Adquisición de señales de sensores capacitivos coplanares por medio de un circuito integrado de propósito específico.** **707**
Armando Carrillo Sánchez, Gerardo Águila Rodríguez, Luis Alfredo Castillo Pavón, Ignacio Herrera Aguilar, José Pastor Rodríguez Jarquín

IE08 **Diseño de sistema de control inalámbrico de iluminación con plataforma Arduino y App inventor** **715**
Kevin García Márquez, Israel Martínez López, Julio Cesar Martínez Hernández, Tania Itzel Ortega Vázquez

IE09 **Medición de micro partículas pm10 mediante sistema electrónico de bajo costo** **723**
Eduardo Gómez Soto, Sigifredo García Alva, Omar Velarde Anaya, Norma Angelica Álvarez Torres, Guillermina Muñoz Zamora

IE10 **Sensores de fuerza en sistemas de rehabilitación física** **731**
Jose De Jesus Agustin Flores Cuautle, Oscar Osvaldo Sandoval González, Citlalli J. Trujillo Romero

IE11 **Sistema didáctico de control PI de nivel de líquidos** **737**
Anilu Martínez Ramón, Blanca Estela González Sánchez, Jose Pastor Rodríguez Jarquín, Albino Martínez Sibaja, Gerardo Águila Rodríguez

IE12 **Implementación de módulo didáctico para el estudio del funcionamiento de los sistemas fototérmicos y fotovoltaicos** **746**
Jose Miguel Zamudio Hernández, Miguel Valerio Canales, Jose Antonio Hernández Reyes, Gabriela Valerio Canales, Jose Cruz Molina Zenteno

IE13 **Diseño de automatización invernadero con ambiente controlado mediante interface Arduino para producción de vegetales** **754**
Jesús Muñiz Blanco, Armando Hernández Machuca, Samira King Delgado

IE14 **Fabricación de un espectrofotómetro-Vis didáctico de bajo costo con Arduino y LabVIEW.** **763**

Alejandro Díaz Medina, Alexis Marco Antonio Romero Pérez, Gabriel Ramírez Dámaso, Leandro Rodrigo González González, Francisco Vidal Caballero Domínguez

IE15 **Diseño de sistema IoT para notificaciones electrodigitales en procesos manufactureros en Confección Unión, Teziutlán, Puebla.** **771**
Yasser Marin Lombard, Hector Vicenteño Rivera, Adriana Pérez López

IE16 **Estudio del transitorio electromagnético de un GS aplicando la transformada de Laplace** **779**
Amin Yanira Mayorga Anaya, Naila Fernanda García Benítez, Jorge L. Arizpe, Filiberto Candia García

IE17 **Celda de procesamiento de Señales IoT en un Dashboard para Agricultura de precisión** **787**
Ali Perez Gomez, Janeth Jimenez Gomez, Adriana Carolina Sanchez Cahuich

 ISSN 2007-8102

Robot con detección de obstáculos usando una línea láser y procesamiento de imágenes

J. I. Vega Luna[1], J. F. Cosme Aceves[1], G. Salgado Guzmán[1], V. N. Tapia Vargas[1], F. J. Sánchez Rangel[1]*

[1]Área de Sistemas Digitales, Departamento de Electrónica, Universidad Autónoma Metropolitana-Azcapotzalco, Av. San Pablo 180, Col. Reynosa, C.P. 02200, Ciudad de México, México

vlji@azc.uam.mx

***Área de participación**: Ingeniería Eléctrica y Electrónica*

Resumen

Se presenta la construcción de un robot cuyo objetivo fue recorrer el perímetro interno de un centro de datos para capturar imágenes del piso. El robot cuenta con un sistema de navegación basado en una tarjeta Arty Z7-10, una cámara de video, un emisor de línea láser y dos sensores ultrasónicos. El funcionamiento está basado en el método de detección de obstáculos en 2D a partir de la línea láser en 1D usando los cambios de gradiente de la línea láser para detectar obstáculos. La programación se implantó en Python y bibliotecas de OpenCV. Las imágenes serán suministradas a otro módulo del sistema, para detectar agua y evitar inundaciones. Las pruebas realizadas indicaron que el tiempo de procesamiento fue 200 ns. A partir de los resultados logrados, el robot puede usarse en otro tipo de aplicaciones de tiempo real.

***Palabras clave**: Navegación, OpenCV, Python, robot.*

Abstract

This paper presents the construction of a robot whose objective was to walk the internal perimeter of a data center to capture images of the floor. The robot has a navigation system based on an Arty Z7-10 card, a video camera, a laser line emitter and two ultrasonic sensors. The operation is based on the 2D obstacle detection method from the 1D laser line using the gradient changes of the laser line to detect obstacles. The programming was implemented in Python and OpenCV libraries. The images will be supplied to another module of the system, to detect water and prevent flooding. Tests carried out indicated that the processing time was 200 ns. Based on the results achieved, the robot can be used in other types of real-time applications.

***Key words**: Navigation, OpenCV, Python, robot.*

Introducción

La operación de un centro de datos debe ser contínua para proporcionar de manera segura y eficiente el acceso a equipos e información de los clientes y usuarios. Existen diferentes aspectos a considerar en la seguridad física de estos recursos. Una amenaza en la operación de un centro de datos son las inundaciones. Éstas pueden ser causadas por diferentes eventos como por ejemplo fenómenos ambientales, accidentes, sabotajes y daños o fugas en las tuberías de los sistemas de enfriamiento y ventanas defectuosas. La presencia de agua puede causar que los equipos alojados en el centro de datos detengan su operación o inclusive se dañen o pierdan la información almacenada en ellos. Comúnmente, los centros de datos no pueden enfrentar una inundación, ya que son instalaciones en crecimiento continuo y carecen de medidas pro-activas basadas en los últimos avances tecnológicos que permitan reaccionar oportunamente en caso de contingencias. En algunos de ellos se encuentran instalados sistemas con sensores de agua en ciertos lugares del mismo. Es difícil, o a veces imposible, cubrir toda el área del piso del centro de datos usando estos sistemas. Una alternativa para la detección de agua es usar un robot móvil que se desplace en el centro de datos y capture imágenes del piso para procesarlas, detectar agua y evitar inundaciones.

Los robots móviles surgen en la década de los 90. Este tipo de robots tiene la capacidad de movimiento sobre entornos no estructurados, de los que posee un conocimiento incierto, mediante la interpretación de la información suministrada a través de sensores y del estado o ubicación del vehículo. Se enfrentan con significativas incertidumbres en la posición e identificación de objetos. La incertidumbre para trasladarse de un punto a otro puede representar una actividad de riesgo para el robot [1]. A raíz de esto, los robots móviles no siguen rutas al destino final con el mismo nivel de precisión que otro tipo de robots como por ejemplo los industriales. Los índices de operación, medidos por la incertidumbre y precisión requeridas de los robots móviles, en relación a los robots industriales fijos, se deben a la existencia de un conjunto diferente de prioridades. Las prioridades en los robots móviles están orientadas a las áreas de sensado y raciocinio [2].

Uno de los principales problemas a resolver en un robot móvil es generar rutas para guiar su movimiento de acuerdo a la información proveniente del sistema de sensores externos. Esto permitirá desplazarse entre dos puntos del ambiente de trabajo de manera segura y sin colisiones. El diseño de rutas exige contar con sistemas de control de trayectorias en diversos niveles jerárquicos, de manera tal que el procesamiento de la información proveniente de los sensores asegure la mayor autonomía posible [3].

Este trabajo se realizó por requerimiento de una empresa operadora de centros de datos. Se solicitó realizar un robot autónomo móvil de bajo costo que realice el recorrido en el perímetro interior del centro de datos, así como capturar y almacenar periódicamente fotografías del piso. Debe considerase que el piso falso del centro de datos no es uniforme, ya que existen escalones y rampas con desnivel en algunas áreas como por ejemplo en las puertas de acceso.

Con base en lo solicitado, la solución propuesta fue desarrollar un robot compacto de dos ruedas equipado con una cámara de video, un emisor de línea láser, dos sensores ultrasónicos y un módulo de navegación. El módulo de navegación usa el método de detección de obstáculos basado en los cambios de gradiente de la línea láser de las imágenes capturadas. El robot es controlado por una tarjeta Arty Z7-10, la cual fue seleccionada de un conjunto de tarjetas de desarrollo entre las cuales se encuentran la Arduino, TI LaunchPad y Pyboard por las siguientes razones: 1) La tarjeta Arty Z7-10 cuenta con los recursos de hardware necesarios para conectar una cámara de video para la captura de las imágenes; 2) El método de detección de obstáculos puede realizarse de forma eficiente utilizando el FPGA que integra la Arty Z7-10; 3) La programación del sistema puede llevarse a cabo en Python. Desde Python se puede usar una gran cantidad de bibliotecas de funciones y herramientas de desarrollo disponibles en la comunidad de software libre de código abierto de fácil instalación, configuración y uso; y 3) Escalabilidad, la tarjeta Arty Z7-10 permitirá en el futuro adicionar funciones al sistema para el módulo de detección de inundaciones.

Durante los últimos años se ha desarrollado una cantidad grande de investigaciones y trabajos de robótica, con características y funciones diversas que incorporan tecnologías recientes para resolver necesidades en muchos campos de la vida humana y procesos industriales. Particularmente, el desarrollo de robots de dos ruedas se ha enfocado en tres líneas: detección de obstáculos, algoritmos de navegación y aplicaciones. La detección de objetos y personas se realiza usando dos técnicas diferentes. La primera utiliza dispositivos electrónicos que incluyen sensores, cámaras de video o cámaras térmicas que activan un actuador o registran el evento. Algunos sensores comúnmente utilizados son los: pasivos infrarrojos (PIR-Passive Infrared), ultrasónicos, láser, emisores de señales de radio y los dispositivos de rango y detección de luz (LIDAR-Light Detection and Ranging). Una desventaja de este tipo de sensores es que no pueden detectar fácilmente objetos y superficies reflejantes ni desniveles en el piso La segunda técnica combina el uso de un dispositivo, como los indicados anteriormente, y un algoritmo o método de visión por computadora [4].

Los robots que usan técnicas basadas en cámaras de video obtienen imágenes del entorno que pueden usarse para reconocer colores, texturas, movimiento y detectar obstáculos. No obstante, uno de los problemas que se presentan al usar las imágenes es que el algoritmo de detección

usado puede ser engañado por patrones específicos, ilusiones ópticas, escenas homogéneas o cambios en el entorno, como por ejemplo cambios de iluminación y movimientos [5].

Se han propuesto varios métodos para extraer información de la profundidad de una escena usando cámaras. Una de las técnicas más usadas por su facilidad de implantar y porque no requiere gran cantidad de recursos computacionales es la triangulación láser. Esta técnica de visión utiliza un haz de luz o línea láser y una cámara dirigidos a un objeto o superficie. Considerando la diferencia de ángulos entre el haz de laser que incide en objeto y el que incide en el sensor de la cámara se puede obtener la profundidad usando relaciones trigonométricas. La distancia vertical entre el láser y el objeto producirá un cambio proporcional en la posición en el sensor. Una variación de esta técnica es usar el gradiente de la luz láser reflejada. Esto es, cuando la línea láser impacta en un objeto o una protuberancia existe un cambio en el gradiente y posición de la línea, lo cual permite detectar objetos y desniveles en el piso y, si es necesario, la distancia al punto de impacto. Se trata de distinguir en la imagen la línea láser usando el gradiente y posición de la línea. Esta fue la técnica usada en este trabajo, para la cual es conveniente usar una línea láser de color rojo con el fin de generar gradientes altos o cambios grandes de intensidad de luz.

La navegación de robots y vehículos guiados automáticamente (AGV-Automatic Guided Vehicles) en ambientes con obstáculos es aún un reto. Las investigaciones realizadas los últimos años en lo referente al desarrollo de algoritmos y métodos para detección y evasión de obstáculos se han concentrado en el desarrollo de técnicas para resolver el mapeo, localización y planeación de rutas en la navegación [6]. Como resultado, se han realizado diversos trabajos cuyo resultado ha sido la creación de robots utilizados en diferentes aplicaciones cuyos sistemas se basan en las siguientes tecnologías: ultrasonido para guiar el robot en aplicaciones clínicas que usan un catéter venoso central [7]; endoscopia para navegar en el tracto humano gastrointestinal y detectar y destruir anormalidades y tejidos malignos [8]; redes de sensores inalámbricos con medidores de rango para micro robots voladores usados la Internet de las Cosas Industriales (Industrial Internet of things-IIoT) [9]; algoritmos de navegación utilizando paradigmas de control cinemático [10]; grupos o clusters de robots para navegación cooperativa en ambientes desconocidos y transporte de objetos usando lógica difusa [11]; localización y navegación en interiores basado en redes de petri y tecnología de identificación por radio frecuencia (RFDI) [12]; dinámica no lineal aplicada en irregularidades del suelo en la agricultura [13]; planeación de movimiento para navegación punto a punto en superficies irregulares de robots esféricos [14]; computación en la nube y procesamiento de imágenes estereoscópicas para navegación remota asistida [15]; navegación basada en imágenes obtenidas con fluoroscopía para cirugías de espina dorsal [16]; navegación basada en aprendizaje con redes neuronales [17]; ajuste de flujo óptico y visión por computadora para la estimación de distancia en robots voladores usados en ambientes interiores y exteriores [18]; redes de sensores para determinar la localización y trazar mapas de la topología de la ruta a seguir [19], navegación asistida por GPS y uso de ondas de radio de VHF [20]; reconocimiento de imágenes y redes neurales profundas [21] y navegación inercial submarina basada en giroscopios y la velocidad Doppler [22].

Las ventajas y aportaciones de este trabajo son las siguientes: 1) El uso del robot no es intrusivo, ya que no se modificó el piso ni la infraestructura del centro de datos; 2) No existe actualmente una solución comercial para detección de inundaciones para un centro de datos. Una vez procesadas las imágenes, por otro módulo que no es parte de este trabajo, se podrá detectar agua en el piso y evitar inundaciones. Esto resuelve una necesidad real, dando oportunidad para tomar medidas adecuadas antes de una emergencia y 3) La tecnología usada es de reciente creación, las herramientas software usadas son de código abierto lo cual redujo la complejidad y costo del sistema.

Metodología

El robot construido está compuesto por dos módulos: el de navegación y el control de movimiento.

El módulo de navegación

 ISSN 2007-8102

La superficie del centro de datos es de 30 x 30 metros y el robot se diseñó para desplazarse en el perímetro interno en sentido de las manecillas del reloj como se indica en la Figura 1.

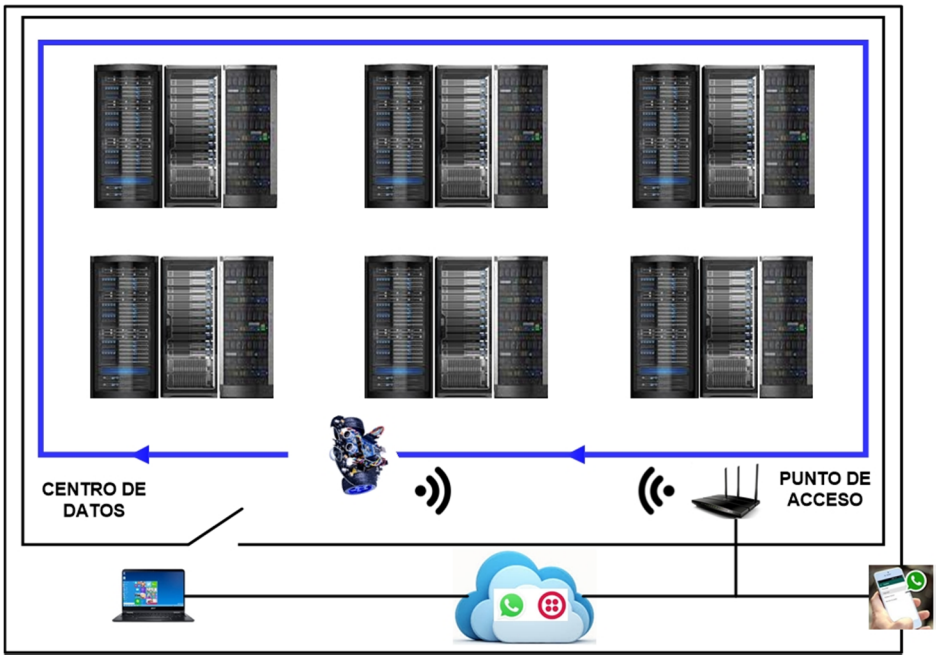


Figura 1. Desplazamiento de robot en el perímetro interno.

En la Figura 2 se indican los componentes del robot. La cámara y el emisor de línea láser se instalaron al frente y los sensores ultrasónicos a los costados del robot. La tarjeta Arty Z7-10 está basada en SoC FPGA XC7Z010-1CLG400C el cual integra un procesador de dos núcleos ARM Cortex-A9. Esta tarjeta cuenta con los siguientes recursos: memoria DDR3 de 512 MB, memoria flash de 16 MB, puerto Gigabit Ethernet, tres puertos USB, un puerto HDMI, push-buttons y leds.

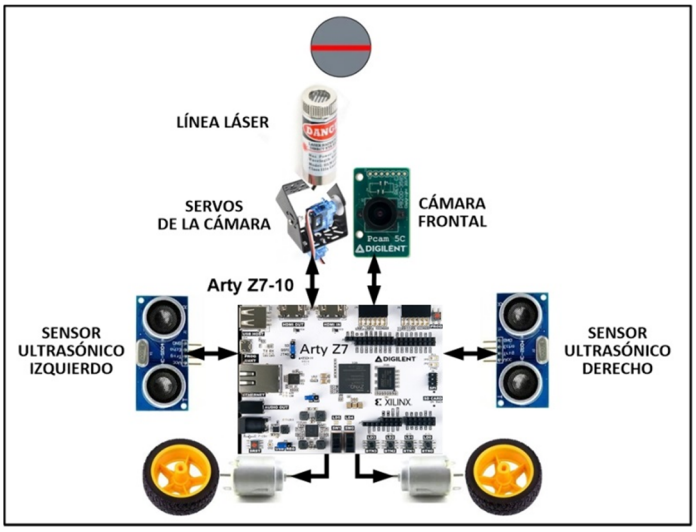


Figura 2. Componentes del robot.

La programación de la Arty Z7-10 se encarga de realizar las siguientes tareas: A) Capturar periódicamente las imágenes del entorno y B) Controlar el movimiento del robot para mantener la ruta de navegación al interior del centro de datos. La programación de la Arty Z7-10 se realizó en Python y funciones de la biblioteca de acceso libre OpenCV.

La cámara de video usada es el dispositivo Logitech C920. Esta cámara de tamaño compacto tiene resolución máxima de 1920x1080 pixeles y 30 cuadros por segundo, enfoque automático y proporciona imágenes en formato H.264 y M-JPEG a través de la salida USB 2.0. La cámara se conectó a un puerto USB de la tarjeta Arty Z7-10 y se instaló en una estructura de movimiento tipo sombrero Pimoroni Pan-Tilt. La estructura integra dos servomotores para el movimiento horizontal panorámico en el eje X, o pan, y para el movimiento vertical en el eje Y, inclinación o tilt. En la estructura Pimoroni se fijó el módulo con diodo láser de línea roja horizontal clase IIa de 5 mW y 650 nm. La alimentación del láser es de 3 a 5 VDC, consume 40 mA máximo y su alcance es 1 metro.

Los servos se mueven en el rango de 180 grados, de -90° a 90°, se alimentan con 5 VDC, trabajan a una frecuencia de 50 Hz, el ancho del pulso de control es de 1 a 2 ms y se mueven a una velocidad de 230 ms cada 60 grados. El control de movimiento del servomotor se realizó usando la biblioteca de funciones de código libre *pantilthat* y mediante la función *pantilthat.pan()* se indica el ángulo o posición en grados. El servomotor se mueve constantemente a lo largo del eje X de forma horizontal, capturando imágenes del entorno cada 30°, cada 115 ms.

El algoritmo usado por el módulo de navegación se basa en la detección de obstáculos a los costados y al frente. Para el primer caso, el robot usa los sensores ultrasónicos, o de ultrasonidos. Los sensores ultrasónicos utilizados en este módulo son los dispositivos HC-SR04. Estos sensores ofrecen buena relación costo/beneficio, ya que son económicos, compactos, fácil de usar y su alcance es de 3 centímetros a 3 metros, con una resolución de 0.3 centímetros. Cada sensor se conectó a dos terminales GPIO de la tarjeta Arty Z7-10. La entrada de disparo del sensor se conectó a una terminal de salida GPIO para generar un pulso de 10 µs y activarlo. La salida del sensor se conectó a una terminal de entrada GPIO para determinar la longitud del pulso de retorno y la distancia del objeto. En caso de no detectar objetos, la longitud del pulso de eco es 36 ms.

La detección de obstáculos al frente y desniveles en el piso se realiza determinando si existen cambios en el gradiente de la línea proyectada por el emisor láser en las imágenes frontales capturadas. Inicialmente se determinó el valor del gradiente máximo de la línea laser en condiciones de reposo, sin obstáculos y con el piso uniforme. Este valor del gradiente en reposo es usado como referencia en la operación del módulo y se obtuvo usando las siguientes fases y funciones de OpenCV: 1) Convertir la imagen a formato YUV; 2) Obtener el componente Y; 3) Aplicación de un filtro Gaussiano para difuminar; 4) Aplicación de un filtro Sobel; y 5) Determinar el gradiente máximo. El algoritmo usa el formato YUV, comúnmente usado en procesamiento de imágenes a color, ya que utiliza tres componentes para representar la imagen: la *Y* indica la luminosidad, intensidad o información de blanco y negro, y la *U* y *V*, que representan la crominancia o información del color. Una forma para determinar cambios en la imagen filtrada es usar derivativas, ya que un cambio alto en el gradiente indica un cambio mayor en la imagen. Para realizar esto, es necesario ubicar los pixeles cuyo gradiente es más mayor que el de sus vecinos. El operador Sobel determina el gradiente de una imagen basado en los cambios de intensidad, o derivativas, horizontal y vertical. Este operador genera una imagen resaltando los bordes detectados y un fondo negro.

Una vez que inicia el recorrido el robot, el programa captura imágenes cada 500 ms. Cada imagen es procesada a través de las cinco fases anteriores. En la última etapa se obtiene el gradiente vertical. Si existe un cambio entre el valor de referencia del gradiente de la línea laser y el obtenido en esta etapa, se asume que se ha detectado un obstáculo o desnivel del piso, el robot se detiene y decide el siguiente movimiento. El algoritmo de módulo de navegación toma como base que el robot se mueve manteniendo a su izquierda la pared y consiste de cinco funciones: *adelante*, *atrás*, *paro*, *giro_derecho* y *giro_izquierdo*. El robot navega a una velocidad de 10 cm/s y se estableció un límite mínimo de 15 cm al que puede estar alejado de una pared u objeto y un límite máximo de 25 cm al que puede estar alejado de la pared izquierda. Es decir, la distancia al obstáculo no debe ser igual o menor a 15 cm. Si el robot detecta un obstáculo al frente a una distancia igual o menor al límite mínimo gira a la derecha 90 grados. El algoritmo activa cada segundo los sensores laterales

para determinar si existe un obstáculo y la distancia al mismo. Si se detecta un obstáculo en los costados a una distancia igual o menor al límite mínimo el robot gira 180 grados. Si se detecta un obstáculo a la izquierda a una distancia menor al límite mínimo, se asume que el robot tiende a moverse y acercarse a la izquierda, entrando a un ciclo en el que invoca las funciones *giro_derecho*, adelante y *giro_izquierdo* hasta corregir la ruta. Si la distancia es igual o mayor al límite máximo se asume que el robot tiende a moverse a la derecha y entra a un ciclo en el que invoca las funciones *giro_izquierdo*, adelante y *giro_derecho* para corregir la ruta. Si el robot no se encuentra en ninguno de los casos anteriores avanza hacia adelante.

El módulo de control de movimiento

La programación de las cinco funciones de movimiento del robot controla la activación de dos moto-reductores de 6 V y 600 rpm usados para girar las ruedas. Los motores se controlan mediante un Puente H conectado a cuatro terminales de salida GPIO de la tarjeta Arty Z7-10. En la Tabla 1 se indican los niveles lógicos utilizados en las terminales de salida para activar los motores según el movimiento a realizar. En la función *adelante*, los valores de ambos motores, se mantienen constantes. Para corregir la ruta, se detiene un motor y se hace avanzar el opuesto para retomar la ruta correcta en función de los sensores ultrasónicos. Para *giro_derecho*, se hace avanzar el motor izquierdo y retroceder el derecho durante 100 microsegundos. Para *giro_izquierdo*, se hace avanzar el motor derecho y retroceder el izquierdo durante 100 microsegundos. Para giro de 180° en la función *atrás*, se repite el proceso anterior durante 200 microsegundos.

Tabla 1. Niveles lógicos de las terminales de salida GPIO que controlan las ruedas del robot.

Función	Nivel de las terminales para el motor derecho		Nivel de las terminales para el motor izquierdo	
adelante	0	1	0	1
atrás	1	0	1	0
paro	0	0	0	0
giro_derecho	0	1	1	0
giro_izquierdo	1	0	0	1

Resultados y discusión

Se realizaron dos grupos de pruebas. El primer conjunto tuvo como objetivo determinar las distancias máxima y mínima a que el robot puede detectar un objeto o desnivel del piso. En algunas de estas pruebas se colocaron diversos objetos frente al robot y en otras se ubicó al robot cercano a desniveles. A pesar de que nominalmente el láser tiene un alcance de un metro, las pruebas indicaron que el emisor debe colocarse con una inclinación de 10° hacia el piso para detectar obstáculos situados a una distancia máxima de 85 centímetros. Con una inclinación menor disminuye el alcance del láser y difícilmente la cámara detecta la línea laser reflejada. La distancia mínima que se logró fue 2 centímetros. Este último valor se debe a dos razones: 1) El tiempo de procesamiento del algoritmo de detección son 200 ms y 2) El robot se mueve hacia adelante a una velocidad de 10 centímetros por segundo, de manera que al terminar la ejecución el algoritmo, el robot avanza 2 centímetros y volverá a ejecutarse el algoritmo antes de avanzar. Esto implica que existe un compromiso entre la velocidad del robot y la distancia mínima al objeto. La distancia es inversamente proporcional a la velocidad. Considerando lo anterior y que el robot captura una imagen antes de ejecutar el algoritmo, la captura de imágenes es cada 200 ms y el algoritmo usa 5 de los 30 cuadros por segundo que proporciona la cámara.

El segundo grupo de pruebas tuvo como objetivo determinar la distancia máxima de detección con los sensores ultrasónicos. El alcance nominal de los sensores es 3 metros, sin embargo las pruebas realizadas mostraron que el alcance real es 2.45 metros. Este resultado es aceptable tomando en cuenta que el robot se mueve a una distancia máxima de 15 centímetros de la pared

izquierda. Pudo haberse usado el método de detección basado en analizar la segmentación de la línea laser al impactar en un obstáculo, sin embargo, la implantación del método de cambio de gradiente resultó relativamente sencilla de implantar y eficiente.

Trabajo a futuro

Existen dos líneas de trabajo a realizar en un futuro inmediato. La primera es realizar la programación para procesar y reconocer las imágenes capturadas y detectar la presencia de agua con el objetivo de evitar inundaciones en el centro de datos. Comúnmente, los algoritmos de reconocimiento demandan mayor cantidad de recursos computacionales que los de detección de obstáculos La implantación del algoritmo a usar se llevará a cabo usando el FPGA que integra la tarjeta Arty Z7-10. La segunda línea es incorporar un mecanismo de control remoto de navegación, mediante el cual pueda indicarse manual o automáticamente la ruta a seguir para el robot pueda moverse en los pasillos del centro de datos o en cualquier lugar.

Conclusiones

Se obtuvo un robot de dos ruedas que se desplaza en el perímetro interior de un centro de datos capturando imágenes cada 200 ms las cuales servirán para detectar agua en el piso y evitar inundaciones. Con base en los resultados logrados, se considera que el tiempo de procesamiento del algoritmo de detección de objetos es aceptable ya que se estima que el algoritmo de detección y reconocimiento de agua o herramienta, como por ejemplo TensorFlow, consuma 250 ms. Esto significa que cada 450 ms el sistema podrá indicar si ha detectado agua y mover el robot a una distancia más cercana al punto donde se encuentra el agua. El robot avanza a una velocidad de 10 centímetros por segundo. Si es necesario que me mueva más rápidamente, deben realizarse cambios mínimos en la programación contemplando que entre mayor sea la velocidad disminuye la distancia a la que se puede detectar un obstáculo.

Referencias

[1] M. Ferro, A. Paolillo, A. Cherubini and M. Vendittelli, "Vision-Based Navigation of Omnidirectional Mobile Robots", *IEEE Robotics and Automation Letters*, vol. 4, no. 3, pp. 2691-2698, 2019.

[2] X. Truong and T. D. Ngo, "Toward Socially Aware Robot Navigation in Dynamic and Crowded Environments: A Proactive Social Motion Model", *IEEE Transactions on Automation Science and Engineering*, vol. 14, no. 4, pp. 1743-1760, 2017.

[3] A. G. C. Gonzalez, M. V. S. Alves, G. S. Viana, L. K. Carvalho and J. C. Basilio, "Supervisory Control-Based Navigation Architecture: A New Framework for Autonomous Robots in Industry 4.0 Environments", *IEEE Transactions on Industrial Informatics*, vol. 14, no. 4, pp. 1732-1743, 2018.

[4] D. D. Uyeh et al., "Evolutionary Greenhouse Layout Optimization for Rapid and Safe Robot Navigation", *IEEE Access*, vol. 7, pp. 88472-88480, 2019.

[5] C. Luo, S. X. Yang, X. Li and M. Q. Meng, "Neural-Dynamics-Driven Complete Area Coverage Navigation Through Cooperation of Multiple Mobile Robots", *IEEE Transactions on Industrial Electronics*, vol. 64, no. 1, pp. 750-760, 2017.

[6] P. J. Costa, N. Moreira, D. Campos, J. Gonçalves, J. Lima and P. L. Costa, "Localization and Navigation of an Omnidirectional Mobile Robot: The Robot@Factory Case Study", *IEEE Revista Iberoamericana de Tecnologias del Aprendizaje*, vol. 11, no. 1, pp. 1-9, Feb. 2016.

[7] D. Wang et al., "Efficient multi-parameter calibration method for CVC assist robot with servo-navigation system", *Journal of Engineering*, vol. 2019, no. 14, pp. 536-542, 2019.

[8] Y. Guo, S. Zhang, A. Ritter and H. Man, "A Case Study on a Capsule Robot in the Gastrointestinal Tract to Teach Robot Programming and Navigation", *IEEE Transactions on Education*, vol. 57, no. 2, pp. 112-121, 2014.

[9] H. Li and A. V. Savkin, "Wireless Sensor Network Based Navigation of Micro Flying Robots in the Industrial Internet of Things", *IEEE Transactions on Industrial Informatics*, vol. 14, no. 8, pp. 3524-3533, 2018.

[10] A. S. Matveev, M. C. Hoy and A. V. Savkin, "Extremum Seeking Navigation Without Derivative Estimation of a Mobile Robot in a Dynamic Environmental Field", *IEEE Transactions on Control Systems Technology*, vol. 24, no. 3, pp. 1084-1091, 2016.

[11] C. Juang, M. Lai and W. Zeng, "Evolutionary Fuzzy Control and Navigation for Two Wheeled Robots Cooperatively Carrying an Object in Unknown Environments", *IEEE Transactions on Cybernetics*, vol. 45, no. 9, pp. 1731-1743, 2015.

[12] F. A. X. Da Mota, M. X. Rocha, J. J. P. C. Rodrigues, V. H. C. De Albuquerque and A. R. De Alexandria, "Localization and Navigation for Autonomous Mobile Robots Using Petri Nets in Indoor Environments", *IEEE Access*, vol. 6, pp. 31665-31676, 2018.

[13] X. Gao et al., "Review of Wheeled Mobile Robots' Navigation Problems and Application Prospects in Agriculture", *IEEE Access*, vol. 6, pp. 49248-49268, 2018.

[14] V. Dwaracherla, S. Thakar, L. Vachhani, A. Gupta, A. Yadav and S. Modi, "Motion Planning for Point-to-Point Navigation of Spherical Robot Using Position Feedback", *IEEE/ASME Transactions on Mechatronics*, vol. 24, no. 5, pp. 2416-2426, 2019.

[15] J. Salmerón-García, P. Íñigo-Blasco, F. Díaz-del-Río and D. Cagigas-Muñiz, "A Tradeoff Analysis of a Cloud-Based Robot Navigation Assistant Using Stereo Image Processing", *IEEE Transactions on Automation Science and Engineering*, vol. 12, no. 2, pp. 444-454, 2015.

[16] S. Li, Z. Du and H. Yu, "A Robot-Assisted Spine Surgery System Based on Intraoperative 2D Fluoroscopy Navigation", *IEEE Access*, vol. 8, pp. 51786-51802, 2020.

[17] E. A. Antonelo and B. Schrauwen, "On Learning Navigation Behaviors for Small Mobile Robots With Reservoir Computing Architectures", *IEEE Transactions on Neural Networks and Learning Systems*, vol. 26, no. 4, pp. 763-780, 2015.

[18] A. Aminzadeh and M. A. A. Atashgah, "Implementation and performance evaluation of optical flow navigation system under specific conditions for a flying robot", *IEEE Aerospace and Electronic Systems Magazine*, vol. 33, no. 11, pp. 20-28, 2018.

[19] A. Gunathillake, H. Huang and A. V. Savkin, "Sensor-Network-Based Navigation of a Mobile Robot for Extremum Seeking Using a Topology Map", *IEEE Transactions on Industrial Informatics*, vol. 15, no. 7, pp. 3962-3972, 2019.

[20] D. Reyes, G. Millan, R. Osorio-Corparan and G. Lefranc, "Mobile Robot Navigation Assisted by GPS", *IEEE Latin America Transactions*, vol. 13, no. 6, pp. 1915-1920, 2015.

[21] J. Bai, S. Lian, Z. Liu, K. Wang and D. Liu, "Deep Learning Based Robot for Automatically Picking Up Garbage on the Grass", *IEEE Transactions on Consumer Electronics*, vol. 64, no. 3, pp. 382-389, 2018.

[22] D. Wang, X. Xu, Y. Yao, Y. Zhu and J. Tong, "A Hybrid Approach Based on Improved AR Model and MAA for INS/DVL Integrated Navigation Systems", *IEEE Access*, vol. 7, pp. 82794-82808, 2019.

Red de medida PM2.5 en un centro de datos

J. I. Vega Luna[1], J. F. Cosme Aceves[1], G. Salgado Guzmán[1], V. N. Tapia Vargas[1], F. J. Sánchez Rangel[1]*
[1]Área de Sistemas Digitales, Departamento de Electrónica, Universidad Autónoma Metropolitana-Azcapotzalco, Av. San Pablo 180, Col. Reynosa, C.P. 02200, Ciudad de México, México
**vlji@azc.uam.mx*
***Área de participación**: Ingeniería Eléctrica y Electrónica*

Resumen

Se presenta un sistema cuyo objetivo fue monitorear remotamente la concentración de partículas PM2.5 en un centro de datos. El sistema se implantó usando una red de cuatro nodos de monitoreo y un nodo central que usan transmisión inalámbrica de tecnología LoRa. El nodo central transmite periódicamente al servidor de la plataforma de IoT Wia dashboard la medida de PM2.5 en cada nodo, la cual se puede visualizar desde una interfaz de usuario. En caso de que la medida sea el valor de umbral, se transmite un mensaje de alerta a un teléfono móvil. Los resultados de las pruebas realizadas mostraron que el alcance de la red es 11.5 kilómetros con línea de vista. A partir de estos resultados se concluye que la red de largo alcance cubre la superficie de casi cualquier instalación donde se necesite monitorear sensores y procesos ubicados remotamente.

***Palabras clave**: Internet, LoRa, PM2.5, SMS.*

Abstract

This paper presents a system whose objective was to remotely monitor the concentration of PM2.5 particles in a data center. The system was implemented using a network of four monitoring nodes and a central node using wireless transmission of LoRa technology. The central node transmits to the IoT Wia dashboard *platform server via PM2.5 measurement on each node, which can be viewed from a user interface. In case the measurement is the threshold value, an alert message is transmitted to a mobile phone. The results of the tests carried out showed that the range of the network is 11.5 kilometers with line of sight. From these results, it is concluded that the long-range network covers the surface of almost any facility where it is necessary to monitor remotely located sensors and processes.*

***Key words**: Internet, LoRa, PM2.5, SMS.*

Introducción

La concentración de materia particulada o PM (Particulate Matter) se utiliza para indicar la calidad del aire y nivel de contaminación del ambiente. La materia particulada está compuesta de partículas pequeñas en estado sólido y líquido suspendidas en el aire que reciben el nombre por la medida de su diámetro expresado en micrómetros. Se presentan en diferentes tamaños de tal forma que algunas se pueden detectar a simple vista mientras que otras solo pueden verse usando un microscopio electrónico. Están formadas por una diversidad de elementos como ceniza, hollín, polvo, metal, polen, humo y cemento, entre otros. Las PM pueden clasificarse, considerando su tamaño, en tres tipos principales: 1) La gruesa, denominada PM10, cuyo diámetro aerodinámico es igual o menor a 10 µm o 10 micrómetros y mayor a 2.5 µm; 2) La fina, llamada PM2.5, con diámetro aerodinámico igual o menor a 2.5 µm y mayor a 1 µm; y 3) La ultra fina, denominada PM1.0, que tiene un diámetro aerodinámico igual o menor a 1 µm. Las dos últimas son 100 veces más delgadas que un cabello humano, son las más dañinas a la salud y tienen su origen principalmente en fuentes antropogénicas como por ejemplo las emisiones de vehículos diésel. Las PM10 se originan principalmente por fuentes naturales [1].

Debido al tamaño pequeño y la composición liviana, las PM 2.5 y PM1.0 pueden viajar en el viento a grandes distancias. Permanecen más tiempo en el aire que las más pesadas y son 100% respirables de tal forma que tanto el ser humano como los animales las inhalan. Esto posibilita que penetren por la nariz, se desplacen por la garganta y viajen profundamente a los pulmones pudiendo llegar hasta los alveolos o al torrente sanguíneo. Pueden causar tos, irritaciones, dolor de cabeza, opresión en el pecho, dificultad para respirar, enfermedades graves respiratorias, problemas cardiacos, derrames cerebrales e incluso muerte prematura [2].

Comúnmente, la medida de calidad del aire se indica como la concentración media, diaria y anual, de microgramos de partículas PM por metro cúbico ($\mu g/m^3$) de aire. Las directrices publicadas por la Organización Mundial de la Salud (OMS) acerca de la calidad del aire en las ciudades, indican los niveles de PM máximos permisibles para evitar riesgos en la salud. Estas directrices han fijado estos niveles con los valores siguientes: 1) Para PM10, la media anual es 20 $\mu g/m^3$ y la media en 24 horas es 50 $\mu g/m^3$; y 2) Para PM2.5, la media anual es 10 $\mu g/m^3$ y la media en 24 horas es 25 $\mu g/m^3$. Con esta reducción de la contaminación, la OMS señala que se disminuyen en 15 a 20% las defunciones humanas [3, 4, 5].

Es difícil, o a veces imposible, evitar estas partículas en el exterior pero se puede medir su concentración para evitar riegos y tomar medidas precautorias. Para informar acerca de la contaminación y calidad del aire, en muchas ciudades se usa la medida de PM10. Sin embargo, recientemente algunas otras han optado por utilizar la medida de partículas suspendidas PM2.5, ya que es un indicativo más certero porque en su mayoría provienen de las emisiones de vehículos. De hecho, la OMS recomienda usar PM2.5 para señalar la concentración de partículas materiales en el ambiente [6, 7].

En la actualidad, se usan cinco técnicas principales para medir la concentración de partículas suspendidas en el ambiente: 1) La atenuación por radiación beta. Se basa en el uso de un elemento radiactivo, como el carbono 14, que emite electrones de alta energía, o rayos beta, sobre una muestra de aire para medir la atenuación de la señal de la radiación, determinando la masa de partículas PM; 2) La espectrometría de absorción ultravioleta. Mide la concentración de ozono en el aire usando la propiedad del ozono de absorber la radiación ultravioleta de un rango específico de longitud de onda; 3) La quimioluminiscencia, se utiliza para medir la concentración de bióxido de nitrógeno en el aire. Consiste en generar luz a partir de una reacción química reaccionado dos compuestos que al formar un tercero en estado excitado, o de alta energía, y retornar a su estado básico libera energía en forma de fotones de luz. La intensidad de la luz emitida es proporcional a la concentración del contaminante; 4) La espectrometría de absorción en el infrarrojo. Se emplea para determinar la cantidad de CO y se basa en la cantidad de radiación generada por la muestra al ser incidida por una fuente infrarroja; y 5) La dispersión láser. Se basa en la dispersión de un láser para radiar las partículas suspendidas en el aire y recolectar la luz radiada obteniendo la curva de cambios de luz en el tiempo [8].

Conforme la población del planeta crece, la calidad del aire en las grandes ciudades se ha convertido en un problema crítico. La contaminación del medio ambiente, particularmente por PM2.5, ha traído como consecuencia problemas en la salud humana. Esto ha dado origen a que las investigaciones realizadas en torno al estudio, análisis y prevención de este problema se concentren en tres líneas: A) Técnicas de medida y estimación más eficientes; B) Métodos para predicción de concentración de PM2.5; y C) Eliminación de PM2.5 [9]. En cuanto a la primera línea, los trabajos llevados a cabo se han basado en el uso de: radiación de terahertz (THz) y el espectro de absorción de partículas PM2.5 [10]; fotografías e imágenes, en lugar de usar métodos tradicionales basados en instrumentos, y similitud del gradiente y perfiles de distribución de valores de pixeles en el mapa de saturación [11]; redes neuronales para analizar efecto de emisión de contaminantes de industrias químicas y agricultura [12]; clusters de estaciones de monitoreo y plataformas de IoT en ciudades inteligentes [13]; la transformada wavelet y algoritmos de aprendizaje profundo considerando la no linealidad de la serie en el tiempo de la concentración de PM.25 [14]; la inferencia estadísticas no paramétrica de Friedman [15]; la profundidad óptica de

aerosoles (AOD) y epectroradiometro de imágenes de baja resolución para medir la dispersión y absorción de luz visible por las partículas PM2.5 presentes en la atmósfera [16] y la interpolación espacial de medidas en lugares donde las estaciones de monitoreo son pocas, se encuentran distantes una de otra, tienen diferente resolución, escalas y densidades, extendiendo así la cobertura [17].

En referencia a la segunda línea de investigación, los trabajos realizados recientemente se basan en métodos determinísticos, estadísticos, geo-estadísticos, inteligencia artificial con aprendizaje de máquinas y redes neuronales. Los resultados de estos trabajos han sido modelos de predicción que utilizan: redes neuronales convolucionales [18]; comparación de imágenes capturadas con un teléfonos móviles y características de entropía en el dominio espacial y de la transformada [19]; modelos autorregresivo integrado de promedio móvil (ARIMA) [20]; modelo de regresión del uso de la tierra (LUR) y máxima entropía Bayesiana (BME) [21] y sensores remotos basados en satélites y profundidad óptica de aerosoles [22] y combinaciones de redes de aprendizaje profundo y la técnica de pesos de distancias [23]. En cuanto a las tecnologías creadas los últimos años para la eliminación y absorción de PM2.5, se han desarrollado sistemas que emplean: hojas de grafeno y nano materiales [24]; rectores de plasma de descarga de barrera dieléctrica (DBD) [25] y algoritmos para el suministro de energía eléctrica en base al nivel de concentración de PM2.5 [26], entre otros.

Un tipo de instalaciones específico donde es importante medir la calidad del aire en el ambiente son los centros de datos y laboratorios. A pesar de que los centros de datos cuentan con equipo de filtrado de aire, ventilación y enfriamiento, los remanentes de partículas PM2.5 y mayores, se acumulan en los gabinetes del equipo de cómputo y telecomunicaciones. A mediano plazo, este material puede interferir con la operación del equipo, causar calentamiento, que detenga su operación o inclusive que se dañe.

El desarrollo de este trabajo fue solicitado por una empresa operadora de centros de datos donde el objetivo planteado fue realizar un sistema de monitoreo periódico de PM2.5 en cuatro ubicaciones de la sala de equipos. Se requirió que el sistema: 1) Registre la medida de PM2.5 de cada ubicación; 2) No necesite cableado adicional ni utilice el existente en la sala de equipos; 3) Cuente con una interfaz de usuario que pueda invocarse desde la Internet para monitorear en línea e históricamente el nivel de PM2.5 e indicar las coordenadas GPS de la ubicación de los nodos; y 4) Sea de tamaño compacto, precio económico y fácil de instalar y operar. En caso de que la medida de PM2.5 alcance el valor de umbral configurado, debe transmitirse un mensaje de alerta a un teléfono móvil. Para la conexión a la Internet existe un punto de acceso WiFi.

Considerando los requerimientos planteados, se llevó a cabo un sistema basado en una arquitectura de red de cuatro nodos de monitoreo y un nodo central los cuales usan transmisión inalámbrica de tecnología LoRa. Ambos tipos de nodos se diseñaron usando la tarjeta Pyboard. El nodo central se conecta a la Internet a través del punto de acceso WiFi para transmitir periódicamente y registrar en el servidor de la plataforma de IoT Wia dashboard la medida de PM2.5. La interfaz de usuario reside en un servidor web implantado en el nodo central. El mensaje de alerta se envía a través de la plataforma de IoT Twilio.

Se ha realizado una cantidad importante de trabajos e investigaciones para medir concentración de partículas y calidad del aire con diversos propósitos y aplicaciones. Las aportaciones y beneficios del trabajo aquí presentado son las siguientes: 1) No existe hasta ahora una aplicación similar a la desarrollada, la cual resuelve una necesidad específica, real y actualmente está en operación; 2) La instalación y funcionamiento no interfiere con la operación, infraestructura ni medios de transmisión del centro de datos, ya que el medio de comunicación usado es inalámbrico; 3) Se usó una tarjeta PyBoard de última tecnología y precio accesible la cual no requiere un sistema operativo y ofrece mayor cantidad de recursos que otras de su tipo como Arduino o Raspberry; y 4) Se usaron plataformas de IoT en la nube de bajo costo y reciente creación que proporcionan el servicio para almacenar la información de los sensores y permiten que el responsable del centro de datos sea notificado inmediatamente de cualquier eventualidad.

 ISSN 2007-8102

Metodología

La metodología usada para la implantación del sistema fue dividir la red de monitoreo en cuatro nodos sensores y un nodo central. A continuación, se diseñaron los nodos y posteriormente se eligieron los componentes adecuados pasa su desarrollo.

Los nodos sensores

La arquitectura de los nodos sensores está compuesta por cuatro elementos: la tarjeta Pyboard, el sensor PM2.5, el módulo GPS y el transceptor LoRa, como se indica en la Figura 1.

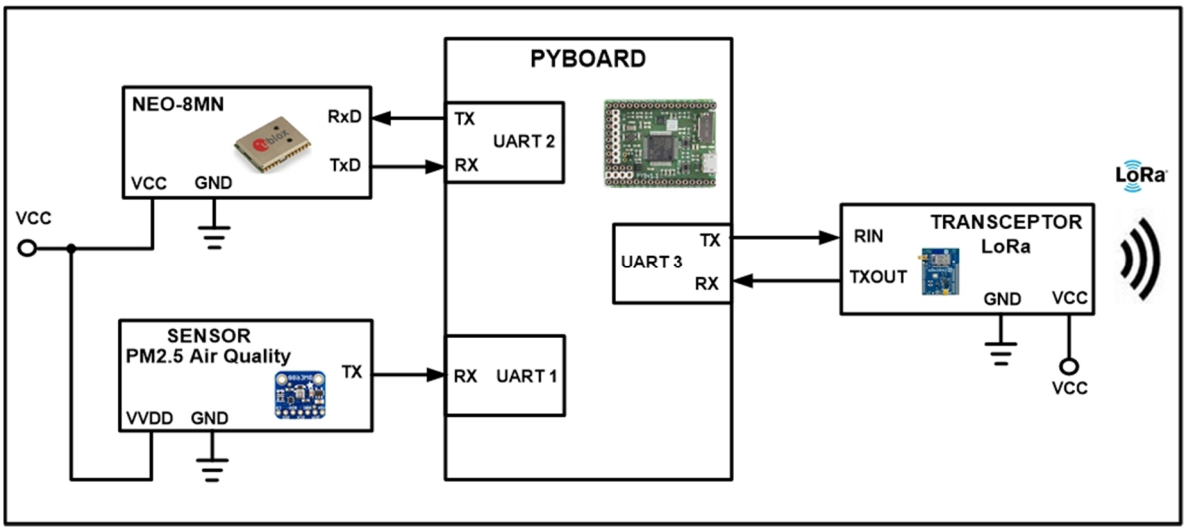


Figura 1. Arquitectura de los nodos sensores.

La tarjeta PyBoard PYBV1.0 es una de las más usadas en su tipo para ejecutar programas realizados en Mycropython. Cuenta con los siguientes recursos hardware: microcontrolador STM32F405RG con CPU Cortex M4 de 168 MHz y punto flotante, puerto USB, memoria flash ROM de 1024 KB, memoria RAM de 192 KB, ranura para tarjeta Micro SD, acelerómetro de 3 ejes (MMA7660), reloj de tiempo real, 29 terminales de entrada/salida de propósito general, 3 convertidores analógico/digital de 12 bits, 2 convertidores digital/analógico de 12 bits, 2 puertos UART, 2 puertos I^2C, 4 puertos USART, programa de bootloader para actualización del firmware y se alimenta con 3.3 V.

El sensor de PM2.5 usado es el dispositivo Adafruit PM2.5 Air Quality. El funcionamiento de este dispositivo se basa en la técnica de dispersión láser. Integra un microprocesador que usa los cambios de luz para determinar el diámetro equivalente y cantidad de partículas con diámetro diferente por unidad de volumen. El sensor PM2.5 Air Quality cuenta con tres terminales principales. La primera es para la alimentación de 5 V, las segunda para tierra y la tercera, TX, es la salida serie mediante la cual entrega el resultado, cada segundo, de la medida de concentración de partículas a una velocidad de 9,600 bps. La terminal TX se conectó a la entrada RX del puerto UART1 de la tarjeta Pyboard. Este sensor proporciona la concentración de partículas PM1.0, PM2.5 y PM10 en unidades estándares, o (μ/m^3), y ambientales así como la cantidad de partículas de tamaño 0.3um, 0.5um, 1.0um, 2.5um, 5.0um y 10um por cada 0.1 L de aire. La rutina de lectura de la información anterior no requirió bibliotecas adicionales a las que integra Micropython.

Para obtener las coordenadas de ubicación geográfica de los nodos sensores se utilizó el módulo NEO-8MN. Este módulo cuenta con antena de cerámica integrada, proporcionando el valor de los parámetros medidos en forma serie por medio de uno de los siguientes tipos de puertos: UART, USB, I^2C y SPI. Se alimenta con 3.6 V, consume menos de 21 mA y tiene una precisión de 2.5 metros. Se usó el puerto UART2 de la tarjeta Pyboard para acceder al NEO-8MN. La información

leída desde este módulo es a través de mensajes que siguen el protocolo NMEA, el cual es una especificación eléctrica y de intercambio de información, definida por la National Marine Electronics Association que se utiliza en la comunicación de dispositivos electrónicos de navegación marina como: anemómetros, sonares, giroscopios y receptores GPS. Cuenta con varios tipos de mensajes. El mensaje NMEA usado por el módulo NEO-8MN para indicar la ubicación y la hora, se denomina GPGGA y significa Global Positioning System Fix Data. Este mensaje se compone de 18 campos, entre los cuales se encuentran la ubicación y la hora. El intercambio de mensajes entre la tarjeta Pyboard y el NEO-8MN se realizó usando la biblioteca de funciones de código abierto MicropyGPS.

El transceptor inalámbrico utilizado en los nodos sensores es el dispositivo de tecnología LoRa LL-RXR-27. Este dispositivo es compatible con redes públicas LoRaWAN 1.0 y con redes privadas de área amplia. Usa las bandas de frecuencia de 915 MHz ISM u 868 MHz. Está compuesto por un DSP Semtech SX1276 y un microcontrolador de 32 bits Renesas R5F51116ADNE. El DSP SX1276 implanta la capa física usando modulación LoRa y el firmware del microcontrolador R5F51116ADNE implanta la pila de protocolos de red y la interfaz de comandos para la comunicación con el microcontrolador. Se alimenta con 3.3 V, consume menos de 1 μA en reposo, 480 mA en transmisión y 40 mA en recepción. Cuenta con memoria flash de 256 KB, memoria RAM de 32 KB y utiliza una potencia máxima de transmisión de 23 dBm. La velocidad de transmisión RF del transceptor LL-RXR-27 es de 183 bps a 37.5 Kbps y la velocidad de transmisión del puerto serie UART es 115,200 bps. La comunicación entre el microcontrolador de la tarjeta PyBoard y este transceptor usa el protocolo maestro/esclavo. El microcontrolador realiza las funciones de maestro y el transceptor LL-RXR-27 es el esclavo, intercambiando paquetes de comando y paquetes de respuesta. El maestro envía paquetes de comando, mientras que el esclavo transmite paquetes de respuesta. El LL-RXR-27 de cada nodo de la LPWAN transmite la medida de flujo aire, las coordenadas GPS y la hora a la puerta de enlace de la LPWAN. El UART del LL-RXR-27 se conectó al puerto UART3 de la tarjeta PyBoard para llevar a cabo la comunicación serie.

Las funciones de los nodos sensores son las siguientes: leer cada 60 segundos el valor de PM2.5, obtener las coordenadas GPS del nodo y transmitir la información anterior, conjuntamente con la hora, al nodo central. Para llevar a cabo las funciones anteriores, la programación del microcontrolador se realizó en Python y realiza las tareas siguientes: 1) Configura los puertos UART e inicializa el sensor PM2.5, el módulo GPS y el transceptor LoRa; 2) Transmite el mensaje al nodo central para unirse a la red LoRa; 3) Arranca el temporizador de 60 segundos; y 4) Activa el modo de reposo o bajo consumo de energía. Cuando el microcontrolador recibe la interrupción del temporizador realiza la lectura del sensor Adafruit PM2.5 Air Quality y del módulo NEO-8MN; transmite al nodo central, por medio del transceptor LoRa, el valor de los parámetros leídos y retorna al modo de reposo. En la Figura 2 se indica el diagrama de flujo usado para realizar esta programación.

El nodo central

El nodo central está compuesto por la tarjeta PyBoard, el transceptor LoRa y la interfaz inalámbrica WiFi. La comunicación con los nodos de monitoreo la lleva a cabo por medio del transceptor LoRa LL-RXR-27 y para la conexión a la Internet usa el circuito TinySine WiFi Skin for PyBoard. Las tareas que realiza la programación de este nodo son las siguientes: 1) Configura el transceptor LoRa y la interfaz WiFi; 2) Entra a un ciclo en el que invoca la función que implanta la interfaz de usuario y espera la interrupción del UART al que se conectó el transceptor LoRa. La función que atiende la interrupción del UART se encarga de recibir la información de los nodos sensores y transmitirla al servidor de la plataforma de IoT Dashborad wia por medio de un mensaje. El mensaje contiene el identificador del módulo sensor, la medida de PM2.5, la fecha y la hora. En caso de que la medida de PM2.5 de uno o más nodos sensores alcance el umbral configurable, transmite al mensaje de alerta de WhatsApp usando la REST API de Twilio.

 ISSN 2007-8102

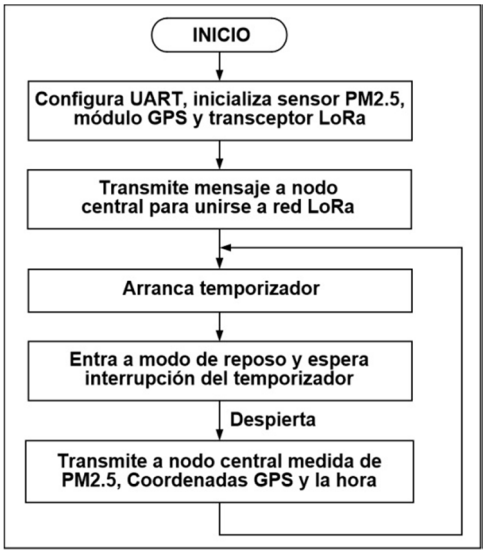


Figura 2. Diagrama de flujo usado en la programación de los nodos sensores.

La interfaz de usuario es una página creada con HTML mostrada por el servidor web. Éste accede la información registrada en el servidor de Wia dashboard. En la interfaz de usuario se visualiza en línea la medida PM2.5 de los nodos sensores, las coordenadas GPS de la ubicación, la fecha y la hora. La interfaz de usuario permite descargar a un archivo de texto la información histórica colectada por los nodos de la red y configurar el periodo de muestreo de medida de PM2.5 y el número de teléfono móvil. La implantación del servidor web se realizó usando la biblioteca de código abierto *uasyncio.start_server*. Esta biblioteca fue diseñada para realizar servidores web con microcontroladores, llamados *picowebs*, usando la cantidad mínima de memoria RAM.

Resultados y discusión

Se ejecutaron dos grupos de pruebas. El primer grupo tuvo como objetivo comprobar la exactitud de la medida reportada por el sistema. Para realizar estas pruebas, se utilizó un medidor del mismo tipo que el utilizado en la certificación de la operación de centros de datos para obtener el valor de PM2.5. Este valor se usó como referencia en las pruebas. La primera prueba fue comparar la medida reportada en la interfaz de usuario por un nodo sensor al interior del centro de datos, 10.19 $\mu g/m^3$, con la medida de referencia, 10.25 $\mu g/m^3$. A partir de la segunda pruebas se ubicó el nodo sensor fuera del centro de datos para medir el nivel de PM2.5 en el ambiente y generando humo al quemar 20 distintos materiales. En cada una de las 20 pruebas existió una diferencia pequeña entre la medida de la interfaz de usuario y la de referencia, de manera tal que la exactitud fue en |promedio de ±0.59%.

El objetivo del segundo grupo de pruebas fue determinar el alcance de la red. El nodo sensor más lejano se ubica a 120 metros del nodo central y no se presentaron problemas de comunicación entre los nodos. Sin embargo, para obtener el alcance de la transmisión LoRa se ubicó un nodo sensor fuera del centro de datos a diferentes distancias del nodo central con línea de vista. Los resultados de las pruebas mostraron que el alcance logrado de la red es 11.5 kilómetros. A distancias mayores el enlace entre ambos nodos se perdió.

La cantidad de mensajes enviados a las plataformas Wia dashboard y Twilio permiten usar sin costo los servicios proporcionados por ambos proveedores. En caso de transmitir mayor cantidad de información deberá considerarse el uso de una licencia de mayor capacidad. Se pudo haber realizado la comunicación de los nodos sensores al central usando tecnología WiFi, no obstante, el alcance de la red hubiera sido mucho menor al logrado con tecnología LoRa.

Trabajo a futuro

El trabajo a realizar a corto plazo es incorporar a los nodos sensores medidores de humedad, temperatura y presión de gas del sistema de enfriamiento. La conexión de éstos a la tarjeta Pyboard será usando terminales de entrada GPIO, lo cual requerirá realizar adiciones sencillas en la programación de los nodos y en la interfaz de usuario. De manera similar, se ubicarán algunos nodos sensores fuera del centro de datos a una distancia de 15 kilómetros, para lo cual será necesario configurar nodos de la red que funcionen como repetidores LoRa.

Conclusiones

A partir de los resultados logrados se obtuvieron las conclusiones siguientes: 1) El alcance logrado permite usar el sistema desarrollado en ambientes o aplicaciones donde sea necesario monitorear sensores y procesos ubicados remotamente; 2) El alcance de 11.5 kilómetros, es mayor al que se puede alcanzar usando otras tecnologías inalámbricas tradicionales; 3) La instalación no es intrusiva, no necesita el uso de cableado adicional y 4) Los nodos de la red se alimentan con baterías que pueden durar varios años. Se usaron bibliotecas de funciones de código abierto y plataformas de IoT cuyo beneficio se reflejó en la reducción del tiempo de implantación y complejidad del sistema. Estas plataformas están respaldadas por servidores en la nube permanentemente disponibles, lo que trae como beneficio que el usuario del sistema no tenga que ocuparse de la instalación, mantenimiento y costos asociados a los servicios proporcionados.

Referencias

[1] T. Mehmood, Z. Tianle, I. Ahmad and X. Li, "Integration of AirQ+ and particulate matter mass concentration to calculate health and ecological constraints in Islamabad, Pakistan", *16th International Bhurban Conference on Applied Sciences and Technology (IBCAST)*, Islamabad, Pakistan, pp. 248-254, 2019.

[2] N. Alattar and J. Yousif, "Evaluating Particulate Matter (PM2.5 and PM10) Impact on Human Health in Oman Based on a Hybrid Artificial Neural Network and Mathematical Models", *International Conference on Control, Artificial Intelligence, Robotics & Optimization (ICCAIRO)*, Athens, Greece, pp. 129-135, 2019.

[3] F. H. Hung et al., "An Adaptive Indoor Air Quality Control Scheme for Minimizing Volatile Organic Compounds Density", *IEEE Access*, vol. 8, pp. 22357-22365, 2020.

[4] Organización Mundial de la Salud, "Directrices de la OMS sobre la calidad del aire de interiores: quema de combustibles en los hogares", Número de referencia OMS: WHO/FWC/IHE/14.01, 2014, disponible en: https://www.who.int/phe/publications/indoor-air-quality/es/.

[5] Organización Mundial de la Salud, "Guías de calidad del aire de la OMS relativas al material particulado, el ozono, el dióxido de nitrógeno y el dióxido de azufre", Número de referencia OMS: WHO/SDE/PHE/OEH/06.02, 2006, disponible en: https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/69478/WHO_SDE_PHE_OEH_06.02_spa.pdf?sequence=1.

[6] U. S. Environmental Protection Agency, "Draft Integrated Review Plan for the National Ambient Air Quality Standards for Particulate Matter", 2016, disponible en: https://yosemite.epa.gov/sab/sabproduct.nsf/264cb1227d55e02c85257402007446a4/EB862B233FBD0CDE85257DDA004FCB8C/$File/Draft+Integrated+Review+Plan+for+the+PM+NAAQS_CASAC+Review+Draft.pdf.

[7] Diario Oficial de la Federación, "NORMA Oficial Mexicana NOM-025-SSA1-2014, Salud ambiental. Valores límite permisibles para la concentración de partículas suspendidas PM10 y PM2.5 en el aire ambiente y criterios para su evaluación", 2014, disponible en: http://www.spabc.gob.mx/wp-content/uploads/2017/12/NOM-025-SSA1-2014.pdf.

[8] P. W. Oluwasanya, A. Alzahrani, V. Kumar, Y. A. Samad and L. G. Occhipinti, "Portable multi-sensor air quality monitoring platform for personal exposure studies", *IEEE Instrumentation & Measurement Magazine*, vol. 22, no. 5, pp. 36-44, 2019.

[9] L. Chen, Y. Ho, H. Hsieh, S. Huang, H. Lee and S. Mahajan, "ADF: An Anomaly Detection Framework for Large-Scale PM2.5 Sensing Systems", *IEEE Internet of Things Journal*, vol. 5, no. 2, pp. 559-570, 2018.

[10] H. Zhan et al., "Evaluating PM2.5 at a Construction Site Using Terahertz Radiation", *IEEE Transactions on Terahertz Science and Technology*, vol. 5, no. 6, pp. 1028-1034,.2015.

[11] G. Yue, K. Gu and J. Qiao, "Effective and Efficient Photo-Based PM2.5 Concentration Estimation", *IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement*, vol. 68, no. 10, pp. 3962-3971, 2019.

[12] J. Chang and C. Tseng, "Analysis of Correlation Between Secondary PM2.5 and Factory Pollution Sources by Using ANN and the Correlation Coefficient", *IEEE Access*, vol. 5, pp. 22812-22822, 2017.

[13] S. Mahajan, H. Liu, T. Tsai and L. Chen, "Improving the Accuracy and Efficiency of PM2.5 Forecast Service Using Cluster-Based Hybrid Neural Network Model", *IEEE Access*, vol. 6, pp. 19193-19204, 2018.

[14] W. Qiao, W. Tian, Y. Tian, Q. Yang, Y. Wang and J. Zhang, "The Forecasting of PM2.5 Using a Hybrid Model Based on Wavelet Transform and an Improved Deep Learning Algorithm", *IEEE Access*, vol. 7, pp. 142814-142825, 2019.

[15] W. Hernandez, A. Mendez, R. Zalakeviciute and A. M. Diaz-Marquez, "Analysis of the information obtained from PM2.5 concentration measurements in an urban park", *IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement*, Early Access Article, pp. 1-1, 2020.

[16] X. Chen, H. Li, S. Zhang, Y. Chen and Q. Fan, "High Spatial Resolution PM2.5 Retrieval Using MODIS and Ground Observation Station Data Based on Ensemble Random Forest", *IEEE Access*, vol. 7, pp. 44416-44430, 2019.

[17] M. Tang, X. Wu, P. Agrawal, S. Pongpaichet and R. Jain, "Integration of Diverse Data Sources for Spatial PM2.5 Data Interpolation", *IEEE Transactions on Multimedia*, vol. 19, no. 2, pp. 408-417, 2017.

[18] T. Li, M. Hua and X. Wu, "A Hybrid CNN-LSTM Model for Forecasting Particulate Matter (PM2.5)", *IEEE Access*, vol. 8, pp. 26933-26940, 2020.

[19] K. Gu, J. Qiao and X. Li, "Highly Efficient Picture-Based Prediction of PM2.5 Concentration", *IEEE Transactions on Industrial Electronics*, vol. 66, no. 4, pp. 3176-3184, 2019.

[20] S. Chang, C. Chang, L. Li and S. Liao, "Reinforcement Learning for Improving the Accuracy of PM2.5 Pollution Forecast Under the Neural Network Framework", *IEEE Access*, vol. 8, pp. 9864-9874, 2020.

[21] J. He, G. Christakos and P. Jankowski, "Comparative Performance of the LUR, ANN, and BME Techniques in the Multiscale Spatiotemporal Mapping of PM2.5 Concentrations in North China", *IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing*, vol. 12, no. 6, pp. 1734-1747, 2019.

[22] Y. Sun, Q. Zeng, B. Geng, X. Lin, B. Sude and L. Chen, "Deep Learning Architecture for Estimating Hourly Ground-Level PM2.5 Using Satellite Remote Sensing", *IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters*, vol. 16, no. 9, pp. 1343-1347, 2019.

[23] J. Ma, Y. Ding, V. J. L. Gan, C. Lin and Z. Wan, "Spatiotemporal Prediction of PM2.5 Concentrations at Different Time Granularities Using IDW-BLSTM", *IEEE Access*, vol. 7, pp. 107897-107907, 2019.

[24] Y. Chan, L. Xia, Y. Ren and Y. Chen, "Multi-scale modelling on PM2.5 encapsulation inside doubly-layered graphene", *Micro & Nano Letters*, vol. 10, no. 12, pp. 696-699, 2015.

[25] X. Huang et al., "Investigation of the Arrayed Dielectric Barrier Discharge Reactor for PM2.5 Removal in Air", *IEEE Transactions on Plasma Science*, vol. 44, no. 8, pp. 1341-1348, 2016.

[26] S. Peng, H. Wang, Y. Zhang, D. Liu, J. Li and H. Ma, "Dispatch for Urban Integrated Heat and Power System Considering Secondary PM2.5 Under Smart Environmental Sensing", *IEEE Access*, vol. 7, pp. 179163-179184, 2019.

Sistema fotovoltaico para bombeo de agua, alternativa en Cocula, Guerrero

R. Ruiz Silva[1], E. Jiménez Romero, M. Vázquez Peña, J. Román Villalobos, J. A. Martínez Bonilla

[1]Departamento de Ciencias de la Tierra, Instituto Tecnológico de Chilpancingo, Av. José Fco. Ruiz Massieu N° 5, Col. Villa Moderna, C.P. 39090, Chilpancingo, Gro.

ra.ruiz.s@itchilpancingo.edu.mx.

Área de participación: Ingeniería Eléctrica y Electrónica

Resumen

En el estado de Guerrero, existen pequeñas unidades de producción agrícolas y pecuarias, las que aprovechan las aguas subvalvias, contando con potencial productivo y estando limitadas por la falta de energía para poder operar los equipos de bombeo para uso de abrevadero y de riego, para la operación de equipos pecuarios y de cercos eléctricos. También se tienen regiones dentro del estado donde podemos encontrar una gran cantidad de pozos ademados con tubería y norias ademadas de concreto, en donde los productores invierten una gran cantidad de recursos en combustibles. Estas regiones cumplen con las características para poder aplicar un sistema fotovoltaico, lo que les permitiría a largo plazo eliminar esas inversiones o reducirlas al mínimo y poder tener importantes ahorros, en la eficiencia del uso del agua a través de tuberías para las distintas aplicaciones que pudieran darle. Tal es el caso en Cocula, Guerrero.

Palabras Clave: *Energía Fotovoltaica, Bombeo Rural, Energía renovable*

Abstract

In the state of Guerrero, there are small agricultural and livestock production units, which take advantage of the subvalvias waters, with productive potential and being limited by the lack of energy to be able to operate the pumping equipment for the use of watering and irrigation, as well as, for the operation of livestock equipment and electric fences. There are also several regions within the state where we can find a large number of wells with pipes and wells filled with concrete, where producers invest a large amount of resources in fuels. These regions comply with the characteristics to be able to apply a photovoltaic system, which would allow them in the long term to eliminate these investments or reduce them to a minimum and to be able to have significant savings in the efficiency of the use of water through pipes for the different applications that could give him. Such is the case in Cocula, Guerrero

Key words*: Photovoltaic Energy, Rural Electrification, Renewable Energy*

1.- Introducción

Para el desarrollo económico de un país la energía eléctrica es de suma importancia, a través de ella, el hombre realiza actividades que por sí solo sería imposible hacer. Los países poco a poco han introducido las fuentes de energía renovable al desarrollo de social, básicamente en tareas domésticas, industriales y agropecuarias, ya que representan una alternativa económicamente factible, sin embargo no ha sido totalmente difundida y aceptada. La energía fotovoltaica hoy en día se ha utilizado principalmente en el sector agropecuario en el bombeo de agua, en sistemas de secado de productos agrícolas, calentadores de agua, refrigeradores/congeladores y cercos eléctricos, pero es en el bombeo de agua en pequeña escala, donde ha tenido una aplicación trascendente y sobre todo en comunidades rurales donde no hay suministro de energía eléctrica convencional o esta es muy costosa proveerla, siendo aquí donde los sistemas de energías renovables o activados por el sol son una solución viable y costeable para los usuarios alejados de las fuentes convencionales y de lugares que los abastecen de combustibles, además el bombeo con un sistema fotovoltaico se caracterizan por su alta confiabilidad, larga durabilidad y mínimo mantenimiento, lo que se traduce en menor costo en un largo plazo[1]. Estos sistemas fotovoltaicos tienen ventajas y desventajas que deben considerarse detenidamente en el diseño del sistema, considerando con mucho cuidado las condiciones de temperatura, topografía y las distancias a los puntos donde se pueda obtener combustibles o energía convencionales, ya que comparada con estos sistemas la inversión inicial puede ser alta. Básicamente, deben considerarse los siguientes puntos:

- La aplicación que se pretende dar al agua extraída, por ejemplo, abrevaderos para ganado, irrigación, consumo humano.

- Las características del bombeo en términos de distancia, volumen y profundidad de la extracción del agua.
- La disponibilidad del recurso solar, es decir, qué tanta energía solar hay en la región geográfica

2.-Antecedentes.

La comunidad de Cocula, Guerrero está integrado por 25 localidades, las cuales tienen un grado de marginación de medio a muy alto, predominando el alto. La actividad principal es la agricultura con 6,461 has, de estas el 13.14% son de riego y el resto de temporal; la ganadería representa 18,261 has, de esta el 69% es en laderas o faldas de cerros y el resto es en llanuras [9]. En la ganadería y agricultura de traspatio tienen un problema para el bombeo de agua, ya que en algunas zonas tienen norias o pozos donde para extraer el agua con sistemas convencionales les es muy costoso y el poste de servicio eléctrico se encuentra a más de 20 km.

2.1.- Bombeo fotovoltaico

En la actualidad se han instalado en muchos países una gran cantidad de sistemas fotovoltaicos para el bombeo de agua en pequeñas áreas agrícolas y ganaderas. Estos sistemas han permitido cumplir las necesidades de los hatos con un rango de 20 a 50 cabezas de ganado, hasta un requerimiento moderados en áreas de riego. Los módulos fotovoltaicos se caracterizan por ser sistemas sencillos, con un alto grado de confiabilidad y mínimo costo en el mantenimiento al no requerir combustibles, lo que lo hace atractivo al comparar costos con respecto a los sistemas convencionales utilizados para el bombeo de agua [2].

Comparando los componentes de los sistemas convencionales y los sistemas de bombeo a través de Fotoceldas, aun cuando que son muy similares, su diferencia radica por la fuente de potencia. En la figura 1 se muestra un sistema fotovoltaico típico, donde se aprecia los elementos principales que lo componen, en los que está el modulo fotovoltaico, el controlador y la bomba [2][4]. El arreglo se puede instalar con un seguidor solar para aumentar el volumen y tiempo de bombeo. Es importante destacar que las bombas utilizadas con módulos fotovoltaicos son especiales, estas trabajan a corriente alterna (CA) o corriente continua (CC), pueden ser centrífugas o volumétricas [3], por lo que el tipo de bomba va en función al tipo de sistema fotovoltaico a instalar. Para el proyecto la bomba es de tipo sumergible para extracción de agua de baja dureza.

Figura 1. Esquema de una instalación

2.2.- Almacenamiento de energía

Cuando se trabaja en zonas pecuarias y se extrae el agua de norias y pozos, generalmente se requiere la construcción de obras de almacenamiento, situación requerida también cuando se utiliza módulos fotovoltaicos, para poder cubrir las necesidades de agua cuando no se cuenta con radiación solar, es decir por las noches o cuando los días son de lluvia, además de que permite contar con el vital líquido tanto para el consumo humano como para el que se requiere para los animales o riego. Este abastecimiento debe asegurar el agua para varios días de abasto, por todos los días que el sistema no pueda operar, pero las condiciones locales del clima y el uso del agua definirán el tamaño óptimo del tanque o cisterna para cumplir la demanda. El almacenamiento de agua es más económico que almacenar energía eléctrica en baterías, las baterías necesitan reemplazarse después de siete años, que varía en función al material con que está construida la batería y que va relacionada con su costo, y un depósito a base de materiales industrializados su vida útil puede ser de varias décadas con un mantenimiento adecuado y periódico. Se recomienda la aplicación de baterías para almacenar energía eléctrica

si el pozo no satisface o no es suficiente los requerimientos de agua con la radiación solar del día o se hace necesario bombear cuando no se tiene luz solar, con el tiempo, podría ser más económico construir otra noria que añadir almacenamiento por baterías. La introducción de baterías en el módulo fotovoltaico podría reducir la viabilidad ya que requeriría más supervisión y mantenimiento, elevando sus costos [2]**.**

2.3.- Bombas utilizadas en módulos fotovoltaicos (FV)

El sistema de bomba para utilizar en un módulo fotovoltaico no es convencional, requiere tener la característica de trabajar bajo corriente eléctrica discontinua, ya que la potencia que genera el panel solar va directamente relacionada con la cantidad de radiación solar que recibe y esta va variando en el trascurso del día, situación que no se puede cumplir con las bombas convencionales. Es por lo anterior que se han fabricado bombas para utilizarse especialmente con los módulos fotovoltaicos, mismas que se pueden encontrar de tipo centrifuga o volumétrica [5]. En la figura 2, se muestra un esquema de una instalación típica.

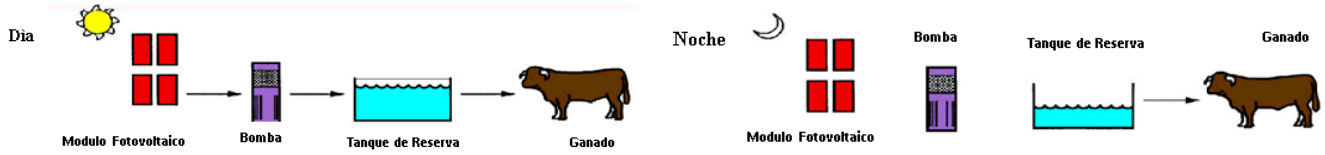


Figura 2. Esquema de una instalación típica de un sistema fotovoltaico para bombeo de agua

Las bombas roto-dinámicas o centrífugas mueven el agua constantemente a través de impulsores que giran a altas velocidades impartiendo energía al líquido y pueden ser superficiales o sumergibles y de acuerdo al fabricante se pueden encontrar equipos que bombean más 60 m. Las bombas centrífugas se adaptan a las condiciones de flujo moderado a elevado en los pozos de tubo, en cisternas o en otros embalses. Estas bombas se diseñaron para una presión hidráulica (carga) fija y su rendimiento de agua aumenta con la velocidad de rotación. Entre más se aleja esa presión hidráulica del punto fijo del diseño, menor es la eficiencia de la bomba [2][4].

Se han instalado bombas centrífugas de capacidad hasta de 1,200 m^3/día y se pueden usar para suplir un volumen tan bajo como de 10 a 15 m^3/día, sin embargo, no se recomienda usarlas para niveles de abatimiento mayores de 5-6 metros. Por otro lado los sistemas de bomba volumétricas se recomiendan cuando la extracción de agua es profunda o cuando se tienen caudales pequeños [2][10].

Las bombas volumétricas son ideales para situaciones de velocidad de flujo baja y/o grandes alturas de elevación. Se han instalado con velocidades de flujo tan bajas como 0.3 m^3/día y tan altas como 40 m^3/día, y con elevaciones tan pequeñas como de 10 metros hasta otras tan grandes como de 500 metros.

2.4.- Selección de la bomba

Para seleccionar la bomba más adecuada y compatible con el modulo fotovoltaico, es necesario revisar las características de la bomba de acuerdo a su fabricante, para ello cada uno de estos proporcionan tablas que de acuerdo a la carga dinámica se puede estimar un volumen de extracción, existen algunas tablas de apoyo como la que se muestra en la figura 3, que ayudan a decidir sobre qué tipo de bomba es la recomendada de acuerdo a la carga y volumen. En la tabla 1, se muestran algunas características de acuerdo al tipo de bomba.

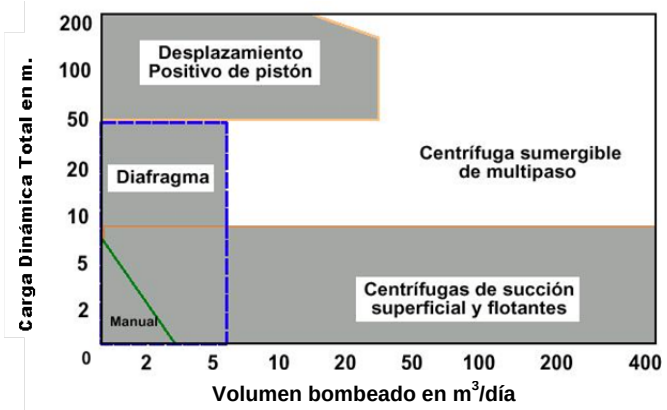


Figura 3.- Carga vs Volumen para selección de la bomba

 ISSN 2007-8102

Tabla 1. Principales características de las bombas fotovoltaicas

Bombas Fotovoltaicas	Centrífugas Sumergibles	Centrífugas de succión superficial	Desplazamiento positivo de pistón	Diafragma
Características y Ventajas	• Comúnmente disponibles. • Pueden tolerar pequeñas cantidades de arena. • Pueden utilizar el agua como lubricante. • Cuentan con motores de CC de velocidad variable o CA. • Manejan altos flujos. • Operan a cargas dinámicas grandes. • Tienen un diseño modular que permite obtener más agua al agregar los módulos fotovoltaicos. • mantenimientos mínimos	• Comúnmente disponibles. • Pueden tolerar pequeñas cantidades de arena. • Son de fácil operación y mantenimiento por ser superficiales. • Cuentan con motores de CC de velocidad variable o CA. • Manejan altos flujos. • Manejan cargas dinámicas altas, aunque no son capaces de succionar más de 8 metros.	• Soportan cargas dinámicas muy grandes. • La producción puede variarse ajustando la carrera del pistón.	• Operan a cargas menores de 80 m • Son muy económicas. • El bombeo es eficiente en un amplio rango de velocidades del motor • Puede tolerar algo de sedimentos y desechos • La mayoría de los diseños pueden reparase fácilmente usando herramientas manuales • El tamaño pequeño y peso ligero permiten una fácil remoción de pozos encapsulados • Puede usarse en aplicaciones portátiles en instalaciones sumergibles o superficiales
Desventajas	• Tienen un rango de eficiencia estrecho con respecto a la CDT. • Se dañan si trabajan en seco. • Deben extraerse para darles mantenimiento. • Sufren desgaste acelerado cuando se instalan en fuentes corrosivas.	• Tienen un rango de eficiencia estrecho con respecto a la CDT. • Sufren desgaste acelerado cuando se instalan en fuentes corrosivas. • Pueden dañarse por el congelamiento en climas fríos.	• Requieren de reemplazo regular de sellos del pistón. • No toleran arenas o sedimentos. • La eficiencia se reduce a medida que el pistón pierde la capacidad de sellar el cilindro. • Debe extraerse el pistón y el cilindro del pozo para reparar los sellos. • No dan grandes flujos.	• No toleran arenas o sedimentos. • No trabajan a cargas dinámicas profundas. • Bajos flujos. • Los diafragmas necesitan reemplazo con frecuencia • La mayoría de los diseños utilizan motores CD con escobillas, requiriendo reemplazo constante de escobillas • La cubierta de la bomba tiene una capacidad de sumergencia limitada • Los diseños comunes están limitados a aplicaciones de baja carga de 85 metros o menos • No todos los modelos pueden reconstruirse

También en la selección de la bomba es importante considerar la selección de un motor y el controlador. El motor depende de la eficiencia, disponibilidad, confiabilidad y precio. El controlador ayuda a tener un control de la carga eléctrica que ingresa, ayudan a tener un mejor rendimiento que va del 10% a 15%, consumiendo entre el 4 y 7 % de la potencia del arreglo, sin embargo cuando la corriente no es directa y es alterna, se requiere de un inversor.

Es importante no exponer el controlador/inversor directamente a la luz solar, esto generaría un sobrecalentamiento y como consecuencia detiene el funcionamiento del sistema.

3.- Módulo fotovoltaico

Las características principales de un módulo solar de silicio, básicamente están dadas por el tipo de cristal con que está fabricado, puede ser amorfo, monocristalino o policristalino, de acuerdo a su compuesto el costo que estos obtienen es mayor, al igual que la eficiencia, para este caso son los paneles solares con celdas policristalinas, residiendo su diferencia en su eficiencia de transformar energía solar en eléctrica, esto se efectúa a través de pequeñas celdas que al ser expuesta al sol genera electricidad; en los polos eléctricos del dispositivo se indica el voltaje que es medido con voltímetro. Esta corriente puede ser: Corriente a corto circuito y es la corriente máxima del módulo, se mide en Amper (Figura 4). El voltaje a circuito abierto es el voltaje máximo que genera un módulo solar, se mide en volt. [3]. (Figura 5).

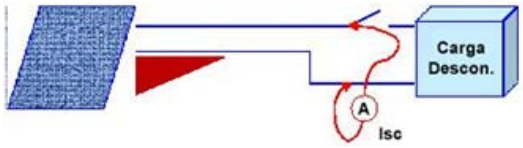


Figura 4.- Corriente a corto circuito

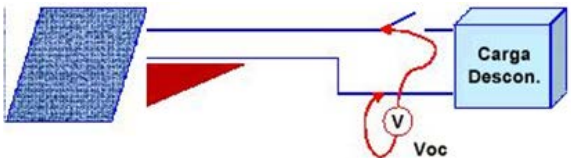


Figura 5.- Voltaje a circuito abierto

La corriente y el voltaje en el panel solar, generan las curvas con las que trabaja el panel en condiciones normales (figura 6 y figura 7). Esto es importante ya que ayuda a determinar el panel con el voltaje adecuado a las condiciones climatológicas del lugar [2].

 ISSN 2007-8102

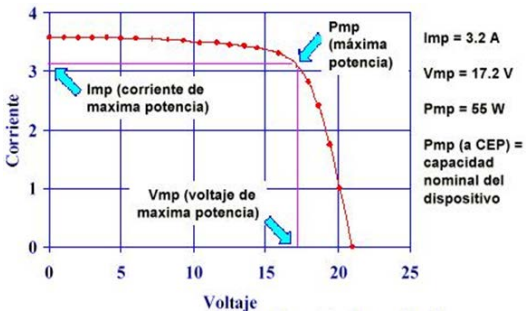


Figura 6.- Curva de corriente contra voltaje

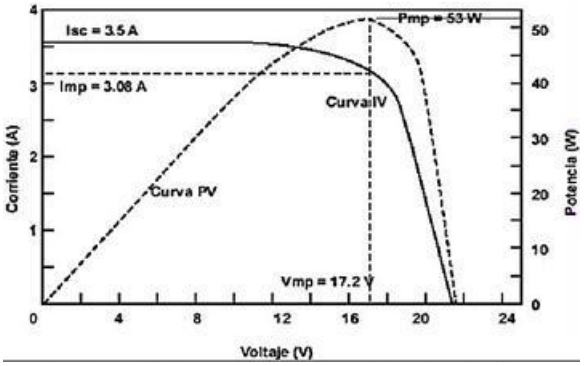


Figura 7.- Curva IV y PV para un módulo fotovoltaico típico a 1,000 W/m^2 y 25º C

3.1.- Inclinación del arreglo fotovoltaico

La inclinación del arreglo fotovoltaico, adicionalmente a la forma en que estos estén interconectados, es otro de los puntos más importantes en un sistema fotovoltaico, ya que de esto depende la captación de energía solar y su conversión a energía eléctrica. Estudio realizados determinan que la máxima energía se obtiene cuando los rayos solares inciden perpendicularmente a la superficie del captador y va en relación a las diferentes estaciones del año, un arreglo fotovoltaico obtendría esta máxima energía si su estructura de soporte no es fija y se pueda mover de acuerdo a movimiento del sol [6], por lo que existen estructuras soporte del arreglo que ajustan automáticamente el azimut y/o la elevación, estas estructuras se llaman seguidores solares o seguidores azimutales e incrementan la insolación promedio anual entre un 10% a un 25% , sin embargo el ángulo de elevación del arreglo generalmente es fijo. Las conexiones a usar en un sistema fotovoltaico normalmente son mixtas para sistemas que llevan más de 5 o 6 paneles interconectados con potencia superior a 200 W., este arreglo corresponde para el aumento del voltaje y la intensidad.

4.- Alternativa de Bombeo de Agua con Sistema Fotovoltaico

Problemática

El bombeo de agua requiere abastecer el consumo de 133 cabezas de ganado y resolver el problema que se tienen de extraer el agua en forma manual de una noria la que se va vaciando en bebederos rústicos de lámina galvanizada para que el ganado tome agua. Trabajo que día con día se va tornando más difícil, ya que los trabajadores no lo quieren realizar, por una parte lo laborioso del trabajo y por otra lo lejano del lugar. Por lo que el proyecto contempla de manera integral la construcción de un depósito para el almacenamiento de agua con capacidad de 12 m^3, la línea de conducción, el sistema de bombeo de agua con un equipo fotovoltaico y la construcción de bebederos para el ganado. La región presenta una temperatura media anual de 25.82°C, con una mínima mensual de 23.9°C en el mes de diciembre y una máxima de 28.1°C en mayo. El clima que se presenta en la zona del proyecto es clasificado como PH-SA-TA-VA, que traducido significa que presenta un clima seco con pequeña o nula demasía de agua, cálido con concentración normal de calor en verano.

Cálculos del Proyecto

El bombeo de agua requiere abastecer el consumo de 4.65 m^3/día (tabla 2) de 133 cabezas de ganado y resolver el problema que se tienen de extraer el agua que realizan de forma manual de una noria la que se deposita en bebederos de lámina galvanizada para que el ganado la beba, trabajo que se torna más difícil al pasar los días, y los trabajadores no lo quieren realizar, por una parte lo laborioso del trabajo y por otra lo lejano del lugar. Por lo que el proyecto contempla de manera integral la construcción de un tanque de almacenamiento de agua con capacidad de 12 m^3, la línea de conducción, el sistema de bombeo de agua con un equipo fotovoltaico y la construcción de bebederos para el ganado.

 ISSN 2007-8102

Tabla 2.- Demanda de agua

Mes	Abrevadero		Horas Solares		Caudal de bombeo	
					m^3/h	L/s
Enero	4.65	÷	4.8	=	0.97	0.27
Febrero	4.65	÷	5.3	=	0.88	0.24
Marzo	4.65	÷	6.1	=	0.76	0.21
Abril	4.65	÷	5.9	=	0.79	0.22
Mayo	4.65	÷	5.6	=	0.83	0.23
Junio	4.65	÷	5.1	=	0.91	0.25
Julio	4.65	÷	5.3	=	0.88	0.24
Agosto	4.65	÷	5.4	=	0.86	0.24
Septiembre	4.65	÷	4.9	=	0.95	0.26
Octubre	4.65	÷	5.2	=	0.89	0.25
Noviembre	4.65	÷	5	=	0.93	0.26
Diciembre	4.65	÷	4.7	=	0.99	0.27

Para efectos de diseño de este proyecto se tomara el promedio de las horas solares pico (5.3), considerando que el mayor consumo de agua por el ganado se da cuando mayor insolación se tiene: Vol. Agua diario = 4,650 l. La línea de conducción tendrá una longitud de 120 m, para la cual se propone utilizar tubería de polietileno de baja densidad de 32 mm, con diámetro Interior de 27 mm, ya que de acuerdo al diseño es la recomendable. Calculando las pérdidas de carga: para perdidas por fricción, se obtiene el valor de k, para una tubería de polietileno de baja densidad PVC, n=0.009 y para un diámetro de tubería de 1ϕ " (0.032 m), que es igual a k=78,263.71, ó también utilizando la fórmula 1, se obtiene el mismo valor.

k = (10.293 * (0.009)2 / (0.032 m)(16/3) = 78,263.71…(1)

Sustituyendo este valor en la ecuación 2, para obtener las perdidas por fricción: con un gasto de 0.3 lps igual a 0.0003 m^3 y una distancia de 120 m.

Hf = 78,263.71 * (.0003)2 * 120 m = 0.85 m……..…..(2)

La fuente de abastecimiento para este sistema es una noria con las siguientes características: tiene las dimensiones de 1.5x1.5 m y 3.6 m de profundidad, con un nivel estático a 1.8 m y un nivel dinámico a 2.6 m con un abatimiento de 0.80 m. Entre la fuente de abastecimiento y el tanque de descarga existe un desnivel de 29.84 m y una longitud de 120 m. como se muestra en el perfil topográfico del lugar (figura 8).

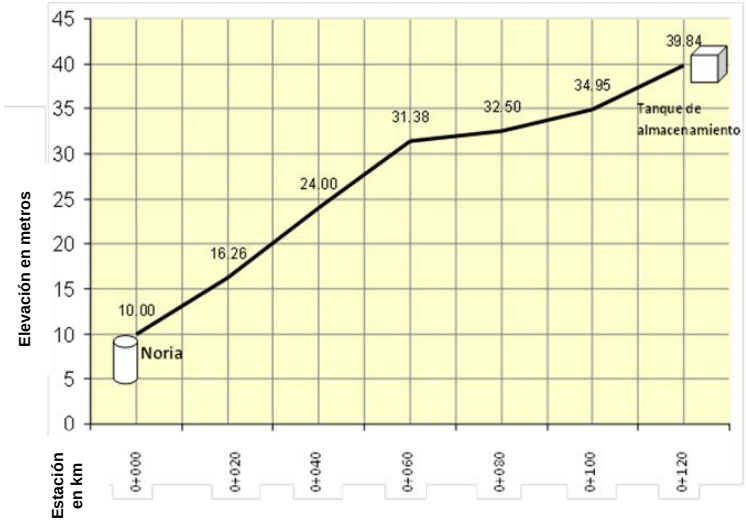


Figura 8.- Perfil topográfico del lugar

El cálculo muestra que el arreglo necesario para el proyecto consta de 6 módulos, conectados 1 en paralelo por 6 en serie, dando una potencia nominal de 449 Watts-pico. De acuerdo al siguiente análisis:

Corriente del Proyecto		Factor de reducción del módulo (decimal)		Corriente ajustada del proyecto (A)		Corriente Imp del módulo (A)		Módulos en paralelo (núm. entero)
2.66	/	***0.95***	=	2.80	/	4.4	=	**1**

Voltaje nominal del sistema (V)		Voltaje Vmp del módulo (V)		Módulos en serie		Módulos en paralelo		Total de Módulos		Corriente Imp del módulo (A)		Voltaje Vmp del módulo (V)		Tamaño del arreglo fotovoltaico (W)
90	/	17.0	=	**6**	X	**1**	=	**6**	X	4.40	X	17.0	=	**449**

En la tabla 3 se muestra las características del módulo seleccionado, en función a la carga dinámica total (CDT) de 33.29 m. Información necesaria para la elección la bomba más adecuada. En la tabla 4, se dan datos de bombas de acuerdo al fabricante utilizada, he indica que para 33.29 m de CDT y para un flujo de 4.65 m^3/día, la bomba sugerida es una SP1 A9/90, marca Grundfos [10]. Para este tipo de bombas el fabricante recomienda el uso de un inversor SA-400. Con lo anterior nos da un régimen de bombeo de 1,452 l/h, suficiente para satisfacer la demanda requerida por los usuarios.

Tabla 4.- Datos de Bombas

Tabla 3.- Datos del modulo

Información Del Módulo Fotovoltaico			
Marca y modelo	Mca. Siemens, mod. SP-75 de 75 w		
Tipo	Mod. Silicio Monocristalino		
Vmp	**17**	Voc	**21**
Imp	**4.4**	Isc	**4.8**

5.-Conclusiones.

Guerrero es un estado con un gran potencial solar, las gráficas de isotermas muestran temperaturas anuales promedio que oscilan entre los 20 y 28 ºC, para la zona de estudio se tiene de 18°C y de 27°C, lo que hace factible para la instalación de módulos fotovoltaicos para sistemas de bombeo que los productores agrícolas y ganaderos requieren, siendo estos módulos una opción viable, confiable y económica a largo plazo, misma que debe estar acompañada de una estructura de capacitación técnica adecuada y manejable que permita dar confianza al productor sobre las ventajas de estos sistemas. La tecnología de las celdas solares, tienen un gran impacto en comunidades retiradas de las energías convencionales, y con el tiempo y difusión de manera general permitirá competir más cerca con ellas, ya que el sol es un recurso abundante de energía que todavía no se ha podido aprovechar al máximo y que no tiene un costo por su uso. Asimismo las inversiones iniciales, aun cuando pueden ser altas, se van amortizando con el tiempo, de forma que en un periodo aproximado de 10 años se puede recuperar la inversión, lo que le daría una ventaja de 15 años, puesto que la vida útil de los módulos fotovoltaicos es de 25 años con buen mantenimiento.

6.-Referencias.

[1]. Almanza Salgado R y Muñoz Gutiérrez F. Ingeniería de la Energía Solar. Colegio Nacional, Primera Edición, México,1994. https://static.eoi.es/savia/documents/componente45332.pdf Febrero de 2019.
[2].Guia_Bombeo_Agua_Energia_Fotovoltaica_Vol1_Libro_de_consulta.pdf, http://www.itacanet.org/esp/electricidad/Guia_Bombeo_Agua_Energia…
[3]. Capítulo 6. Arreglo de celdas solares y carga de las baterías, https://aprenderly.com/doc/1446999/capítulo-6.-arreglo-de-celdas-sol… 9.
[4]. Estudio de perfil de un sistema Fotovoltaico para Bombeo de agua en la comunidad de San Antonio del Municipio de Diriamba, http://ribuni.uni.edu.ni/1358/1/80750.pdf.
[5]. Sandia National Laboratories, "The Renewable Energy Program in Mexico," Quarterly Highlights of Sandia's Photovoltaics Program, Volumen 4, 1998, Albuquerque, Nuevo Mexico, Abril, 1999
[6].https://www.researchgate.net/file.PostFileLoader.html?id=56fff5ad5b4952d1512c3190&assetKey=AS%3A346465202393088%401459615149359, recuperado en febrero de 2019
[7].http://www.inafed.gob.mx/work/enciclopedia/EMM12guerrero/municipios/12017a.html, recuperado en marzo de 2020.
[8].https://www.researchgate.net/profile/Ricardo_Valenzuela3/publication/236123734/figure/fig1/AS:393527377842182@1470835646530/Mapa-de-la-zona-y-localidades-muestreadas.png, recuperado en marzo de 2020
[9]. Visita Guerrero: abril 2010, http://somosguerrero.blogspot.com/2010/04/.
[10]. Bombas de desplazamiento positivo o volumétricas | Monografías Plus, https://www.monografias.com/docs/Bombas-de-desplazamiento-posi…

 ISSN 2007-8102

Prototipo autorregulado para la captura de agua contenida en el aire

G. A. Villavicencio Pérez[1], O. Lugo Espinosa[1], J. Ayala de la Vega[1], I. Aguilar Juárez[1],*
[1] Área de Ingeniería en Computación, C. U. UAEM Texcoco,
Av. Zumpango S/N. Fracc. el Tejocote, Texcoco, Edo de México, C.P. 56266, México
[*]gvillavp356@profesor.uaemex.mx

***Área de participación**: Ingeniería Eléctrica y Electrónica*

Resumen

El Módulo que la invención propone, ha sido concebido y estructurado para resolver la problemática de obtener agua del aire y se encuentra estructurado de la siguiente forma: Para el desarrollo de la invención se hace uso de distintos elementos, uno de los principales es el uso de una plataforma de hardware, basada en una placa con un microcontrolador el cual tiene como objetivo el control completo del módulo. Además se utilizan sensores de temperatura y humedad relativa que tiene como función dotar al microcontrolador de la información necesaria para el control general del módulo, ya que también se incluyen un ventilador que se encarga de disipar el calor generado dentro del módulo con la circulación de aire óptima, al mismo tiempo este ventilador inyecta aire que induce al punto de roció (condensación) sobre el componente principal, el accionamiento del ventilador depende directamente de los valores que arrojan los sensores pues con estos se optimiza el funcionamiento del módulo, logrando reducir el consumo de energía.

Dentro del conjunto de componentes se encuentra uno llamado placa de Peltier cuyo funcionamiento permitirá la condensación del agua que se encuentre en el medio ambiente, este elemento provoca un fenómeno llamado termo eléctrico. La actividad de este elemento termo eléctrico es de la siguiente forma; Se hace pasar una corriente por el circuito del elemento, esto genera temperaturas de congelación por una de las dos caras, mientras que en la otra se producen temperaturas completamente opuestas, esencialmente se genera calor en un lado y se desprende frio en el otro. Lo que lo hace aún más útil es el hecho de que, al invertir la polaridad de la corriente administrada, se invierte el funcionamiento, es decir la superficie que antes generaba frío ahora generara calor.

En el momento que se crea congelación en una de las caras se está obteniendo agua en estado sólido, por lo que el uso del microcontrolador y un par de relevadores permiten la inversión de la polaridad acelerando el descongelamiento, lo que conlleva a la obtención de agua en estado líquido. El agua es recolectada por gravedad en un recipiente, para el uso que se le quiera dar, además todo el proceso esta optimizado ya que un disipador de aluminio se encuentra adherido al elemento Peltier, lo que ayuda a tener una mayor área de recuperación. El prototipo desarrollado produce 0.05 ml en 2.5 minutos utilizando una celula Peltier modelo TEC1-12710.

Palabras clave: Arduino, automatización, célula termoeléctrica, condensación.

Abstract

The Module proposed by the invention has been conceived and structured to solve the problem of obtaining water from the air and is structured in the following way: For the development of the invention, different elements are used, one of the main ones is the use of a hardware platform, based on a board with a microcontroller which has as its objective the complete control of the module. In addition, temperature and relative humidity sensors are used whose function is to provide the microcontroller with the necessary information for the general control of the module, since a fan is also included that is responsible for dissipating the heat generated within the module with air circulation. Optimum, at the same time this fan injects air that induces the dew point (condensation) on the main component, the fan drive depends directly on the values that the sensors give because with these the operation of the module is optimized, reducing consumption of energy.

Within the set of components there is one called Peltier plate whose operation will allow the condensation of the water found in the environment, this element causes a phenomenon called electric thermos. The activity of this thermoelectric element is as follows; A current is passed through the element's circuit, this generates freezing temperatures on one of the two faces, while completely opposite temperatures are produced on the other, essentially heat is generated on one side and cold is released on the other. What makes it even more useful is the fact that, by reversing the polarity of the administered current, the operation is reversed, that is, the surface that previously generated cold now generates heat.

At the moment that freezing is created on one of the faces, water is being obtained in a solid state, so the use of the microcontroller and a pair of relays allow the reversal of polarity, accelerating defrosting, which leads to obtaining water. in a liquid state. The water is collected by gravity in a container, for the use that you want to give it, in addition the whole process is optimized since an aluminum dissipator is attached to the Peltier element, which helps to have a greater recovery area. The developed prototype produces 0.05 ml in 2.5 minutes using a Peltier cell model TEC1-12710.

Keywords**: **Arduino, automation, thermoelectric cell, condensation.

Introducción

El territorio mexicano presenta una baja disponibilidad de agua renovable per cápita, la cual ha presentado una disminución según las estadísticas de la Comisión Nacional del Agua [1] y de acuerdo con [2] México se encuentra a nivel mundial como uno de los próximos candidatos a sufrir escases física de este líquido. Lo que menciona [3] es que un gran porcentaje de la población mundial incluyendo la mexicana no tienen acceso a agua con calidad. En todo el territorio nacional se tiene un promedio anual de precipitaciones de 1489 miles de millones de metros cúbicos, la existencia de sistemas de captación externos que conduce agua a estanques en áreas de cultivo, vivienda y demás, ayudan a aprovechar de una mejor manera las grandes precipitaciones.

Es claro que la problemática sobre la escasez del agua no se encuentra como tal en la ausencia de este líquido, sino que el problema radica en la forma de obtenerlo, por tales razones se ha impulsado la investigación para generar métodos o bien dispositivos para obtener agua de forma poco convencional.

Una de las formas de generar el agua es mediante la condensación, que es el fenómeno de pasar de un estado de la materia gaseoso a un estado líquido, el proceso para que se pueda generar tal cambio depende de la presión y de la temperatura, entre otros factores. En la Tierra existen aproximadamente 1,385,000,000 Km^3 y según [1] anualmente México percibe 1,489 mil millones de metros cúbicos de agua en forma de precipitación, de esta cantidad se estima que el 71,6% se evapotranspira y regresa a la atmosfera, el 22.2% escurre por los ríos y el restante 6.2% se infiltra al subsuelo de forma natural y recarga los acuíferos.

Las formas de condensación más comunes se dan principalmente en forma de nubes y niebla, que resultan ser una masa de gotas microscópicas en suspensión en la atmosfera que precisamente están formadas por condensación del vapor de agua. Para aprovechar la condensación, diversas investigaciones se han centrado en desarrollar artefactos para cosechar (recolección de gotas microscópicas de agua) de forma pasiva y activa agua dulce. La forma pasiva se refiere a aquellos dispositivos capaces de captar el agua sin la intervención de algún otro tipo de energía que no sea natural, por el contrario, la forma activa se refiere a la intervención de una energía no natural.

Un ejemplo de recolección pasiva es Warka Water, siendo ésta una estructura vertical inspirada en un árbol nativo de Etiopía que extrae agua del aire y, de ese modo, ayudar a paliar la escasez en lugares con poca lluvia o difícil acceso al agua. Promete una cosecha de hasta 99 litros de agua al día [4]. Otro ejemplo es el atrapanieblas, el objetivo del atrapanieblas es lograr que las partículas de agua de la niebla se concentren hasta que sean lo suficientemente densas. Es decir, hasta que se conviertan en gotas de agua. En una noche, un metro cuadrado de los paneles que componen

 ISSN 2007-8102

los atrapanieblas puedes absorber de tres a cinco litros de agua dependiendo de la humedad de la zona. En algunas zonas, se ha llegado a conseguir hasta treinta litros diarios [5].

Dentro de la investigación de los dispositivos activos se encuentra EOLEWATER [6], empresa cuyos primeros indicios se dieron a partir de 1997 generando ideas de recolección de agua a través de turbinas de viento con base en la idea general del funcionamiento del aire acondicionado, además estas ideas llevaron a la generación de dispositivos independientes en su totalidad para la producción de electricidad. Después de cuatro años de investigaciones y creación de prototipos, Marc Parent completó el desarrollo de su modelo WMS50 (sistema para la fabricación de agua), posteriormente se desarrolló el modelo WMS1000 que fue el primer aerogenerador del mundo capaz de producir 1000 litros de agua al día a partir de la condensación de aire. Este tipo de dispositivo resultó ser excelente en su objetivo, pero presenta una problemática que se centra en el generador central, es sumamente complejo y consecuentemente caro.

Existe una gran variedad de métodos para la recolección de agua atmosférica, sin embargo, la recolección por medio de enfriamiento es un campo que no ha sido explorado en su totalidad, en especial en lo referente al efecto Peltier cuyo principal elemento es la célula o celda llamada de igual forma, Peltier. Su composición está dada por dos materiales semiconductores, que, al suministrarles una corriente eléctrica, provoca un fenómeno termoeléctrico el cual provoca una diferencia de temperatura entre ambos lados de la célula, es decir, una de sus caras se calienta y la otra se enfría. Para el enfriamiento de dispositivos electrónicos, no es recomendable el uso del efecto Peltier, ya que debido a las bajas temperaturas que se generan, se puede producir acumulación de hielo lo cual puede provocar fallas en componentes electrónicos o mecánicos; sin embargo, puede aprovecharse esta característica de acumulación de hielo para capturar agua del medio ambiente. En el presente trabajo se muestra el diseño, implementación y pruebas de un prototipo para la cosecha de agua contenida en el medio ambiente en base al efecto termoeléctrico que genera la celda Peltier pero con la optimización del fenómeno de condensación mediante la integración de sensores que dotan a un microcontrolador de información pertinente para el intercambio de voltaje que se le suministra a la celda con el objetivo de controlar las temperaturas de ambas caras de la placa y la activación de un ventilador que ofrece un flujo constante dentro del prototipo.

Métodos

Materiales

Una placa Arduino UNO, dos sensores con número de parte DTH11, un módulo de relevadores srd-05vdc, una célula Peltier modelo TEC1-12710, un disparador de la marca Cooler Master tipo Vortex Plus, Un disipador de aluminio de 40x40x12 mm, un cuerpo de ABS, lamina calibre 26.

Descripción de los materiales para la creación del prototipo

Arduino es una plataforma de hardware libre cuyo componente principal es un microcontrolador que contiene puertos de entradas y salidas, éstos son capaces de manejar datos de tipo analógico/digital. La plataforma tiene su propio IDE (Entorno de Desarrollo Integrado), que permite una manera más práctica y eficiente para programar el microcontrolador, ya que utiliza un lenguaje de programación de alto nivel, este mismo IDE permite la transferencia del código generado hacia el microcontrolador. Existen versiones de las placas Arduino con prestaciones que varían desde el número disponible de puertos, hasta la cantidad de memoria principal del microcontrolador, en el trabajo que aquí se presenta, se hace uso de la placa Arduino UNO (Figura 1).



Figura 1. Plataforma Arduino. Fuente: (Warren et

Según [7] un sensor es un dispositivo que produce una señal en respuesta a un estímulo externo que ayuda a otros elementos a actuar o responder de cierta manera. En el dispositivo para la cosecha de agua que se presenta en este artículo se utilizan dos sensores integrados en un mismo modulo con número de parte DTH11, el primer sensor es para medir la humedad relativa y el segundo para medir la temperatura ambiental, este elemento tras ser procesado por un microcontrolador proporciona una salida digital pre calibrada con lo que se asegura una alta calidad y fiabilidad a lo largo del tiempo de su uso, cabe mencionar que ambos sensores son de tipo resistivos, es decir que están basados en la variación de la resistencia eléctrica que contienen.

El uso de un módulo de relevadores srd-05vdc, figura 2, es esencial para el control de elementos electrónicos que necesiten un voltaje mayor a 5 volts, este elemento es activado por una señal digital de 5 volts, que corresponde al voltaje de la señal de salida de Arduino.

La Figura 3 muestra la parte principal del prototipo de captura de agua que se refiere al uso de una célula Peltier. Existen diferentes modelos de celdas que dependen de la cantidad de energía eléctrica que consume el elemento, entre mayor sea el consumo de energía mayor será la eficiencia; el que se integró en el prototipo propuesto corresponde al modelo TEC1-12710, este modelo se presenta en forma cuadrada con un tamaño reducido de 4 cm por lado, lo cual se adecua al uso de un disipador de calor para ambas caras de la celda. Las especificaciones de la celda Peltier que se integraron en el prototipo son las siguientes:

- Corriente máxima=10.5 amperes
- Voltaje máximo =15.2 volts
- Potencia máxima=150 watts
- Dimensiones=40x40x3.8 milímetro

Cuando se suministra corriente eléctrica a la célula Peltier, se provoca un fenómeno termoeléctrico, es decir se generan temperaturas de congelación por una de las dos caras, mientras que en la otra se producen temperaturas opuestas con una diferencia máxima de temperatura entre las placas de 65 °C. Es necesario utilizar un disipador de calor con ventilador integrado (para aumentar la disipación de calor), ya que, de no ser utilizado, las diferencias de temperatura podrían ser excesivas, y generar un mal funcionamiento de la célula Peltier, por lo que se pierde la estabilidad de la célula para absorber calor en una de sus caras (calentamiento) y expulsarlo por la otra (congelación). En este prototipo se utiliza un disipador de la marca Cooler Master tipo Vortex Plus, que cuenta con 4 heatpipes (dispositivos de transferencia de calor) de contacto directo que maximiza la conductividad del calor, además incluye un ventilador que aumenta la eficiencia en la trasferencia de calor de la célula



Figura 2. Relevadores srd-05vdc

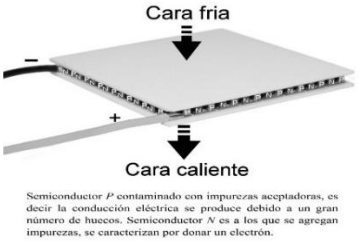


Figura 3. Descripción general de una célula Peltier

Se utiliza un segundo disipador de calor como se muestra en la Figura 4, debido a que el área de la superficie de la cara de la célula que enfría no resulta apropiada para la captura de las gotas microscópicas de agua, pues es muy pequeña y completamente plana; con la finalidad de aumentar esta superficie de captura se usa un disipador de aluminio que tiene dimensiones similares a la célula Peltier, estas son 40x40x12 mm; este elemento favorece la acumulación de agua.



Figura 4. Disipador de aluminio colocado en una de las caras de la celda Peltier

Cada uno de los elementos electrónicos necesitan del suministro de un voltaje eléctrico con diferentes valores, debido a esto, es necesario utilizar una fuente de poder que cubra la suma de los requerimientos básicos de cada elemento. Estas exigencias son mostradas en la Tabla 1.

Tabla 1. Valores recomendados de voltaje para operación

Elemento	Voltaje recomendado
Arduino UNO	7-12 V
Peltier TEC1-12710	12-15 V
Modulo Relevadores srd-05vdc	5 V
Sensores DTH11	5 V
Disipador Cooler Master	12 V

Es esencial que, para poder conseguir resultados óptimos, el dispositivo debe permanecer a la intemperie o en espacios cerrados donde la humedad contenida en el aire sea mayor. Para proteger los componentes electrónicos de las condiciones a la intemperie, en principio se propuso su contención en un cuerpo de ABS (Acrilonitrilo butadieno estireno), según [8] este material tiene gran resistencia tanto a impactos como a ruidos, además cuenta con una gran resistencia mecánica, por lo que es utilizado en la industria automotriz, muebles, electrodomésticos y electrotecnia, lo que lo hace idóneo para el trabajo, sin embargo como una primer etapa se utilizó lamina calibre 26 con el fin de mantener al mínimo las temperaturas altas generadas por la cara caliente de la célula Peltier, ya que al utilizar este material permite aún más la disipación. El contenedor mantiene aislados a los elementos, excepto el componente que está directamente unido a la célula termoeléctrica es decir el disipador de aluminio, que tiene como función abarcar una mayor área para la cosecha, que se hace mediante gravedad, todo el líquido es recolectado en un contenedor posicionado bajo la célula Peltier. En la Figura 5 se muestra la apariencia general del prototipo que fue diseñado en el software libre “Autodesk 123D” para su posterior construcción, se logra apreciar la manera en cómo se encuentra compuesto el dispositivo. Las dimensiones aproximadas son de Ø14 cm y 40 cm de altura.

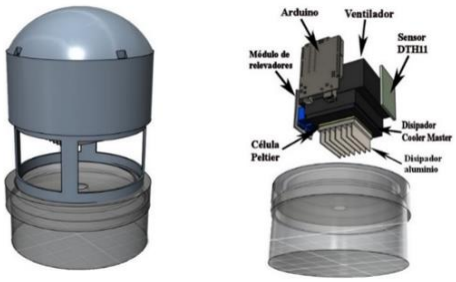


Figura 5. Diseño del prototipo en el software Autodesk

Funcionamiento del dispositivo

Como primer paso del funcionamiento del prototipo, el ventilador es accionado por el módulo de relevadores con el uso de la placa electrónica Arduino, si se presenta el caso en que el sensor de temperatura envíe datos al microcontrolador indicando que existe un exceso de temperatura en el entorno del elemento Peltier. Cabe mencionar que los datos que se obtienen a través de este sensor DTH11 tienen que ser procesados, para poder tener datos entendibles, las siguientes fórmulas de acuerdo al fabricante DF Robot, y dentro de la hoja de datos del sensor, proporcionan los datos correctos. En específico las fórmulas se obtuvieron en [9].

$$Val = 1024 - x$$

$$R = \frac{54 * Val}{1024 - Val}$$

$$lnR = \log(R)$$

$$lnR2 = \log(lnR)$$

 ISSN 2007-8102

$$Temperatura = \frac{1}{(0.00237531)+(0.00024632*lnR)+(0.000\,000\,28*lnR2)} - 273 \qquad (\textit{Formula 1})$$

Dónde: ***x*** es él valor obtenido por el sensor y ***Val*** representa el valor entero máximo que tiene un puerto analógico con una resolución de 10 bits, esto significa que se convertirá tensiones de voltaje entre 0 y 5 voltios a un número entero entre 0 y 1024. El valor obtenido tras aplicar la *Formula 1* serán en grados Celsius (símbolo °C).

El sensor DTH11 funciona también como indicador de humedad relativa hacia el microcontrolador, éste tomará en cuenta el dato de modo que sólo se activará el dispositivo si las condiciones de humedad son aceptables. De igual forma los datos arrojados por el sensor necesitan ser procesados por Arduino con la Formula *2*.

$$Humedad = \frac{\frac{X*5}{3.3}}{10.2} \qquad (\textit{Formula 2})$$

Donde el valor de ***x*** en la formula anterior representa el dato arrojado por el sensor DTH11. Las unidades que arrojara la formula serán en porcentaje, es decir de 0% a 100%, aunque por lo regular los valores serán intermedios.

Si los datos encontrados por los sensores de temperatura y humedad se encuentran dentro de un rango establecido, el microcontrolador activa los relevadores para permitir la circulación de una corriente positiva y de esta forma propiciar el enfriamiento de una de las caras del elemento Peltier que está adherida directamente al disipador de aluminio. El disipador de aluminio en este punto tiene la función de propiciar el punto de rocío disipando en cada una de sus aletas la temperatura de congelamiento, después de un intervalo de tiempo definido dentro del microcontrolador se activan los relevadores de modo que estos inviertan la polaridad de la corriente suministrada al elemento Peltier para así propiciar el descongelamiento acelerado en el disipador de aluminio, la duración del proceso de descongelamiento debe ser menor al tiempo de congelación, ya que de no ser así el agua obtenida volverá a pasar al estado gaseoso. Los intervalos de tiempo están controlados directamente por el sketch de Arduino, es decir por la estructura del programa. Por último, un recipiente de plástico integrado al dispositivo tiene como función almacenar el agua que se recolecta por gravedad durante el proceso de descongelamiento.

El prototipo es un sistema de control cerrado, como se observa en el diagrama de flujo en la Figura 6, en el cual es controlado por la programación embebida en el Arduino para la condensación del agua.

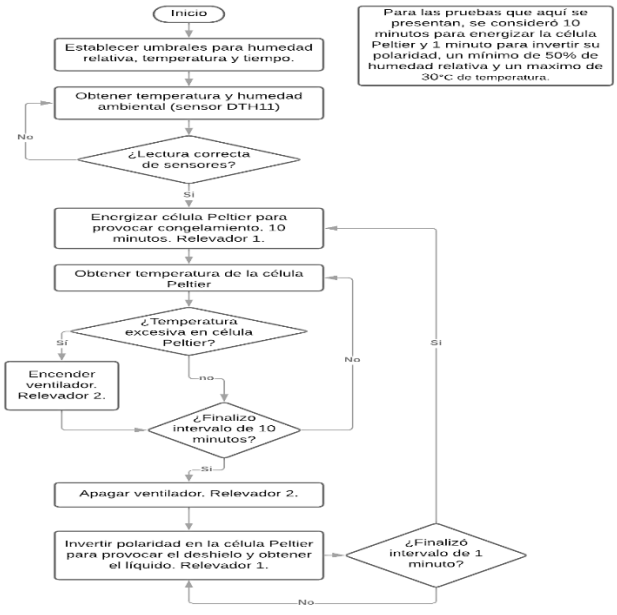


Figura 6. Diagrama de flujo con el algoritmo contenido en el

 ISSN 2007-8102

Resultados y discusión

El dispositivo desarrollado, formado esencialmente por el componente de hardware libre Arduino, una célula Peltier, sensores de temperatura-humedad, lamina calibre 26, acrílico y un conjunto de elementos para mejorar el rendimiento representan una alternativa de bajo costo para la adquisición de agua dulce.

Las pruebas que se realizaron sobre el dispositivo fueron realizadas en la república Mexicana, específicamente en el municipio de Chicoloapan Estado de México, que según [10] la altura que alcanza el municipio son 2,245 msnm (**m**etros **s**obre el **n**ivel del **m**ar) y predomina el clima templado-semiseco donde la temperatura promedio es de 25°C. Debido a que el dispositivo realiza la recolección de agua por medio del goteo generado por la condensación que efectúa la célula Peltier, los datos mostrados a continuación están basados en el promedio de gotas que se obtuvieron dentro de un ciclo de funcionamiento del dispositivo, es decir en este caso el tiempo fijado dentro del sketch de Arduino fue de 8 minutos para generar el congelamiento de las micro gotas de agua en el disipador de aluminio, posteriormente está fijado un intervalo de tiempo de 2 minutos para invertir la corriente y propiciar el descongelamiento de manera acelerada, por lo que se considera un ciclo de funcionamiento de un total de 10 minutos. Durante este ciclo con un promedio de 63% de humedad relativa y un rango de temperatura de 10 a 15 °C de se obtuvo una eficiencia de 4 gotas, cabe mencionar que este resultado está en función de una de las versiones de menor consumo de energía de la célula Peltier existentes, por lo que al utilizar una célula de mayor tamaño y eficiencia la cosecha de agua aumentaría. En la Tabla 2 se muestra una equivalencia entre gotas, mililitros y tiempo estimado para la obtención de agua utilizando el dispositivo, considerando que se utiliza una probeta capaz de proveer 1ml por cada 20 gotas de agua, esto con la finalidad de mostrar el alcance actual del prototipo final, el cual es mostrado en la Figura 5.

Tabla 2. Equivalencia entre gotas, mililitros y tiempo estimado para la obtención de agua utilizando el dispositivo. (Considerando un mínimo de 63% de humedad relativa y un rango de temperatura de 10 a 15 °C)

Cantidad de gotas	Mililitros	Tiempo aproximado
1	0.05	2.5 min
4	0.2	10 min
20	1	50 min
10,000	500	417 h

Fuente: Elaboración propia.

Se realizó una estimación del consumo de energía sobre uno de los elementos principales, es decir, sobre la célula Peltier, pues este es el elemento que permanece en un constante funcionamiento y es aquel que en un momento dado requiere una mayor cantidad de energía. La manera en que se calculó el consumo está dada por la *Formula 3*.

$$Energía = \frac{Potencia\ x\ Tiempo}{1000} \qquad \textit{(Formula 3)}$$

Donde la Energía es la Potencia consumida por el Tiempo entre una constante, el valor de potencia es determinada por los datos proporcionados en este caso por el fabricante de la célula Peltier. La Tablas 3 muestra una relación entre consumo de energía y tiempo de operación de la célula.

Tabla 3. Equivalencia entre consumo de energía, tiempo de operación y ciclos de operación respecto a una célula Peltier TEC1-12710.

Consumo KW	Tiempo de operación	Ciclos de operación
0.075	30 min	3
0.15	1 hr	6
1.8	12 hr	72
3.6	24 hr	144

Conclusiones

Los prototipos existentes en el mercado funcionan con el calentamiento del aire para recolectar agua y solo pueden ser utilizados en condiciones ambientales donde la humedad del aire durante el día sea mayor, por lo general, en las mañanas, el prototipo que aquí se propone puede ser utilizado durante todo el día ajustando el frio y calor necesario para provocar el fenómeno, esto gracias al control sobre la célula Peltier dando como resultado una mayor eficiencia en la recolección de agua.
El costo de producción del dispositivo que se describe ronda entre los $1,500.00 (mil quinientos pesos 00/100 M.N.) sin contar los costos del contenedor ya que depende de la calidad y tipo de material; el desarrollo del prototipo puede llevarse a escalas de mayor tamaño para la recolección de agua para riego o consumo humano, y de tamaño reducido como la construcción de pequeños contenedores colocado al lado de las plantas para tener un sistema de riego similar al riego por goteo.
El prototipo que se presenta puede utilizarse en diferentes campos, por ejemplo, en la detección de calidad microbiológica en el agua del ambiente, el objetivo de este campo es el detectar la calidad bacteriológica de la humedad atmosférica.
Se puede adaptar el prototipo para la recolección de agua en zonas con escasez y tener una etapa posterior de filtrado para consumo humano.

Referencias

[1] Comisión Nacional del Agua, Estadística del Agua en México Edición 2017, México: México, 2017.

[2] Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura, informe Mundial de Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos 2019. NO DEJARA NADIE ATRÁS, México: UNESCO, 2019.

[3] Manual para el desarrollo de planes de seguridad del agua. Metodología pormenorizada de gestión de riesgos para proveedores de agua de consumo., Ginebra: Organización Mundial de la Salud, 2009.

[4] Acciona, «I'MNOVATION,» Warka Water, 29 07 2020. [En línea]. Available: https://www.imnovation-hub.com/es/agua/torre-de-bambu-y-plastico-biodegradable-recolecta-agua-del-rocio/?gclid=Cj0KCQjwvIT5BRCqARIsAAwwD-RpImF0Qx5XCUs-buA7rSIsgsJ0br-28aCcwPFirBM0WrsfuILCFDYaAo_HEALw_wcB.

[5] «Aquae Fundation,» El atrapanieblas, [En línea]. Available: https://www.fundacionaquae.org/atrapanieblas/. [Último acceso: 9 07 2020].

[6] Aryse, «Aryse,» 02 06 2020. [En línea]. Available: https://www.aryse.org/eole-water-generador-eolico-que-extrae-agua-del-aire/.

[7] O. Torrente Artero, ARDUINO, curso práctico de formación, México: AlfaOmega, 2013.

[8] B. H. S., C. L. A.M. y G. B. J.R., Introducción Al Conocimiento De Los Materiales Y A Sus Aplicaciones, Costa Rica: UNED, 2010.

[9] Admin, «GeekFactory,» 2 octubre 2018. [En línea]. Available: https://www.geekfactory.mx/download/hoja-de-datos-o-datasheet-de-dht11-sensor-de-temperatura-y-humedad-relativa/. [Último acceso: 25 Agosto 2020].

[10] Gobierno del Estado de México, Estadística básica municipal. Chicoloapan, Chicoloapan: IGECEM, 2013.

[11] S. González, La sociedad del salitre. Protagonistas, migraciones, cultura urbana y espacios públicos, Chile: RIL editores, 2013.

[12] S. S. C. S. S. R. E. C. G. H. M. Kyoo-Chul Park, «Optimal Design of Permeable Fiber Network Structures for Fog Harvesting,» *LANGMUIR,* p. 9, 2013.

Prototipo didáctico multipropósito basado en Raspberry Pi y Arduino para la enseñanza virtual de electrónica

C. Hernández Brito,[1] G. G. Rosas Guevara,[2] C. M. Hernández Mejía,[3]*
[1]Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla, Heroica Puebla de Zaragoza, México.
[2]HappenIoT, Cholula, Puebla.
[3]Mexónica SA de CV, Nicolás Bravo 82, La Candelaria, C.P. 72845, San Andrés Cholula, Puebla
**cesar.hernandez03@upaep.edu.mx*
***Área de participación**: Ingeniería Eléctrica y Electrónica*

Resumen

Se realizó un prototipo didáctico para la enseñanza de la electrónica basado en Raspberry Pi y Arduino, el entorno es adecuado para la enseñanza de diversas materias, de modo particular el análisis de circuitos de corriente directa, en la aplicación que se describe, se realiza el estudio del circuito en sí, además se pone en práctica la codificación, carga y transferencia de un programa que convierte a Arduino en un voltímetro básico.

Los resultados obtenidos son importantes en dos aspectos, el primero de ellos relacionado con el proceso de aula invertida que realiza el estudiante con su práctica, el segundo relacionado con las iniciativas que genera el prototipo, el estudiante desea saber más de Raspberry Pi, Linux y Arduino, tanto en el uso como en su aplicación al control de dispositivos tan diversos como la apertura y arranque de un automóvil, un tablero gráfico para las revoluciones, entre otros.

***Palabras clave**: Virtual, Didáctico, Electrónica, Raspberry.*

Abstract

A didactic prototype for teaching electronics based on Raspberry Pi and Arduino was made, the environment is suitable for teaching various subjects, such as the analysis of direct current circuits, in the application described, the study of the circuit itself, it also implements the codification, loading and transfer of a program that turns Arduino into a basic voltmeter.

The results obtained are important in two aspects, the first of them related to the inverted classroom process carried out by the student with his practice, the second related to the initiatives generated by the prototype, the student wants to know more about Raspberry Pi, Linux and Arduino, both in its use and in the application to the control of devices as diverse as the opening a car and start engine of a car, or a graphic board for show revolutions, among others.

***Key words**: (Raspberry, Arduino, STEM, Prototype).*

Introducción

El término STEM proviene de la abreviatura de cuatro palabras en inglés que son Science (Ciencia), Technology (Tecnología), Engineering (Ingeniería) y Mathematics (Matemáticas), el término es utilizado por la National Science Foundation (NSF) en los años 90, según lo afirmado por Mark Sanders en su documento “STEM, STEM Education, STEMmania” [1].

En 2003, Hernando Barragán propone una tarjeta de experimentación basada en un microcontrolador para su proyecto de tesis de maestría en Italia. Su objetivo principal fue crear una herramienta que fuera fácil de usar a un costo accesible, sus asesores fueron Massio Banzi y Casey Reas [2], de este trabajo se origina la tarjeta Arduino.

Arduino es importante para el concepto de STEM, porque permite el desarrollo de pequeños prototipos que sirven de apoyo a materias de ingeniería como son electrónica, física, química, entre otras, para la medición, el análisis y la experimentación, todos ellos pilares fundamentales de la ciencia, a un precio que actualmente ronda los ocho dólares americanos debido a la proliferación de tarjetas de manufactura china.

En 2006, nace el concepto de Raspberry Pi, Eben Upton crea un rudimentario prototipo de tarjeta con la ventaja de que podía ser ensamblado y soldado de manera personal a un costo reducido [3]. La tarjeta Raspberry Pi de 2012 poco tiene de aquel diseño, ya que a un costo de cincuenta dólares americanos, cuenta con conectividad inalámbrica, un poderoso procesador, interfaz HDMI y un conector especializado de cuarenta pines, para comunicarse con el mundo físico a través de diversos sensores y actuadores.

Este empuje de STEM en todo el mundo ya se está haciendo patente, en México, por citar un ejemplo, en la Universidad Politécnica de Tapachula, a través de sus docentes, publican un trabajo relacionado con Arduino, presentándolo como una herramienta para mejorar el proceso de enseñanza – aprendizaje de las ciencias, tecnologías e ingenierías en la Institución, el trabajo analiza el impacto que el uso de esta plataforma abierta produce, como herramienta didáctica en la educación de nivel superior. Los investigadores concluyen que existe una alta percepción en cuanto a las mejoras de enseñanza aprendizaje (75%), menciona también que al realizar prototipos basados en Arduino, los estudiantes fortalecieron áreas de circuitos eléctricos, electrónica y programación [4].

En su trabajo de investigación Xiaoyang Zhong [5], expone que la placa Raspberry Pi se usa cada vez con mayor frecuencia tanto como una plataforma para la investigación, como para la enseñanza en el ámbito del internet de las cosas (IoT), en su trabajo de investigación presenta un novedoso enfoque de enseñanza y aprendizaje, basado en proyectos de IoT para estudiantes de licenciatura (undergraduate students) en ciencias de la computación, centrado en la plataforma Raspberry Pi como el “vehículo eficaz”, para mejorar el rendimiento y la experiencia de aprendizaje de los estudiantes, de hecho el adjetivo para la mejora es “en gran medida”.

Tomas Dočekal en 2018 propone un laboratorio de bajo costo basado en Arduino y Raspberry Pi [6], el autor expone que se pueden enseñar conceptos básicos de la teoría del control utilizando componentes sencillos como celdas fotoeléctricas, diodos emisores de luz (LEDs) y una placa de Arduino. Afirma que usando una placa especialmente diseñada con un puente H, un sensor de corriente y un motor se pueden revisar conceptos más avanzados como algoritmos de control y la modulación por ancho de pulso (PWM: Pulse Width Modulation por su siglas en inglés) con un costo de tan solo algunos euros.

Como caso análogo nacional, en la Universidad del Valle de Puebla (UVP), se lleva a cabo una investigación que tiene elementos familiares, el tema central es un prototipo didáctico para enseñar robótica, acompañado de los cursos online masivos en abierto, acrónimo para las siglas en inglés de MOOC (Massive Open Online Courses), desarrollado por Mónica Pérez Castañeda, Eduardo Berra Villaseñor y José Rodrigo Cuautle Parodi en 2018 [7].

Un estudio interesante se presenta en [8], enfocado principalmente en el internet de las cosas (IoT: Internet of Things por sus siglas en inglés), los resultados del trabajo de investigación muestran que el IoT es un complemento a la formación STEM de los estudiantes y que no se requiere de grandes inversiones para integrar laboratorios prácticos (hands-on) en la retícula de nivel superior. En este también se plantea una metodología similar a la utilizada, solo que fundamenta el campo de observación y cuestionamiento de los alumnos en técnicas ampliamente estudiadas para conocer de una forma más objetiva la aceptación de la propuesta.

El resto del documento se organiza de la manera siguiente, en la sección metodología se describe el prototipo, los hallazgos se exponen en resultados y discusión, se continúa el documento con las secciones de trabajo a futuro, conclusiones y agradecimientos. Al final se proporcionan las referencias que dan sustento a la investigación realizada.

 ISSN 2007-8102

Metodología

Construcción del prototipo

El prototipo desarrollado en el transcurso de esta investigación no sufrió cambios sustanciales desde su propuesta, sin embargo, los enfoques de su aplicación y alcances si han sido ajustados en diversos momentos. En este subtema se describirá la estructura del prototipo mediante un diagrama a bloques, los pasos que conducen a la optimización de un prototipo que cumplía con ciertas expectativas de diseño al inicio, pero que fueron mejoradas con el uso y la experiencia en diversos entornos de educación de nivel medio superior y superior.

Diagrama a bloques

La figura 1 muestra el diagrama a bloques del prototipo

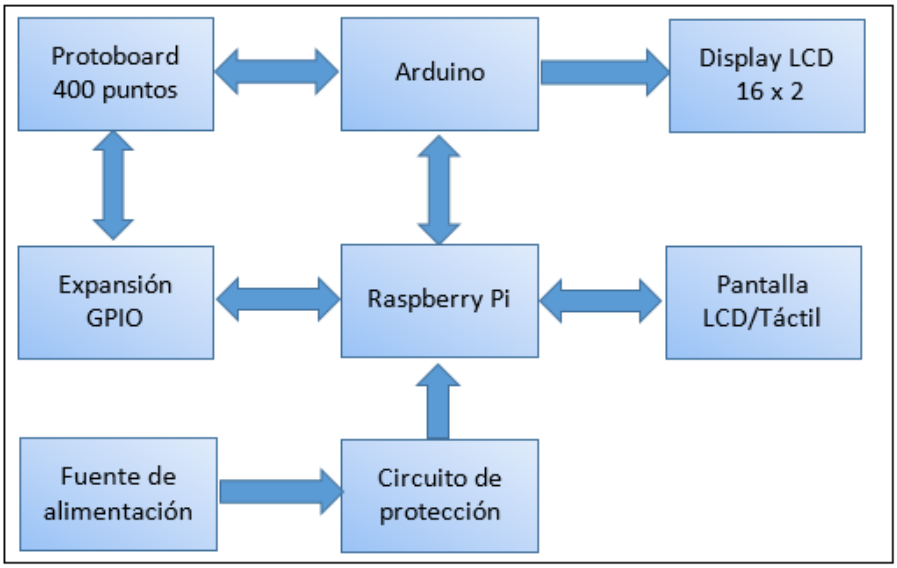


Figura 1: Diagrama a bloques del prototipo. Fuente: Autoría propia.

Los elementos integrantes de este prototipo son:

Raspberry Pi: Es considerada como elemento principal del prototipo, ya que representa el centro de interacción con el usuario a través de la pantalla táctil vía el sistema operativo Raspberry Pi OS, hacia el Arduino, además con las entradas y salidas del grupo del GPIO (Entrada/Salida de Propósito General, General Purpose Input/Output por sus siglas en inglés) de la propia Raspberry Pi.

Arduino UNO R3: Se usa con dos objetivos en mente, el primero, para la adquisición de datos por sus entradas analógicas, debido principalmente a la carencia de este tipo de entradas en la Raspberry Pi, el segundo es económico, un Arduino genérico se consigue en $150 pesos mexicanos, unos ocho dólares americanos, basado en la experiencia con estudiantes inexpertos de cualquier grado educativo, la posibilidad de averiar el componente de trabajo es alta, si se utilizará Raspberry para todas las practicas directamente, un error que produzca daños en la tarjeta, inutilizaría todo el prototipo, usando un Arduino, solo es necesario sustituirlo sin requerir más que la configuración del puerto asignado en la IDE de Arduino.

Pantalla táctil capacitiva de 7 pulgadas: Sirve como interface entre el usuario y el sistema operativo, además de comportarse como un periférico de entrada por su pantalla táctil incluida, exhibe una resolución de 1024 por 768 pixeles.

 ISSN 2007-8102

Expansión GPIO: Únicamente hace accesibles los 40 pines del GPIO de la Raspberry Pi a través de una combinación de cable plano a manera de extensión eléctrica y una tarjeta de circuito impreso para conectarse a los pines. Este último fue modificado para convertir los pines machos en hembra facilitando su montaje en el prototipo.

Protoboard de 400 puntos: También conocida como tablilla de experimentación, se incluye para permitir al usuario iniciar inmediatamente con la experimentación, para ello solo se requeriría tener cables de interconexión (jumpers por su denominación en inglés) y de los componentes necesarios para lo que se desea realizar.

Display LCD 16 x 2: Si bien no es requerido en una gran cantidad de proyectos, se decidió su inclusión con base en la dificultad que presenta al manipularlo en una tablilla protoboard, también se modificó para hacer sus conectores hembra accesibles por el frente.

Circuito de protección: Debido a que el prototipo propuesto integra componentes de costo moderado a elevado, tales como la pantalla, es importante tener una protección adicional, la fuente de alimentación al ser conmutada provee elementos internos contra consumo elevado. Se propone incluir un circuito basado en el dispositivo LM350 con resistencias R1=500Ω y R2=1500Ω [9].

Fuente de alimentación: Para los propósitos de este prototipo se utiliza una fuente de alimentación de 5 voltios a 3 amperios, proporciona una capacidad suficiente para alimentarse a sí misma, la pantalla táctil, energizar al Arduino UNO R3 a través de un puerto USB y algunos otros dispositivos USB como pueden ser ratón y teclado externos.

El diseño final del prototipo se muestra en la figura 2.



Figura 2: Diseño final del prototipo. Fuente: Autoría propia.

Este prototipo se utilizó con fines didácticos en el primer semestre del año 2019, en la materia de electrónica básica de la carrera de ingeniería mecánica automotriz, de una escuela privada de mecánica automotriz ubicada en el municipio de Tlalnepantla, estado de México.

Para la utilización del mismo se diseñó una práctica de electrónica relacionada con el subtema 1.2 Leyes de Kirchhoff del plan de estudios, en un grupo de 31 estudiantes, la práctica fue realizada primero en forma tradicional utilizando un multímetro, luego se pidió a los estudiantes utilizar el prototipo como un multímetro básico, cargando en Arduino el programa (sketch) correspondiente para interpretar datos analógicos, una de las entradas analógicas y el despliegue de datos en el monitor serial de la IDE de Arduino.

Una vez que los 31 estudiantes del grupo realizaron la práctica por equipo, se les aplicó un cuestionario con la finalidad de recolectar sus experiencias y opiniones acerca de la misma, del prototipo y sí al realizar la práctica, obtuvo conocimientos o ideas que pudiese aplicar en su campo de estudio, una explicación más amplia a este respecto se proporciona en la sección siguiente.

Resultados y discusión

Objetivos de aprendizaje

La aplicación de los cuestionarios busca profundizar en lo siguiente:

- Indagar en el interés de los alumnos por el uso de prototipos didácticos basado en Arduino y Raspberry Pi.
- Identificar las áreas de aplicación del prototipo y/o de la tecnología que lo integra, a sugerencia de los estudiantes.
- Validar la utilidad del prototipo en su aplicación como instrumento de recolección de datos y/o medición de parámetros analógicos y digitales.
- Obtener retroalimentación de los estudiantes para una mejora continua del prototipo.

Síntesis de las respuestas obtenidas

Se aplicaron 31 cuestionarios para igual número de alumnos, con veinte preguntas distribuidos en cuatro secciones a saber, datos de identificación, relativas a la práctica, relacionados con el prototipo y acerca de las ideas nuevas que les generaba el uso del prototipo. La figura tres muestra algunas de las preguntas, así como las gráficas correspondientes, en los párrafos siguientes se describen los resultados obtenidos en tres de las secciones, se omite la parte de identificación por obvias razones.

Sobre la práctica

En general más del 90% de las respuestas apunta a que es más “divertida” o “interesante” la ejecución de la práctica, se indagó acerca de sus conocimientos previos de Arduino, encontrándose una correlación directa entre la experiencia previa y la facilidad de ejecución de la práctica, aquellos alumnos que no habían tenido experiencia con Arduino, les pareció más complicado realizar los procesos descritos en la práctica.

Un resultado esperado es que conforme se iba rotando la práctica, los que la realizaron posteriormente, ya estaban más enterados del tema, debido a que la vieron previamente, este fenómeno se presenta al contar sólo con un prototipo, se infiere que al tener un prototipo cada uno de los equipos y realicen la actividad el mismo día, entonces desaparecería este sesgo en la investigación.

 ISSN 2007-8102

Sobre el prototipo

Más del 80% de los encuestados opinaron que la pantalla de siete pulgadas es muy pequeña, tuvieron una respuesta favorable del tamaño y la funcionalidad del prototipo, sólo el 15% de ellos manifestó haber tenido una experiencia previa con el sistema operativo Rasberry Pi OS, de entre las respuestas, uno manifestó sorpresa al saber el cambio de nombre, debido a que lo uso en su nombre anterior de Raspbian. Otra retroalimentación recibida fue acerca de la necesidad de colocar postes etiquetados de fuente de alimentación, sin embargo sólo fue una deficiencia del conocimiento ya que en la barra de GPIO existen voltajes de 3.3 y 5V.

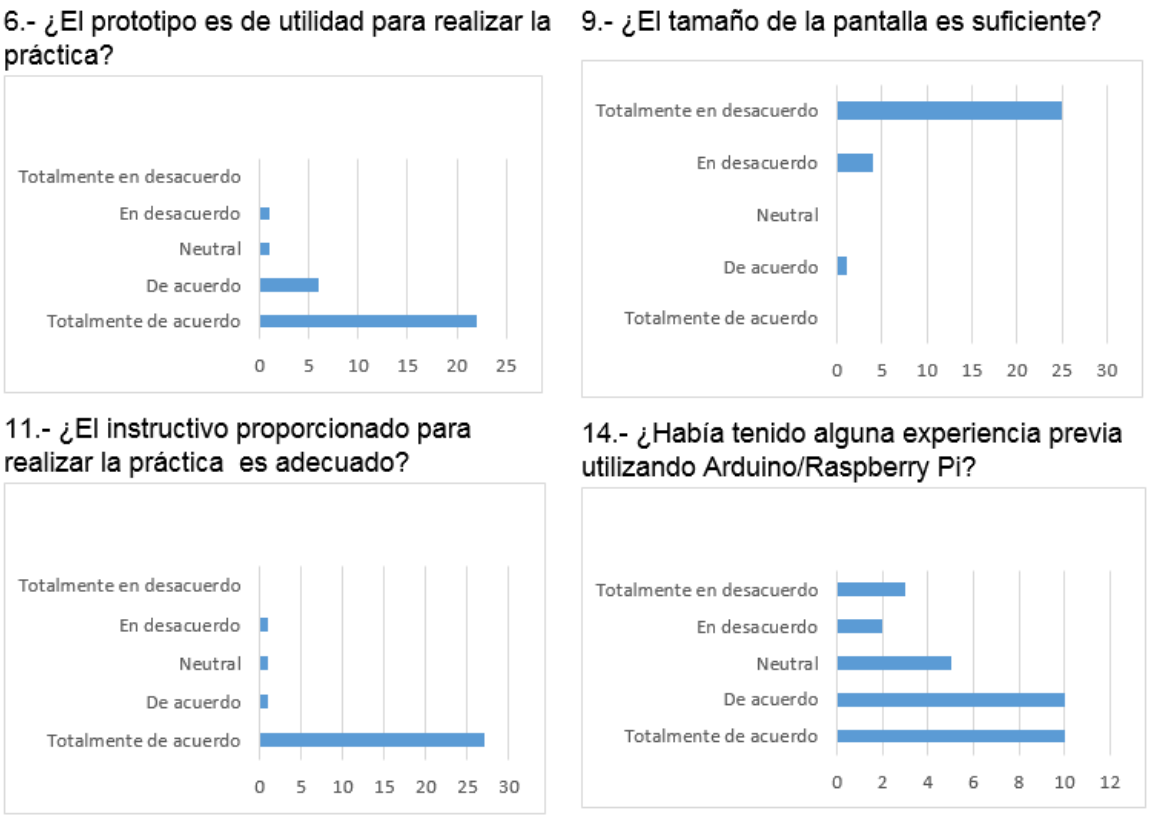


Figura 3: Muestra de las preguntas y sus gráficas. Fuente: Autoría propia.

Sobre las ideas que les genera el prototipo

Una de las constantes ya identificadas con la realización de la práctica, se encuentra relacionada con la cantidad de ideas que les genera el uso del prototipo didáctico, debido a que de inmediato comienzan a relacionar su carrera con aplicaciones del prototipo, en este caso a los autos, ya que hubo alumnos que infirieron acertadamente que la pantalla del prototipo y la Raspberry Pi podrían ser adaptadas a un coche, incluso un equipo completo de alumnos, que ya desplegaba variables del auto utilizando un adaptador bluetooth de OBD (On Board Diagnostics por sus siglas en inglés) y una tableta, comenzó a trabajar en la portabilidad del código a la Raspberry Pi.

Otras ideas interesantes fueron las de encender el auto con el celular, adaptar módulos de encendido del auto con un botón interceptando las señales con Arduino y colocando códigos tanto para el ingreso a la aplicación como para el encendido del auto.

En el primer párrafo de este apartado se indica que es un constante identificada, porque en las primeras aplicaciones del prototipo, realizadas en 2018, no se incluía una sección específica de ideas, pero en las secciones de observaciones y comentarios surgían tanto las dudas como los planteamientos del tipo: ¿y si uso (Arduino, Raspberry) para controlar/automatizar/medir (cualquier

proceso o actividad relacionada)?, después de ello se incluyó la sección específica, obteniendo resultados muy parecidos, en más del 90% de los casos, perder el miedo al uso de Arduino y/o Raspberry Pi, es un detonante de la aplicación de estos dispositivos en la solución de problemas específicos y la motivación para llevarlos a cabo.

Trabajo a futuro

Se buscará la aprobación del prototipo para su uso en escuelas de la Ciudad de México y su área metropolitana, para ello se requiere de una gran labor de difusión y capacitación en la factibilidad de usar el prototipo para las materias relacionadas con STEM, se confía en que, con base en los resultados obtenidos hasta el momento, el prototipo demuestre ser un excelente auxiliar didáctico para la enseñanza. Se buscará determinar en este uso más amplio, si es necesario prescindir de la pantalla o generar ambos prototipos, con y sin pantalla incluida para atender diferentes tipos de necesidad.

Conclusiones

El uso de prototipos didácticos en la enseñanza potencializa la indagación de los estudiantes, sin que exista la necesidad de imponerlo como una actividad a realizar, ellos, de manera intuitiva, perciben ciertos usos para resolver un problema en particular, principalmente si es un problema trabajado con anterioridad.

La aplicación de este prototipo en escuelas diversas de nivel medio superior y superior, de ámbito público y privado, así como de carreras diferentes, pero todas ellas relacionadas con STEM, permite inferir que no importa la carrera que el estudiante curse, es posible ubicar problemas o situaciones que se pueden resolver con el uso de este tipo de tecnologías.

El problema manifestado del tamaño de la pantalla se resuelve conectado el dispositivo por HDMI o mediante un acceso remoto con VNC, sin embargo esta observación no es una situación trivial, la pantalla incluida en el diseño agrega costo, fragilidad y tamaño al prototipo, si no tuviera la pantalla incluida, el prototipo sería más compacto y barato, prescindir de la pantalla no representa problema para un laboratorio escolar que puede optar por sendos monitores HDMI para el despliegue, la duda es si un estudiante receptor, en una comunidad alejada, contará con una pantalla HDMI, en todo caso será necesario considerar ambas situaciones y elaborar dispositivos que sean aplicables a cada una de estas situaciones.

Agradecimientos

A los alumnos por su entusiasta participación en el uso del prototipo, así como de su retroalimentación del mismo, autoridades de la universidad, por permitir la utilización del prototipo y su comprensión hacia el enfoque didáctico utilizado en el aula. Sin su invaluable colaboración no hubiera sido posible realizar este trabajo.

Referencias

[1] Sanders, M. (2020, Junio, 10). STEM, STEM Education, STEMmania. [Online]. Disponible en https://www.teachmeteamwork.com/files/sanders.istem.ed.ttt.istem.ed.def.pdf
[2] Barragán, H. (2020, Junio, 10). The Untold History of Arduino. [Online]. Disponible en https://arduinohistory.github.io
[3] Heath, N. (2020, Junio, 8). How the Raspberry Pi was created: A visual history of the $35 board. [Online]. Disponible en https://www.techrepublic.com/ pictures/how-the-raspberry-pi-was-created-a-visual-history-of-the-35-board/
[4] Gómez-Castillo. C. (2020, Junio, 8). Arduino como una herramienta para mejorar el proceso de enseñanza – aprendizaje de las ciencias, tecnologías e ingenierías en la

Universidad Politécnica de Tapachula. [Online]. Disponible en https://revistas.proeditio.com/iush/quid/article/view/119/110

[5] Xiaoyang Zhong and Yao Liang, (2020, Junio, 5). Raspberry Pi: An Effective Vehicle in Teaching the Internet of Things in Computer Science and Engineering. [Online]. Disponible en http://dx.doi.org/10.3390/electronics5030056

[6] T. Dočekal, M. G. (2020, Junio, 5). Low cost laboratory plant for control system education. [Online]. Disponible en https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2018.07.168

[7] Pérez-Castañeda M., Berra-Villaseñor E., Cuautle-Parodi J. R. (2020, Junio, 5). Aprendizaje basado en prototipos para la creación de recurso didáctico para la enseñanza de robótica en plataforma MOOC. [Online]. Disponible en https://www.researchgate.net/publication/328571341_Aprendizaje_basado_en_prototipos_para_la_creacion_de_recurso_didactico_para_la_ensenanza_de_robotica_en_plataforma_MOOC

[8] J. He, Dan Chia-Tien Lo, Y. Xie and J. Lartigue, "Integrating Internet of Things (IoT) into STEM undergraduate education: Case study of a modern technology infused courseware for embedded system course," 2016 IEEE Frontiers in Education Conference (FIE), Erie, PA, USA, 2016, pp. 1-9, doi: 10.1109/FIE.2016.7757458

[9] diyAudioProjects.com, LM317 / LM338 / LM350 Voltage Regulator Calculator [Online]. Disponible en https://diyaudioprojects.com/Technical/Voltage-Regulator/ consultado el 04 de septiembre de 2020.

Estimación de parámetros eléctricos en celdas solares orgánicas usando modelos estacionarios y fotocorriente modulada

M. Espinosa Tlaxcaltecatl[1], V. M. Méndez Reyes, M. A. Alonso Pérez[1], J. J. Vásquez Sanjuan[1], J. A. Arízaga Silva[1]*
[1]Programa educativo de Ingeniería en Sistemas Automotrices, Universidad Politécnica de Puebla, Tercer carril del ejido "Serrano" s/n, Juan C. Bonilla, C.P. 72640, Puebla, México

mario.espinosa@uppuebla.edu.mx

***Área de participación**: Ingeniería Eléctrica y Electrónica*

Resumen

El trabajo reporta la estimación de parámetros eléctricos de una celda orgánica bajo condiciones de oscuridad e iluminación, determinados con el uso de 3 modelos eléctricos estacionarios (con iluminación constante). Al inicio se utiliza el modelo más simple de una celda solar basada en un diodo, a partir del cual se obtiene la corriente de saturación (Is) y el factor de idealidad (n). Además de analizar la influencia sobre la corriente de saturación por condiciones de iluminación. Después, al aplicar el modelo de una celda solar con una resistencia en serie, se describen la influencia de esta resistencia parasita sobre la forma rectificada de la curva Voltaje-Corriente (VI). El último modelo estacionario, considera la inclusión de la resistencia en paralelo (Rp). Finalmente, se propone la dependencia de fotocorriente modulada (Jph) en función del voltaje aplicado, como una técnica transitoria para determinar las funciones de trabajo de los electrodos en la estructura.

***Palabras clave**: Parámetros eléctricos, celdas solares, función de trabajo, fotocorriente modulada.*

Abstract

The work reports the estimation of solar cell electrical parameters under dark and illuminated conditions, determined with the use of 3 stationary electrical models (constant illumination). Initially, we used the simplest model of a solar cell, which is based on a diode. This model obtains the saturation current (Is) and the ideality factor (n). In addition, it is analyzed the influence on the saturation current by lighting conditions. Then, the model of a solar cell with a series resistance describes the influence of this parasitic resistance on the rectified shape of voltage-current (VI) curve. The last stationary model considers the inclusion of the parallel resistance (Rp). Finally, the modulated photocurrent dependence (Jph) on applied voltage is proposed as a transitory technique to determine the working functions of the structure electrodes.

***Key words**: Electrical parameters, solar cells, working function, modulated photocurrent.*

Introducción

Los dispositivos fotovoltaicos en la actualidad son cada vez más utilizados en distintas ramas de la ingeniería, como en: invernaderos, en estaciones de suministro fijas y en dispositivos en movimiento como automóviles, es decir, en todo espacio donde se requiera una fuente de energía eléctrica. Desafortunadamente las celdas solares basadas en semiconductores inorgánicos, tal como el silicio, representan retos tecnológicos y de infraestructura de instalación, al tener características de alta rigidez y peso, sumado a los altos costo de adquisición e instalación. La opción alterna son dispositivos fotovoltaicos basados en materiales orgánicos [1], los cuales utilizan polímeros semiconductores, pero requieren de procesos y técnicas de caracterización que sean pertinentes a

los parámetros que se requieren conocer del dispositivo. La complicación en este proceso de caracterización surge al definir los alcances de los modelos teóricos existentes [2].

En este trabajo se propone un procedimiento para determinar los parámetros eléctricos de celdas solares, aplicando diversos modelos eléctricos en régimen estacionario. El grado de complejidad de estos modelos está basado en el número de parámetros que considera (fuente de corriente, temperatura, factor de idealidad y resistencias parasitas) y de consideraciones experimentales (oscuridad o iluminación). El análisis propuesto define la influencia de los parámetros eléctricos en el desempeño final del dispositivo. Además, se aplica una técnica de caracterización basada en la respuesta de la celda solar a iluminación periódica nombrada fotocorriente modulada. La cual es utilizada para estimar niveles de energía de elementos individuales de la estructura fotovoltaica.

Metodología

Materiales

La celda solar es una estructura metal1-semiconductor-metal2.

- El metal1 (ITO, Indium Tin Oxide) es la base del procedimiento de fabricación, presenta característica de alta transmisión en el visible, resistencia de 15 Ω de hoja y un espesor de 125 nm. Este conductor funciona como ánodo y es colocado sobre un sustrato de vidrio, que brinda soporte y protección a la celda.
- La película activa es un semiconductor fabricado como una mezcla 1:1 heterogénea de un polímero donador de electrones poly (3-hexyl thiophene) P3HT y una molécula aceptor de electrones fulereno (derivado de C60) PCBM. Con un espesor de la película de 100 nm y con un procesamiento térmico de calentamiento por contacto a 140°C durante 5 minutos.
- El metal2 funciona como electrodo cátodo, es colocado encima de la estructura por evaporación de Aluminio con un espesor de 150 nm. Finalmente, se coloca una película de vidrio adherible con pegamento transparente, para proteger a la estructura contra la degradación producida por la oxidación.

La Figura 1 muestra la estructura multicapas de la celda solar fabricada. El área transversal al flujo de corriente está definida por un diámetro de 3 mm, lo que representa 0.0706 cm^2.

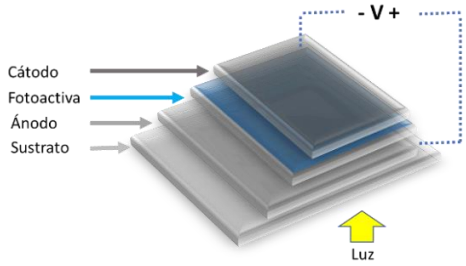


Figura 1. Estructura por capas de la celda solar.

Modelos teóricos de la celda solar en estado estacionario

El diodo es el modelo base en el estudio de una celda solar, existiendo dos casos particulares: diodo ideal y diodo real [3]. La diferencia en términos prácticos está definida por los alcances de aplicación. La ecuación 1 es el modelo del diodo real, cuando el factor de idealidad n>1, reconociendo dos casos extremos que compiten, cuando n=1 el mecanismo de recombinación es el dominante y cuando n=2 el proceso de difusión es el dominante.

$$I = I_o \left[e^{\frac{V_a}{nV_T}} - 1 \right] \qquad \text{ec.(1)}$$

La ecuación 1 es válida para unos cuantos múltiplos del voltaje térmico V_T (0.0258 V a 300 Kelvin) y en ambas direcciones de polarización, en directa (Va > 0) y en inversa (Va < 0), en esta última dirección se alcanza la corriente de saturación I_0 [3].

 ISSN 2007-8102

El estudio de una celda solar orgánica basada en la mezcla heterogénea portador/donador [1], se puede describir desde la perspectiva simplificada de una fuente de corriente en paralelo con el modelo de un diodo de unión (configuración eléctrica básica de una celda solar).
El primer modelo usado para analizar del comportamiento de la celda solar, es el representado por la ecuación 2, el cual toma en cuenta un diodo en paralelo a la fuente de corriente.

$$I = I_L - I_o\left[e^{\frac{V}{nV_T}} - 1\right] \quad \text{ec. (2)}$$

El segundo modelo es un intento de representar de mejor manera la estructura de la celda solar, este considera también dos términos, como se muestra en la ecuación 3. El primer término corresponde a la fuente de corriente y el segundo a la corriente en el diodo, pero en este último se incluye la influencia de una corriente parasita llamada resistencia serie (R_S), que está asociada a la resistencia del material semiconductor (película activa) y a la resistencia de los electrodos. Esta resistencia debería ser lo más pequeña posible para tener una celda solar con las mejores características de recolección de carga.

$$I = I_L - I_0[e^{\left(\frac{V-IR_S}{nV_T}\right)} - 1] \quad \text{ec.(3)}$$

El tercer modelo estacionario descrito por la ecuación 4, incluye todos los elementos mostrados en el diagrama eléctrico descrito por [2]. El tercer término que incluye este modelo es la caída de tensión a través de una resistencia parasita, llamada resistencia shunt o paralela (R_P), la cual representa un proceso de recombinación en trampas profundas, lo que involucra una perdida en la recolección de carga a través de los electrodos. Y a diferencia de la resistencia serie, esta resistencia debería de ser lo más grande posible para lograr que el proceso de recombinación no sea un problema al momento de generar cargas libres y recolectar la mayor cantidad de corriente.

$$I = I_L - I_0\left[e^{\left(\frac{V-IR_S}{nV_T}\right)} - 1\right] - \frac{V-IR_S}{R_p} \quad \text{ec.(4)}$$

Fotocorriente modulada, una técnica en estado transitorio

La fotocorriente es la respuesta de un semiconductor al ser iluminados, absorben fotones y generan portadores de carga (normalmente electrones), lo que incrementa su conductividad $\sigma = \sigma_0 + \Delta\sigma$ ($\Omega^{-1}m^{-1}$), con σ_0 como la conductividad oscura y $\Delta\sigma$ llamada fotoconductividad [3]. Este incremento en la conductividad necesita de un campo eléctrico $E_0\ (V/m)$ aplicado al semiconductor para generar una densidad de corriente J. El termino de corriente asociado solo a la fotoconductividad es llamado fotocorriente $I_{ph}\ (A)$, definido por la ecuación 5.

$$I_{ph} = \Delta\sigma E_0 As \quad \text{ec.(5)}$$

Donde As representa el área transversal al flujo de corriente en el semiconductor.
El fenómeno de fotocorriente es empleado en técnicas experimentales de caracterización, para determinar propiedades fotoeléctricas. Y dentro de ellas, encontramos la técnica de fotocorriente modulada, basada en iluminación uniforme y modulada en amplitud, el esquema experimental se muestra en la Figura 2.

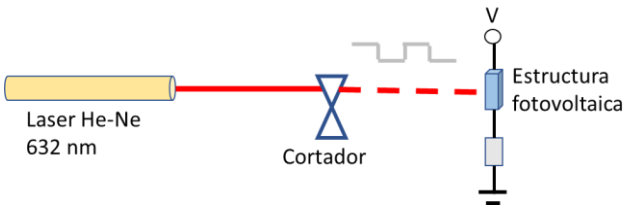


Figura 2. Esquema experimental de la técnica de fotocorriente modulada.

 ISSN 2007-8102

Un campo eléctrico se aplica a la muestra, un haz es proyectado usando un láser He-Ne de 30mW de potencia de onda continua y un cortador mecánico permite modular este haz sobre la muestra. La fotocorriente modulada fluye a través de una resistencia de carga R_L y puede ser detectada como variaciones de voltaje, a través de un amplificador lock-in que se amarra a la fase de la señal de modulación del cortador mecánico. Esto garantiza que la relación señal ruido sea mayor a 50.

Resultados y discusión

Aplicación de los modelos estacionarios

La curva experimental de voltaje-corriente (VI) obtenida de una celda solar bajo condiciones de iluminación uniforme e invariante en el tiempo, es la dependencia comúnmente usada para determinar parámetros de desempeño, tal como la eficiencia de conversión de potencia (η). En este dispositivo al aplicar una irradiancia de 100 mW/cm^2 (característico de radiación solar a 1.5 A.M) se obtiene una eficiencia de 0.86%. Además, es posible determinar los parámetros eléctricos al aplicar los modelos basados en la configuración eléctrica básica y ajustarlos a la curva VI.

El proceso de caracterización en este trabajo inicia con la estimación del factor de idealidad y corriente de saturación al aplicar el modelo de la ecuación 2 en oscuridad. La selección inicial del modelo más simple permite estimar el factor de idealidad y corriente de saturación, ya que, V_T se considera una constante. Las Figuras 3 y 4 muestran el ajuste alcanzado para las curvas experimentales VI oscura y con iluminación, respectivamente.

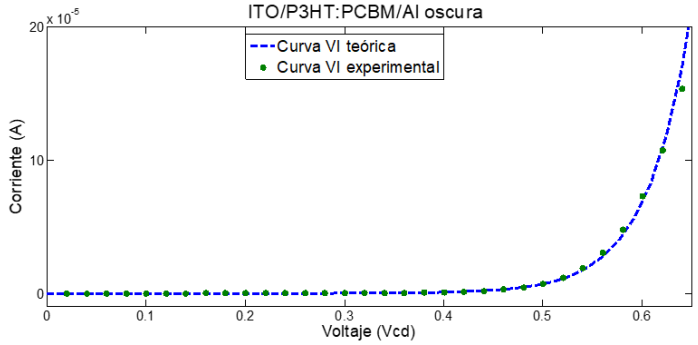


Figura 3. Curva experimental VI oscura con ajuste numérico empleando el primer modelo, con n=1.75 e I_0=75 pA.

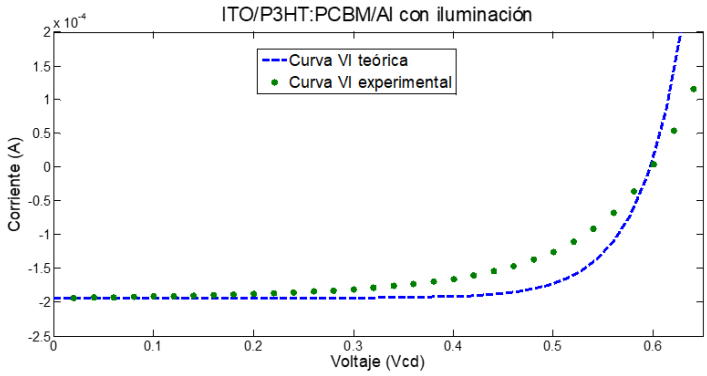


Figura 4. Curva experimental VI con iluminación y ajuste numérico empleando el primer modelo, con 100 mW/cm^2 de radiación solar, n = 1.75, I_0 = 230 pA e I_L= 193 µA.

Como se puede observar, la corriente de saturación se ve incrementada 3 órdenes de magnitud al pasar de 75 pA a 250 pA en presencia de iluminación, esto tiene antecedentes en los resultados

recientemente reportados por Meyer en [4], donde se establece que el incremento se debe a la condición de aumento de los defectos en la región espacial de carga, lo que favorece la corriente de recombinación.

Para mejorar el ajuste se emplea el segundo modelo de la celda solar. Al aplicarlo a la curva experimental VI oscura, se encuentra un valor de R_S=100 Ω que se ajusta el comportamiento de la curva, de la misma manera que en la Figura 3. Para la curva experimental VI con iluminación se requiere un valor de resistencia serie R_S=250 Ω para lograr el mejor ajuste con este modelo, el cual se muestra en la Figura 5.

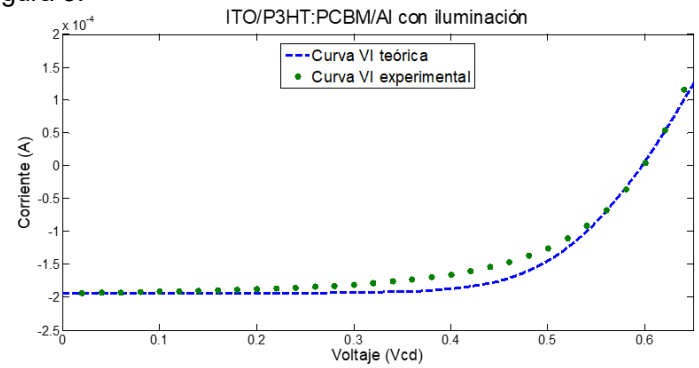


Figura 5. Curva experimental VI con iluminación y ajuste numérico empleando el segundo modelo, con 100 mW/cm^2 de radiación solar, n = 1.75, I_0= 230 pA, I_L= 193 µA y R_S = 250 Ω.

El criterio empleado para realizar el ajuste es dar prioridad a la región de voltaje de circuito abierto (V_{OC}), el cual se puede encontrar en la región donde la corriente obtenida sea nula (I=0), en esta grafica la región está alrededor de 0.6 volts. Pero se observa que aún existe una clara desviación de la curva teórica con respecto a la experimental en la región de 0.3 – 0.5 volts.

Al utilizar el ajuste del tercer modelo estacionario de la celda solar a la curva experimental. Se encontró un valor de R_P=600 kΩ cuando se aplica a la curva experimental VI oscura, el comportamiento se similar a mostrado en la Figura 3. Y al aplicar el ajuste a la curva experimental VI con iluminación se logra un empate en todas las regiones de voltaje aplicado al utilizar R_P=25 kΩ, esto se observa en la Figura 6.

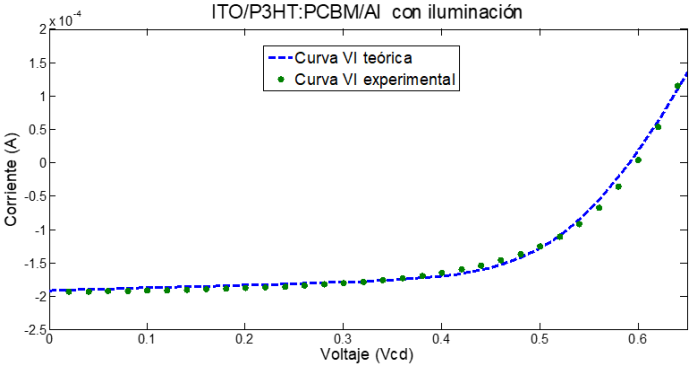


Figura 6. Curva experimental VI con iluminación y ajuste numérico empleando el tercer modelo, con 100 mW/cm^2 de radiación solar, n = 1.75, I_0 = 230 pA, I_L= 193 µA, R_S = 250 Ω y R_P = 25 kΩ.

El criterio usado para realizar el tercer ajuste a la curva experimental con iluminación, se enfoca en determinar la pendiente adecuada en la región de corriente corto circuito (I_{SC}), la cual se puede encontrar donde el voltaje aplicado es nulo (V=0).
La Tabla 1 presenta el concentrado de los parámetros eléctricos obtenidos al aplicar cada uno de los modelos eléctricos de una celda solar en estado estacionario.

 ISSN 2007-8102

Tabla 1. Parámetros de desempeño y eléctricos usando los modelos de la celda solar en estado estacionario en oscuridad y con iluminación a 100 mW/cm² de radiación solar.

Curva VI	n	I_0 [pA]	I_L [μA]	R_S [Ω]	R_P [kΩ]
oscura	1.75	75	0	100	600
iluminación	1.75	230	193	250	25

Aplicación de la técnica de fotocorriente modulada

La fotocorriente en estado estacionario representa una diferencia de la corriente producida bajo iluminación y la corriente en condiciones oscuras [5,6], es decir, $I_{ph} = I_L - I_D$. La Figura 7 muestra los puntos característicos de la curva experimental VI con iluminación, con V_{OC}=0.6 V e I_{SC}=193 μA. También, se observa el punto característico de la fotocorriente, llamado voltaje de compensación V_0=0.68 V, donde la fotocorriente se desvanece $(I_{ph} = 0)$.

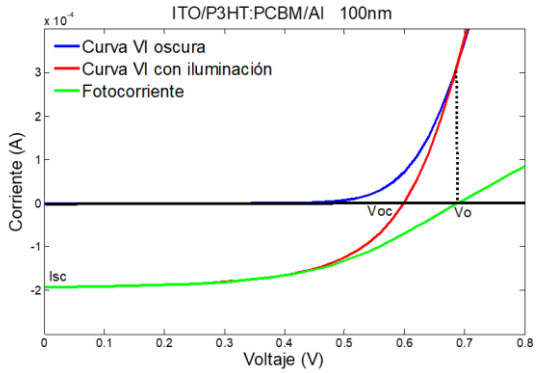


Figura 7. Curva VI bajo condiciones de iluminación solar (100 mW/cm²) y de oscuridad. Además, la fotocorriente con V_0 = 0.68 V.

La curva de fotocorriente modulada se muestra en la Figura 8, con un voltaje de compensación en V_0=0.75 V. De acuerdo con [5] el voltaje de compensación es el límite superior para el $V_{OC,}$ en esta estructura se relacionan de siguiente manera $V_0 \approx V_{OC}$+1.5 V.

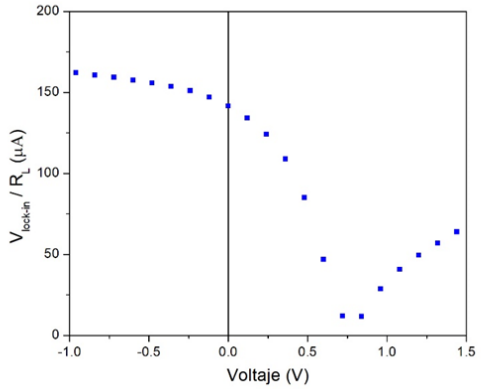


Figura 8. Fotocorriente modulada detectada usando un amplificador lock-in a 1 khz, excitación de luz laser a 633 nm, potencia de 30 mW, resistencia de carga R_L= 50 Ω y V_0 = 0.75 V.

Se puede observar que la forma de la curva de la fotocorriente modulada presenta magnitudes de corriente absolutas, por esta razón se utiliza el primer cuadrante del plano cartesiano donde se muestra la fotocorriente modulada y el punto de quiebre en V_0.

El punto de interés en este trabajo es cuando el voltaje de compensación es igual al voltaje V_{bi} (built-in). El voltaje V_{bi} surge por el doblamiento de bandas en la estructura metal-semiconductor-metal al momento de realizar la mezcla aceptor/donador y generar un solo nivel de Fermi [7]. Esta condición de V_0=V_{bi} ocurre cuando la suma de las barreras de inyección ($\emptyset_n$ para electrones y $\emptyset_p$ para huecos) es $\emptyset_{np}$ > 0.4 eV [6]. La Figura 9 muestra la distribución energética de los niveles HOMO, LUMO de la mezcla heterogénea donador/aceptor, las barreras de inyección ($\emptyset_n$, $\emptyset_p$) y la funciones de trabajo de los electrodos ($\emptyset_{Al}$, $\emptyset_{ITO}$). Pero el electrodo de ITO presenta un rango amplio de valores, por ejemplo, Riegel [7] indica un rango entre 4.3 a 5.1 eV y Vazquéz [8] indica una variación de 3.51 a 4.09 eV dependiendo del recocido en su fabricación. Los demás valores de la estructura fotovoltaica se reportan por diversos autores [5,7,9].

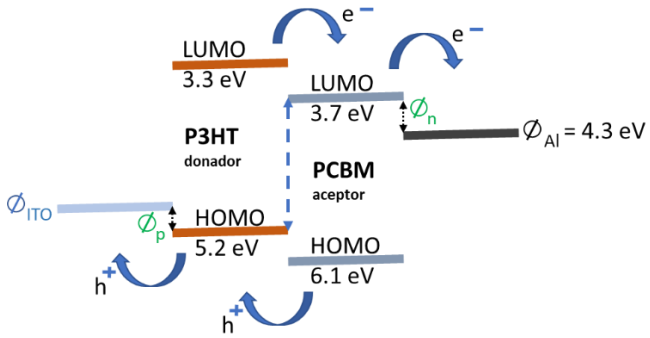


Figura 9. Esquema del proceso de transporte y los niveles de energía para los elementos que forman la estructura metal1-semiconductor orgánico-metal2.

Calculando las barreras de inyección de electrones $\emptyset_n = \emptyset_{Al} - LUMO_{aceptor} = 0.6$ eV y de huecos $\emptyset_p = HOMO_{donador} - \emptyset_{ITO}(4.3 - 5.1\ eV) = 0.1 - 0.8$ eV, se observa un problema al determinar la función de trabajo del ánodo ($\emptyset_{ITO}$), ya que varían entre 3.5 a 4.5 eV [9]. Atendiendo esto, en este trabajo se estima la función de trabajo del ánodo ITO usando la expresión de $qV_{bi} = E_g - \emptyset_n - \emptyset_p$, dada por [6], donde q es la carga del electrón, utilizada para balancear las unidades de la ecuación y E_g es la banda prohibida de la mezcla.
Primero, se calcula E_g= $HOMO_{donador}$ – LUMOaceptor = 1.5 eV. Después, obtenemos la expresión de barrera de inyección de huecos $\emptyset_p = E_g - qV_0 - \emptyset_n$, al considerar V_0=V_{bi} al cumplir la condición de que $\emptyset_n = 0.6\ eV$ ya sea mayor que 0.4 eV. Al sustituir se obtiene $\emptyset_p = 1.5\ eV - 0.68\ eV - 0.6\ eV = 0.22$ eV para fotocorriente y $\emptyset_p = 1.5\ eV - 0.75\ eV - 0.6\ eV = 0.15$ eV para fotocorriente modulada. Lo que finalmente, permite estimar el valor aproximado de la función de trabajo del ánodo $\emptyset_{ITO} = HOMO_{donador} - \emptyset_P$, obteniendo $\emptyset_{ITO} = 5.2\ eV - 0.22\ eV = 4.98$ eV para la fotocorriente y $\emptyset_{ITO} = 5.2\ eV - 0.15\ eV = 5.05$ eV para la fotocorriente modulada. La explicación de esta variación de la función de trabajo tiene parte de la respuesta, en la dependencia de E_g con el espectro de radiación/absorción, al usar dos fuentes de iluminación. Una fuente con espectro de radiación solar y otra monocromática.

Trabajo a futuro

La técnica de fotocorriente modulada es una herramienta en el dominio del tiempo que puede ofrecer información de los parámetros de transporte de carga en la película activa, la interfaz de los electrodos y de las condiciones de operación transitoria, Por lo tanto, el siguiente paso lógico es realizar un proceso de caracterización bajo nuevas condiciones experimentales, como en función de la frecuencia, de la iluminación, de la composición del polímero/fulereno, contraste de la modulación, entre otras. Además, interpretar los resultados del proceso de transporte producto de aplicar fotocorriente modulada en las mezclas fotoconductoras orgánicas.

Conclusiones

Se aplicaron tres modelos estacionarios basados en el diagrama eléctrico de una celda solar de película delgada en una estructura fotovoltaica orgánica, mostrando la metodología para determinar los parámetros eléctricos del dispositivo. Todos los parámetros encontrados realizan un ajuste a la curva experimental VI oscura y con iluminación de forma correcta, sin desviaciones entre las curvas teórico y experimental. Además, se demostró la utilidad de la técnica de fotocorriente modulada al determinar niveles energéticos de los electrodos y de la película activa dentro de la estructura fotovoltaica metal1-semiconductor organico-metal2 y la relación de estos niveles de energía con los puntos característicos de las curvas experimentales.

Agradecimientos

A la Dra. Svetlana Mansurova por el apoyo para establecer la metodología del procedimiento experimental. Así, como a la UPPue por favorecer la publicación de esta investigación.

Referencias

[1] C. J. Brabec, V. Dyakonov, J. Parisi and N. S. Sariciftci, "*Organic photovoltaics*", Berlin: Springer-Verlag, 2003.
[2] E. Q. B. Macabebe and E. E. van Dyk, "Parameter extraction from dark current-voltage characteristics of solar cells", *South Africa Journal of Science*, vol. 104, no.1, pp. 401-404, 2008.
[3] D. A. Neamen, *Semiconductor Physics and Devices*, NY, USA: McGraw-Hill,1996.
[4] E. L. Meyer, "Extraction of saturation current and ideality factor from measuring Voc and Isc of photovoltaic modules", International Journal of Photoenergy, vol. 2017.
[5] V. Dan Mihailetchi, "Devices physics of organics bulk heterojunction solar cells", Ph.D. dissertation, Groningen Univ., The Netherlands, 2005.
[6] A. Petersen, T. Kirchartz and T. A. Wagner, "Charge extraction and photocurrent in organic bulk heterojunction solar cells", *Physical Review B*, vol.85, pp. 045208-1 a 11, 2012.
[7] N. Riegel, "Advanced devices architectures in solution-processed multi-layer OLEDs", Ph.D. dissertation, Köln Univ., Köln, Germany, 2005.
[8] S. Vázquez y Parraguirre, "Fabricación y caracterización de óxidos conductores transparentes depositados por medio de sputtering para aplicaciones en dispositivos fotovoltaicos", tesis de maestría, INAOE, Puebla, México, 2016.
[9] Y. Shen, "Investigation of electrical properties of P3HT:PCBM organic solar cells", Ph.D. dissertation, Virginia Univ., Virginia, USA, 2013.

 ISSN 2007-8102

Adquisición de señales de sensores capacitivos coplanares por medio de un circuito integrado de propósito específico.

A. Carrillo Sánchez[1], G. Águila Rodríguez[1], L. A. Castillo Pavón[1], I. Herrera Aguilar[1], J.P. Rodríguez Jarquín[1].*
[1]División de Estudios de Posgrado e Investigación, Maestría en Ingeniería Electrónica, Instituto Tecnológico de Orizaba, Av. Oriente 9 Núm. 852, Colonia Emiliano Zapata, C.P 94320, Orizaba, Veracruz, México.
**carrillosarmando@gmail.com*

Área de participación: *Ingeniería Eléctrica y Electrónica.*

Resumen
En este trabajo presentamos el desarrollo de un sistema que incluye un módulo para la obtención de señales eléctricas generadas por un grupo de sensores capacitivos a través de un circuito integrado de propósito específico. Se diseñó y construyó una plantilla con sensores capacitivos coplanares distribuidos estratégicamente en un arreglo matricial de 5x5. Posteriormente el sistema para acondicionar y procesar las señales se construyó utilizando substratos flexibles con el objetivo de favorecer la portabilidad del sistema. Por otra parte, los datos se someten a un post-procesamiento y se despliegan finalmente en un programa desarrollado en Python para la visualización de la información adquirida en un escala de color. Los resultados logrados en este trabajo nos permiten monitorear un máximo de 25 puntos de sensado distribuidos en un área de 36 cm^2 de forma confiable lo cual resulta particularmente importante para aplicaciones enfocadas al estudio de la marcha humana.

Palabras clave: *matriz-capacitiva, sistema portátil, SPI, AT42QT2640.*

Abstract
In this work we present the development of a system that includes a module for obtaining electrical signals generated by a group of capacitive sensors through a purpose-specific integrated circuit. An insole with strategically distributed coplanar capacitive sensors was designed and built in a 5x5 matrix array. Subsequently, the system for conditioning and processing signals was built using flexible substrates in order to promote system portability. On the other hand, the data undergoes post-processing and is finally deployed in a program developed in Python for the visualization of the acquired information on a color scale. The results achieved in this work allow us to monitor a maximum of 25 sensing points distributed in an area of 36 cm^2 reliably which is particularly important for applications focused on the study of human gait.

Keywords: *matrix-capacitive, embedded system, SPI, AT42QT2640.*

Introducción
Un tema de especial interés es el cuerpo humano, en donde el pie y la postura, toma una gran relevancia como indicador general del estado de salud y ergonomía como en [1] donde se estudian los aspectos antropométricos en los individuos.
Muchas técnicas que existen hoy en día para medir parámetros médicos y antropométricos, como lo es la presión plantar, se basan en la toma de impresiones de la huella del pie para obtener rasgos morfológicos, mediante procedimientos manuales tales como la pedigrafía en donde se utiliza un folio y tinta o grasa de color para tomar la impresión de la huella del pie. Por otra parte, el fotopodograma es una técnica en donde la impresión de la huella se hace sobre papel fotográfico el cual después de ser revelado muestra la morfología de la planta del pie [2]. Estos métodos basados en procesos manuales resultan tardados y poco prácticos cuando se aplican a un gran número de individuos.

 ISSN 2007-8102

Por otra parte, desde el punto de vista tecnológico los sistemas embebidos poseen características eléctricas y funcionales que facilitan su integración en una gran cantidad de sistemas o procesos ya establecidos. Como ejemplo de lo anterior, en [3] se desarrolló un sistema de plantilla con sensores resistivos de presión e inerciales para la medición baropodométrica y variables inerciales, luego, en [4] se describe un sistema matricial basado en sensores de presión piezorresistivos para el sensado de la presión plantar. Igualmente, en [5] se describe el diseño y construcción de un prototipo de escáner para la medición de presiones plantares para el diagnóstico de trastornos del pie, en donde el escáner está compuesto por una matriz de sensores piezorresistivos. Por otro lado, en [6], se realizó un estudio de baropodometría empleando un sistema de plantillas compuestas de sensores piezoeléctricos. Además, en [7] se desarrolló un sistema que consta de plantillas con sensores capacitivos, para medir la presión ejercida en el pie, para obtener información sobre actividades biomecánicas durante la bipedestación. En [8] el estudio explica el desarrollo de un podógrafo para el análisis de la huella plantar por medio de procesamiento de imágenes. De manera similar en [9] se presenta un sistema para la detección presión en grandes áreas orientado a sillas de ruedas, el cual consta de una matriz de sensores construidos mediante serigrafia con material piezorresitivo.
Con base en todo lo anterior, en este trabajo se aprovechan las características de los sistemas embebidos y de los sensores capacitivos para desarrollar una plantilla capacitiva coplanar en un arreglo matricial, y un módulo de procesamiento de señales para finalmente realizar el despliegue de un mapa de fuerzas de la planta del pie humano a través de un programa de despliegue visual de propósito específico.

Metodología.

Diseño del sistema portátil para adquisición de señales de sensores capacitivos.

El diseño del módulo para procesar la señal de sensores capacitivos se compone de tres secciones, tal como se observa en el siguiente diagrama a bloques de la Figura 1.

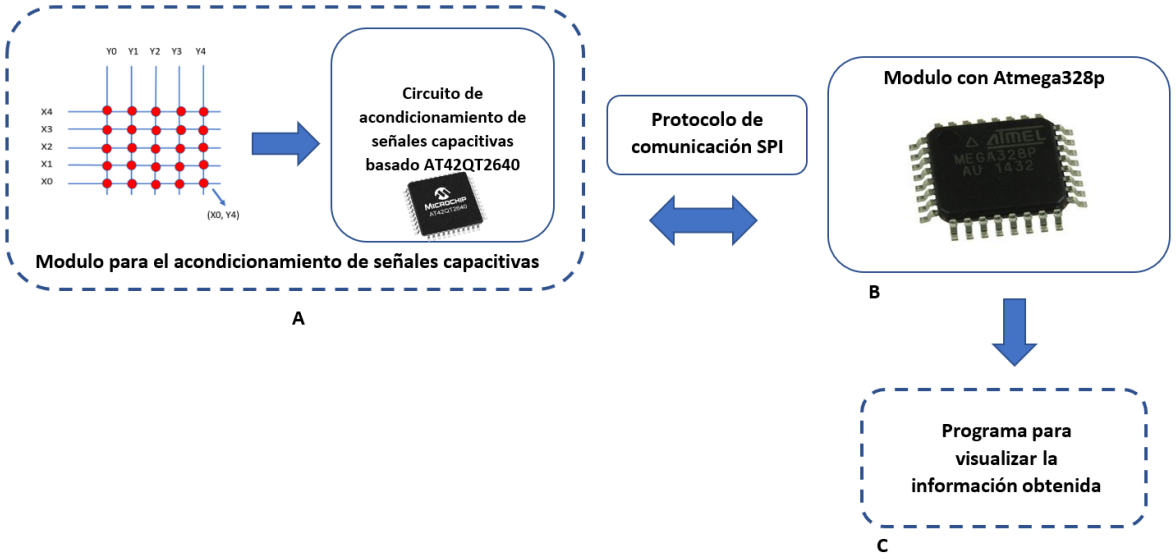


Figura 1. Diagrama a bloques del módulo de acondicionamiento de señales de sensores capacitivos.

El bloque **A** se compone básicamente por una plantilla de material flexible que incorpora un total de 25 de sensores capacitivos distribuidos estratégicamente y un circuito integrado AT42QT2640 de la compañía Microchip para acondicionar la señal de los sensores. Este arreglo permite sensar de manera puntual el estado de cada sensor capacitivo y transmitir serialmente el estado completo de todo el arreglo hacia un microcontrolador Atmega328p (sección **B**). Como se verá más adelante el microcontrolador permite implementar y controlar el protocolo de comunicación para lectura de los datos y ajustar los niveles del umbral de detección de los sensores capacitivos. Otra actividad importante que también realiza el microcontrolador es transmitir los datos pre-procesados hacia una

 ISSN 2007-8102

computadora personal (sección **C**) en donde gracias a una interfaz desarrollada en Python los datos se post-procesan para su desplegado final. Otros detalles más precisos se describen a continuación.

Desarrollo de la plantilla y de los sensores capacitivos coplanares.

Una buena estrategia para resolver este problema de sensado, es una estructura matricial conformada por los sensores capacitivos, se sigue el diseño propuesto en [10] y [11]. Este tipo de estructura es del tipo *trackpack* o *touchpad*, comúnmente encontrados en laptops. Consisten en un arreglo de dos dimensiones de sensores o electrodos. Cada sensor contiene un electrodo transmisor (Tx) y un electrodo receptor (Rx), los cuales están próximos uno de otro. En la Figura 2 se muestra la estructura de un sensor tipo *trackpack* (de estructura matricial), donde la forma de los electrodos son diamantes como romboides, separados por una distancia determinada denominada *gap* [12], que dependiendo de esta separación va a cambiar la sensibilidad del sensor.

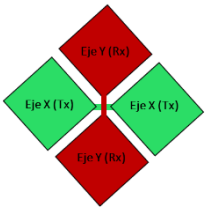


Figura 2. Vista de un sensor capacitivo coplanar de estructura matricial formado por la intersección de los ejes X e Y [12].

La geometría de los electrodos de la plantilla son básicamente sliders, un slider es un sensor unidimensional, es decir, detecta el movimiento lineal de un dedo durante el toque sobre el [13].
Teniendo en cuenta la arquitectura matricial, se diseñaron los electrodos que forman los ejes X e Y. Para el desarrollo de la plantilla, se diseñaron los electrodos en forma de diamante con un tamaño de 6.25x6.25 mm. El *gap* utilizado también fue de 0.508 mm como. Para obtener los puntos de contacto o detección, cada fila y columna debe tener un cierto número de diamantes que, cuando se intercalan entre sí, generan la intersección deseada.
Para las plantilla desarrollada, los sliders fueron diseñados para obtener veinticinco puntos de contacto, por lo tanto, la relación entre el número de diamantes y el número de puntos de intersección se describe en (1).

$$n = p + 1 \qquad (1)$$

Donde:

p: es el número de puntos de intersección deseados.

n**:** es el número de diamantes en cada fila y columna.

Entonces, como el número deseado de intersecciones es p, se tiene que cada fila debe tener un diamante más para cada punto de contacto requerido. Para el caso de esta plantilla, tiene que cada fila y columna (Xn, Yn) necesita tener seis diamantes por eje de la plantilla. En la Figura 3.A) se muestra la arquitectura de la estructura de la matriz capacitiva en función de los puntos de coordenadas (25), se visualiza los ejes X e Y, filas y columnas respectivamente, los cuales al cruzarse forma el punto de contacto deseado y se observa en la Figura 3.B) la vista de la plantilla capacitiva coplanar manufacturada.
De este modo, como cada intersección es el punto de sensado (sensor capacitivo), al aplicar un estímulo físico sobre el punto de interés, se genera una variación del valor de capacitancia del sensor, por esta razón, se toma esta variación en los valores de los sensores para ser procesada por medio de un circuito integrado de propósito específico. En las siguientes secciones se expone lo anterior. Para el estímulo físico se uso una masa de 5 Kg para analizar la respuesta de los sensores de la plantilla. La plantilla se colocó sobre una superficie rígida.

 ISSN 2007-8102

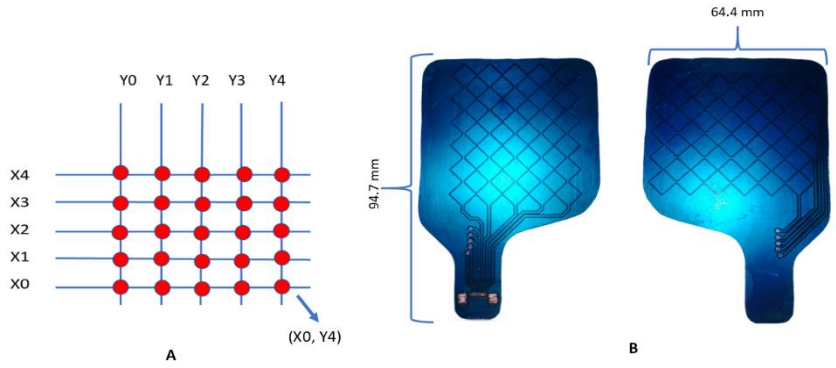


Figura 3. A) Estructura de la matriz capacitiva en función de los puntos de coordenadas. B) Vista superior e inferior de la plantilla capacitiva manufacturada.

Diseño del módulo de procesamiento de señales de sensores capacitivos.

Tomado en cuenta el circuito de aplicación base del AT42QT2640, se diseñó con ayuda del software Multisim y Ultiboard la tarjeta de acondicionamiento de señales de sensores capacitivos. En la Figura 4 se muestra el diagrama esquemático de la tarjeta de acondicionamiento de señales de sensores capacitivos, diseñada p ara la plantilla capacitiva con la estructura descrita anteriormente. Cabe mencionar que esta tarjeta se elaboró en una placa fenólica tipo FR-4 con un espesor de 0.5 milímetros de doble cara de cobre.

Se aprecia en la sección **A** de la Figura 4 el circuito integrado AT42QT2640 como dispositivo principal de la tarjeta del circuito de acondicionamiento de señales de sensores capacitivos con sus conexiones hacia los componentes que forman el circuito. La sección **B,** muestra el oscilador de cristal de cuarzo @16 MHz, el cual es de suma importancia para el correcto funcionamiento del circuito, se observan también sus capacitores de desacople. La sección **C,** están las resistencias serie *matrix* (X-Y). En la sección **D,** se ubican los capacitores de muestreo para las líneas de recepción. En la sección **E,** se aprecia las resistencia de muestreo de las líneas de recepción. En la sección **F,** se visualizan los capacitores para filtran el ruido del regulador, esto capacitores son importantes ya que ayudan a tener unas señales más limpias. La sección **G,** muestra el regulador de voltaje (ASM117) del circuito, este regulador deber ser solo para la alimentación del integrado y sus componentes, si el circuito está conectado a otro, entonces deben tener regulador independiente. La sección **H,** es el conector plano tipo FFC para cable flexible del protocolo de comunicación SPI. Y En la sección **I,** está un conector plano tipo FFC para el bus de conexión con el ensamble coplanar capacitivo.

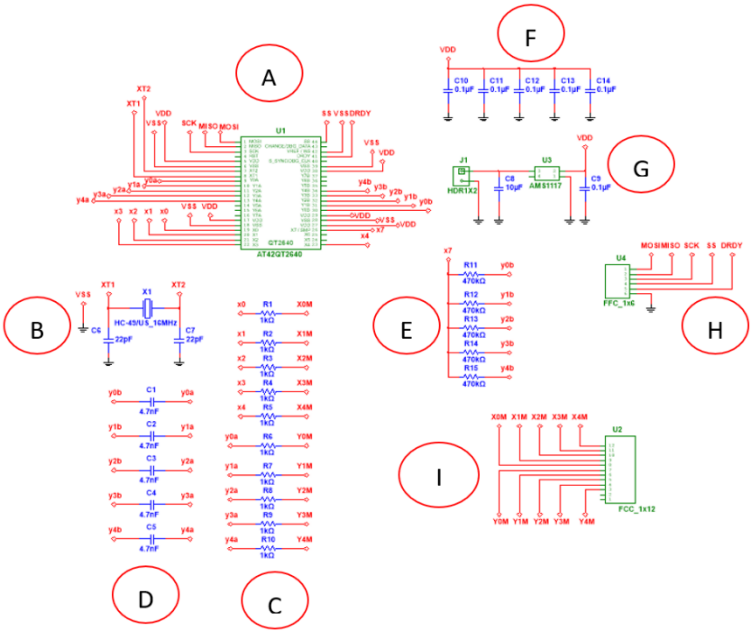


Figura 4. Vista del diagrama esquemático del módulo para el procesamiento de señales de sensores capacitivos.

 ISSN 2007-8102

Diseño de algoritmo de obtención de valores de umbrales.

Una vez que se logró disponer de la tarjeta de acondicionamiento de señales para sensores capacitivos, se procedió a acoplar esta con la plantilla capacitiva (sensores).
Posteriormente se abordó el problema de configuración de los registros (lectura y escritura), esto se hizo mediante una tarjeta Arduino NANO. La metodología para establecer un algoritmo capaz de obtener los valores de los registros del AT42QT2640 se basó en la información proporcionada por la hoja de datos del fabricante [14]. En [14] se detalla la estructura de la trama de datos que envía el maestro para realizar una transferencia de bytes hacia el AT42QT2640. En la Figura 6 se muestra el diagrama de tiempo para la transferencia de dos bytes entre el AT42QT2640 y el microcontrolador maestro.

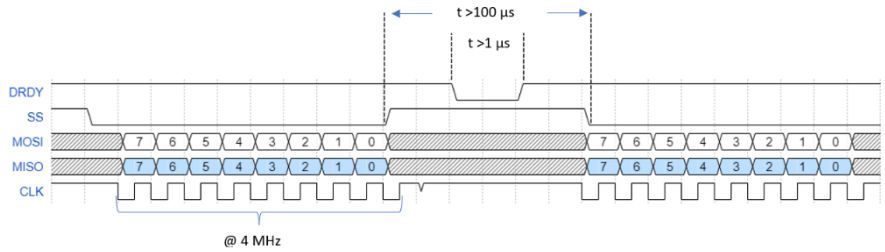


Figura 5. Diagrama de tiempo para la trasmisión y recepción de información mediante SPI.

La trama consiste que implementando el protocolo SPI, en cada ciclo de reloj enviado por el maestro se envíe un valor de registro ya sea de lectura o de escritura y que el dispositivo esclavo (AT42QT2640) regrese un valor simultáneamente. El diagrama de flujo del algoritmo para la comunicación entre el microcontrolador y el AT42QT2640 se muestra en la Figura 7.

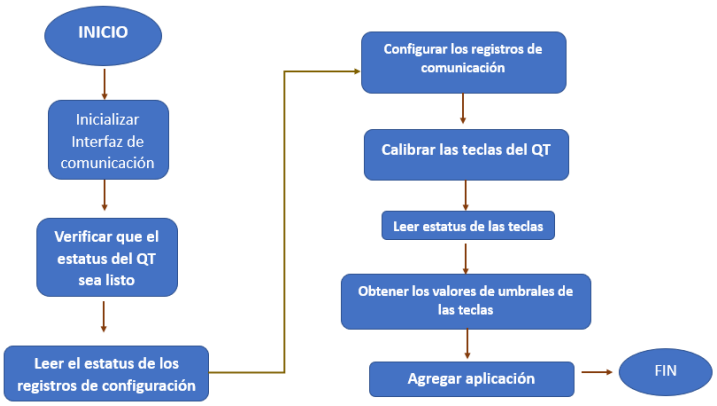


Figura 6. Diagrama de flujo para la comunicación del AT42QT2640 y el microcontrolador maestro.

Para la implementación del algoritmo descrito anteriormente se desarrolló una librería en lenguaje C que pudiese ser implementada en el IDE (*Integraded Develope Enviroment*) de Arduino el cual está basado en lenguaje C. Como el AT42QT2640 pertenece a una familia de circuitos integrados dedicados a el acondicionamiento de señales de sensores capacitivos, pero para el caso específico de este circuito integrado no se encontraba una librería acorde diseñada tal cual para su implementación. La librería se enfoca en inicializar la comunicación entre el microcontrolador maestro y el AT42QT2640. Para verificar que la comunicación es correcta el circuito integrado debe regresar su ID (hx1A). Verificando que es correcta el ID se procede a calibrar las teclas (sensores) del IC mediante una función en la parte de configuración del programa Arduino (*Setup*). Al completarse la calibración lo siguiente es comenzar a leer los registros que contiene los valores de umbrales de cada sensor dentro de la plantilla capacitiva coplanar. Los valores de estos umbrales están dados en valores de 8 bits, es decir 0 a 254 valores digitales.
Así pues, establecida la comunicación y la obtención de los umbrales, lo siguiente es el envío de estos valores hacia un PC donde lo recibe un programa para el desplegado visual de los datos de manera gráfica.

 ISSN 2007-8102

En la Figura 8 se muestra el diagrama a bloques del envío y desplegado de la información para su interpretación.

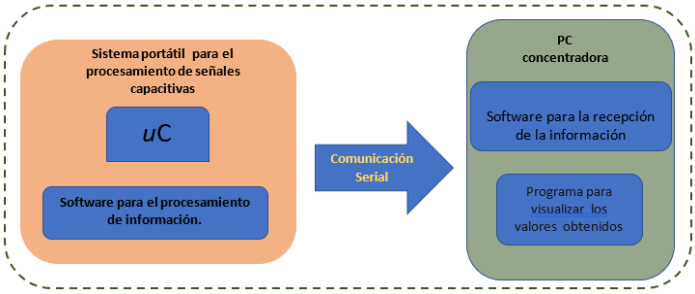


Figura 7. Diagrama a bloques entre el sistema portátil para el procesamiento de señales de sensores capacitivos y el módulo para el despliegue de información.

Resultados y discusión.

Despliegue de valores de umbrales.

Tomando en cuenta que el arreglo físico de la plantilla con sensores capacitivos se ajusta a las propiedades de un arreglo matricial, entonces, es posible procesar la información asociada con cada uno de sus coeficientes (puntos de sensado) como si estos correspondieran a una imagen. Con esta consideración se tiene una estructura matricial tipo M_{ij}, donde M es la matriz y los subíndices *i*, *j* corresponden al número de filas y columnas respectivamente.

A partir de este enfoque se aplicó una técnica de visualización de datos para desplegar la magnitud de cada coeficiente como color en dos dimensiones *(heatmap*). Aquí, cada coeficiente solo puede variar dentro del rango de 0 a 254 y su representación visual va desde el azul oscuro hasta el rojo oscuro normalizando la escala de color en un rango de 0 a 1, tal como se observa en la Figura 9.

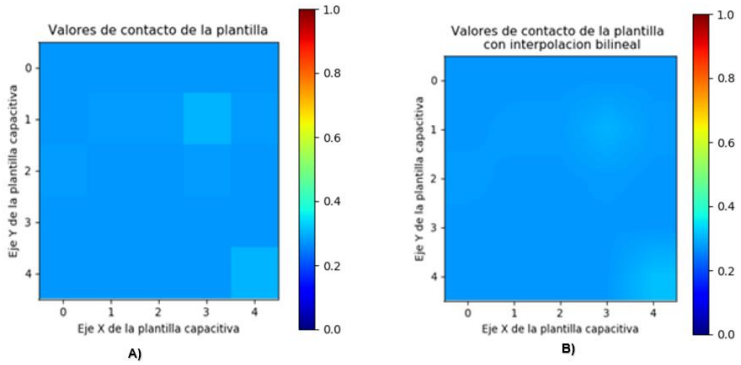


Figura 9. Representación visual de la acción de sensado mediante una plantilla matricial de sensores capacitivos. A) respuesta sin estimulo físico (sin toque). B). Misma respuesta con interpolación bilineal para corrección de la referencia.

Podemos observar que el área de la Figura 9. A) es casi uniforme a excepción de dos puntos de sensado en donde la respuesta es ligeramente más intensa (azul claro). Desde el punto de vista de un arreglo de sensores, una respuesta como esta se asocia con la presencia de un error de offset focalizado aun cuando la matriz completa permanece libre de un estímulo físico. Por otro lado, este resultado indica que los procesos tecnológicos de manufactura utilizados para los sensores de la matriz son altamente reproducibles, sin embargo, para corregir el error de offset en la respuesta inicial, se incluyó un proceso de interpolación bilineal para mejorar la resolución de la imagen de salida sin perder calidad como en [15] y los resultados se aprecian en la Figura 9.B). con esta acción se logró minimizar la presencia del offset inicial en la visualización de la respuesta. Para estudiar la respuesta en cada punto de la matriz ante un estímulo físico de presión, se utilizó una magnitud conocida de 5.00 kgf/cm^2 como valor máximo. Y se ajustó el algoritmo de procesamiento y visualización para que este estimulo correspondiera con un desplegado de color rojo oscuro o el 100% de la respuesta, tal como se muestra en la Figura 10. Otro estimulo adicional que también se utilizó consistió en tocar con la yema del dedo la superficie de los sensores sin hacer presión.

 ISSN 2007-8102

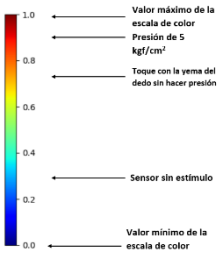


Figura 10. Escala visual y fenómenos físicos asociados para caracterizar la respuesta de la plantilla matricial de sensores capacitivos.

Otros resultados interesantes se presentan en la Figura 11. Estos resultados corresponden a un estímulo físico que consistió en tocar la superficie del sensor con la yema del dedo sin hacer presión en las posiciones XY, 1,4 y 4,1. Como se puede observar la respuesta visual corresponde aún color amarillo/marrón mientras que la magnitud del dato decimal fue de 170 (ver Figura 11.A). Por otra parte, en la Figura 11.B se observa que gracias al proceso de interpolación bilineal la respuesta visual más intensa se localiza en la posición central del sensor y esta se difumina gradualmente conforme nos alejamos del centro. Este resultado también es favorable ya que ambos puntos presentan características similares, y, por su presentación se facilita la interpretación de cómo cambia la variable física.

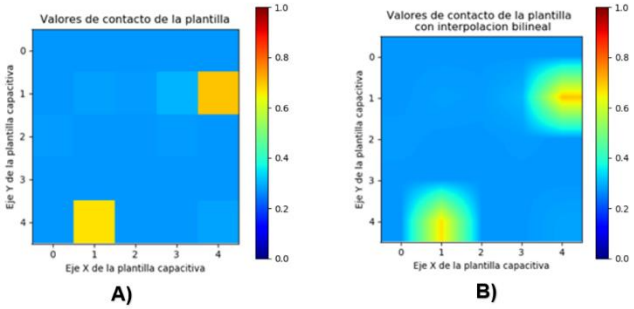


Figura 11. Respuesta visual de la matriz de sensado cuando se toca la superficie de dos sensores. A) Respuesta visual simple, B) Respuesta visual con interpolación bilineal.

Finalmente, en la Figura 12 presentamos los resultados obtenidos cuando se aplica una presión de 5Kgf/cm^2 (0.49 MPa) sobre los puntos XY 1,1 y 4,4 de la matriz. En este caso se observa que la magnitud de la respuesta visual corresponde al rojo tal como se esperaba de acuerdo con la escala que se definió en la Figura 10.

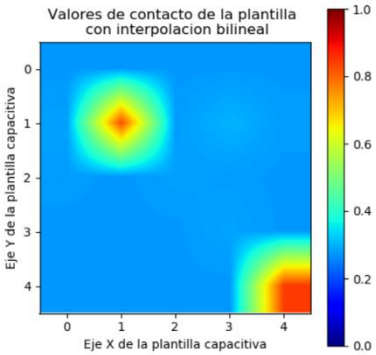


Figura 12. Respuesta visual para dos puntos de la matriz con un estímulo físico equivalente a 5 kgf/cm^2 de presión.

La respuesta más intensa que se observa en la posición 4,4 de la figura anterior, se puede deber a que la fuerza aplicada no estuvo localizada justo en la parte central de la estructura del sensor, o bien, aun posible error de borde que permite acumular mayor carga eléctrica y un consecuente aumento en la magnitud del valor medido, sin embargo, hacen faltan más pruebas para describir con certeza este comportamiento. No obstante, los resultados son prometedores ya que muestran la viabilidad de medir la presión ejercida por un cuerpo mediante una matriz de sensores capacitivos.

Trabajo a futuro

Siguiendo con en el contexto de este trabajo, se buscará más adelante implementar estas plantillas en aplicaciones que involucren la monitorización y obtención de parámetros en la región plantar del pie. Este enfoque en principio tiene la ventaja de que nos permitirá obtener el área de contacto (o huella plantar) y la distribución de la presión en un área determinada. Por otro lado, se pretende también que el sistema tenga la capacidad de comunicarse de manera inalámbrica para lograr un sistema versátil. No obstante, es necesario realizar más adelante un mayor número de pruebas en un ambiente de presión controlado para la caracterización de los sensores capacitivos para obtener sus características estáticas y dinámicas. Aunado a lo anterior, se pretende que el sistema desarrollado evolucione a un sistema embebido.

Conclusiones.

Se desarrollo un sistema portátil completo para obtener y procesar las señales de un conjunto de sensores capacitivos, construidos de acuerdo con una estructura matricial M_{ij}. Así mismo, se desarrolló un programa que nos permitió presentar la magnitud de la respuesta en una escala visual. Los resultados con relación al procesamiento y visualización de la información muestran que nuestra propuesta de diseño y los métodos de manufactura electrónica son adecuados, ya que, para diferentes puntos de sensado las respuestas presentaron características similares.

El desarrollo del programa basado en lenguaje Python para visualizar la información obtenida del sistema portátil, nos permitió incorporar fácilmente un procesamiento de interpolación bilineal para mejorar la presentación visual de los resultados. Esto se debe a que la interpolación lineal genera en nuestra aplicación una difuminación gradual de la respuesta en cada punto de sensado.

Referencias.

[1] E. Cabello, “Antropometría”, Centro Nacional de Nuevas Tecnologías, Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo, pp. 1–21, 2014.

[2] L. Luengas, M. Díaz and J. González “Determinación de tipo de pie mediante el procesamiento de imágenes”, Ingenium, vol. 17. n.° 34, pp. 147-161, mayo. 2016.

[3] K. García, H. Franco, D. Castaño, R. Flórez and J. Gómez. “Diseño e implementación de sistema de plantilla para medición de presiones y cinemática del pie”. Revista Colombiana de Rehabilitación, vol.13, pp. 72-79, 2014, doi: 10.30788/RevColReh.v13.n1.2014.32

[4] J. Li, M Wang, X. Wang, Z. Xie, W. Huang, X. He, and X. Wu, “Design and Implementation of a Plantar Pressure Distribution Measuring System,” 08th Int. Conf. on Intelligent Human-Machine Systems and Cybernetics pp. 316–319, 2016, doi: 10.1109/IHMSC.2016.100

[5] F. Mattar, H. A. L. Qudaimat, B. Al Qaroot, and M. Al Yaman, “Low Cost Foot Plantar-Pressure Scanning Pad,” 3rd Middle East Conf. on Biomed, Eng., pp. 20–24, 2016, doi:10.1109/MECBME.2016.7745399.

[6] A. Mart and C. Cuevas, “Estudio baropodométrico de los valores de presión plantar en pies no patológicos,” Rehabilitación, vol. 41, no. 4, pp. 155–160, 2007, doi: 10.1016/S0048-7120(07)75509-3

[7] O. Mazumder, A. S. Kundu, and S. Bhaumik, “Development of Wireless Insole Foot Pressure Data,” 2012 Int. Conf. on Communications, Devices and Intell. Systems, pp. 302–305, 2012.

[8] C. Díaz, A. Torres, J. Ramírez, L. García, N. Alvarez, “Descripción de un sistema para la medición de las presiones,” Revista EIA, Colombia, no. 6, pp. 43-55, 2006.

[9] J. Ahmad, H. Andersson, J. Sidén, “Sitting Posture Recognition using Screen Printed Large Area Pressure Sensors,” *IEEES ensors,*pp. 8–10, *2017,* doi: 10.1109/ICSENS.2017.8233944

[10] F. Semiconductor, “AN3863, Designing Touch Sensing Electrodes” Appl. Note, Rev. 4,pp. 1-28, July 2011.

[11] Azoteq, “ AZD068 A short guide on trackpad layout Contents,”Appl. Note, pp. 1–10, 2016.

[12] H. Gu and C. Sterzik, “Capacitive Touch Hardware Design Guide,”Design Guide, pp. 1–25, November 2015.

[13] Atmel, "QTAN0079 Buttons, Sliders and Wheels Sensor Desing Guide”, Appl.Note, pp. 1-72, 2011.

[14] Atmel,“64-key 8-slider/wheel QMatrix FMEA IEC/EN/UL60730 Touch Sensor IC”, AT42QT2640 datasheet, 2013.

[15] P. Hurtik and N. Madrid, “Bilinear Interpolation over fuzzified images: Enlargement.” IEEE International Conference on Fuzzy Systems,2015, doi:10.1109/fuzz-ieee.2015.7338082

Diseño de sistema de control inalámbrico de iluminación con plataforma Arduino y App inventor

K. García Márquez[1], I. Martinez López [1], J.C. Martínez Hernández [2] y T. I. Ortega Vázquez[3]*
Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico Superior de Huauchinango
**jc.martinez@huauchinango.tecnm.mx*

***Área de participación**: Ingeniería Eléctrica y Electrónica.*

Resumen

La presente investigación tiene como objetivo la creación y diseño de una aplicación móvil para dispositivos Android, que facilite el control de iluminación de forma inalámbrica utilizando vía bluetooth. La metodología utilizada se conforma en dos fases: la primera en relación con la programación en arduino lo que permitirá la comunicación entre el dispositivo móvil y las terminales del mismo. La segunda corresponde al diseño y creación de la aplicación móvil en la plataforma App Inventor, resultando así una aplicación ideal para implementarse como un sistema de control de iluminación puesto que se espera permita un ahorro energético y con ello brindar a las personas con limitaciones físicas la facilidad de poder tener el control de las luces de su hogar, además de ofrecer comodidad.

***Palabras clave**: Arduino, bluetooth, Control Inalámbrico, Iluminación.*

Abstract

The present research aims to create and design a mobile application for Android devices, which facilitates lighting control wirelessly using via Bluetooth. The methodology used is compliant in two phases: the first in relation to programming in Arduino which will allow communication between the mobile device and the terminals thereof. The second corresponds to the design and creation of the mobile application on the APP Inventor platform, thus resulting in an ideal application to be implemented as a lighting control system since energy saving is expected and with it to provide people with physical limitations the ease of power.

***Key words**: Wireless Control, Lighting, Arduino, bluetooth.*

Introducción

Existen organismos que proponen acciones para obtener un ahorro energético y así mismo disminuir la emisión de gases de efecto invernadero de los cuales el de mayor impacto es el CO2. Uno de dichos organismos es la CONUEE (Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía) que propone criterios para integrar Planes Anuales de Trabajo (PAT) de eficiencia energética en inmuebles, flotas vehiculares e instalaciones industriales. De entre todos los criterios que propone para permitir la reducción del consumo de energía, se encuentra la instalación de sistemas de control de iluminación en inmuebles [1]. Se han propuesto medidas para ahorrar energía, una de ellos es buscando estrategias aplicables en los sistemas de iluminación donde se puede obtener un ahorro hasta del 30%, algunas de estas estrategias pueden ser empleando luminarias y reflectores con alta eficiencia, que suponen un ahorro de energía de hasta el 75%, controlando la iluminación en áreas desocupadas y el consumo eléctrico del sistema [2]. Si se hace uso eficiente de la energía se tendrá como consecuencia una disminución de CO2 cerca del 50%. El control de iluminación es una de las formas más básicas de obtener un ahorro significativo de electricidad, también es una forma de contribuir a la reducción de emisiones de gases contaminantes, este ha ido innovándose con el paso del tiempo.

Los primeros interruptores simples de encendido y apagado tenían forma de rueda o barra deslizante de pared y permitían atenuar la incandescencia ya que permitía seleccionar niveles intermedios de iluminación [3]. Durante la crisis energética de década de 1970, surgieron los primeros sensores de presencia, así como los temporizadores a dispositivos de iluminación que apagaban las luces cuando no se detectaba presencia por un determinado periodo de tiempo o de lo contrario, cuando el tiempo del reloj programador lo marcaba. Después de varios años llegaron los controles de iluminación basados en redes que apagaban todas las luces en el edificio en un momento determinado, anulando de esta manera los interruptores y controles independientes [4]. Posteriormente hizo su aparición el sistema de control avanzado de iluminación basado en software, aprovechando los avances de la tecnología, que permiten el intercambio de datos entre los componentes del sistema del control de las luminarias, y proporcionan fácilmente la capacidad de manipular las luces, ya sea desde una ubicación centralizada o desde algún dispositivo móvil, por medio de alguna aplicación para dichos dispositivos [5].

El sistema de control resulta útil para personas con dificultad de moverse libremente en el interior de su casa, además de brindarle al hombre la facilidad y comodidad para tener el control de las luminarias [6]. El desarrollo de una aplicación móvil que permita tener control del encendido y apagado de las luces de una casa habitación, se consideró como una alternativa de acuerdo a los criterios que propone la CONUEE. Esta aplicación se desarrolló mediante un software de programación por bloques, así como en la plataforma arduino para poder instalarse en cualquier dispositivo Android, e interactúe con alguna placa arduino mediante conexión bluetooth, permitiendo la simplificación del proceso de encender y apagar las luces, además de notificar las áreas en las que se encuentran encendidas las luminarias. Para utilizar la aplicación y cumplir con su función es necesario que se utilice un módulo de relevadores y una tarjeta de control.

Metodología

A continuación se presenta la metodología utilizada para lograr el objetivo planteado. Esta se compone de dos fases, la primera en relación con la programación en la plataforma arduino y la segunda con respecto a la creación y desarrollo de la aplicación “Connect Home” en la plataforma App Inventor.

Fase 1: Desarrollo del código de programación en la plataforma arduino: Salidas digitales

Se declara la variable a utilizar, en este caso se trata de la variable tipo “char”, que es capaz de almacenar caracteres como valores numéricos. El valor asignado a este caracter es “val”, esto quiere decir que se encargará de que el microcontrolador reciba la indicación desde el dispositivo móvil de encender o apagar las luminarias por medio de caracteres. Declarar una variable es definirle un tipo, nombre y valor para la misma. En este caso se van a declarar las terminales como salidas digitales del microcontrolador, los cuales activaran el relevador. En la Figura 1 se muestra este procedimiento.



Figura 1. Declaración de variables para salidas digitales

 ISSN 2007-8102

Entradas analógicas

En esta parte del código se declararon las variables constantes de tipo entero, tal como se muestra en la Figura 2, las cuales definen las terminales del microcontrolador que se utilizarán como entradas analógicas para la tarjeta de control, mismas que envía el relevador. Es importante mencionar que dicha tarjeta es la que permitirá tener el control de las luminarias, ya que en ella se encuentra el modulo bluetooth. El nombre de la variable hace referencia a los botones de la aplicación desarrollada en App inventor que corresponden a cada una de las luminarias a controlar y el valor corresponde al número de terminales del microcontrolador.



Figura 2. Declaración de variables para entradas analógicas.

Configuración para el modo de trabajo de las terminales.

La siguiente parte del código es establecer la configuración correcta de las funciones que llevará a cabo el microcontrolador por medio de la función “Void setup()” tal como se visualiza en la Figura 3. Para configurar el modo de trabajo o funcionamiento de los terminales de la tarjeta de control y de las salidas digitales, se ejecuta la instrucción “pinMode” en cada una de las terminales de acuerdo al modo de trabajo. De esta manera se indica al microcontrolador que las terminales el parámetro INPUT funcionarán como entradas y las terminales con el parámetro OUTPUT como salidas.

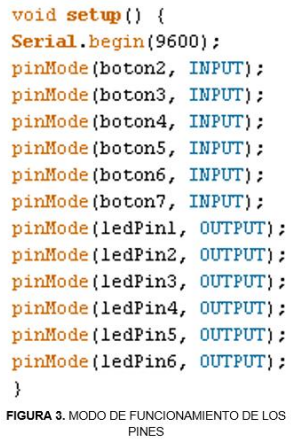


FIGURA 3. MODO DE FUNCIONAMIENTO DE LOS PINES

Figura 3. Modo de trabajo de terminales.

Ejecución del programa

El siguiente paso esencial para el funcionamiento del programa es “void loop”, pues aquí es donde se ejecutarán las acciones del programa. La función “digitalRead” lee el valor de las terminales digitales dando como resultado HIGH o LOW, o sea, ALTO o BAJO respectivamente y la lectura se

 ISSN 2007-8102

almacena en la variable “buttonState”. En otras palabras, ButtonState2=digitalRead(boton2) hace que “ButtonState2” sea igual al estado leído en “boton2”. Esto se muestra en la Figura 4.




```
void loop(){

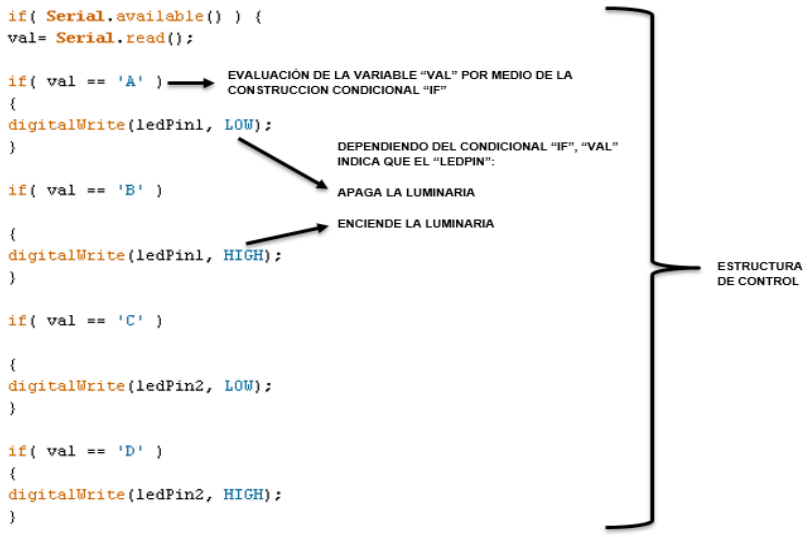
buttonState2 = digitalRead(boton2);
buttonState3 = digitalRead(boton3);
buttonState4 = digitalRead(boton4);
buttonState5 = digitalRead(boton5);
buttonState6 = digitalRead(boton6);
buttonState7 = digitalRead(boton7);

if (buttonState2 == HIGH) {
Serial.println("LUZ DE SALA ENCENDIDA");
delay(1000);
}
if (buttonState3 == HIGH) {
Serial.println("LUZ DE BAÑO ENCENDIDA");
delay(1000);
}
if (buttonState4 == HIGH) {
Serial.println("LUZ DE HABITACIÓN ENCENDIDA");
delay(1000);
}
if (buttonState5 == HIGH) {
Serial.println("LUZ DE PATIO ENCENDIDA");
delay(1000);
}
if (buttonState6 == HIGH) {
Serial.println("LUZ DE COCINA ENCENDIDA");
```

Figura 4. Pasos iniciales para ejecución del programa

Comunicación entre android y el microcontrolador

Para enviar desde el móvil al módulo bluetooth la orden para que apague o encienda las luces, se utilizan “serial.available” y “digitalWrite”. La línea “Serial.available()” limita la ejecución del código solamente cuando haya datos disponibles en el puerto serie. Está metida dentro de una estructura selectiva (if), quiere decir que cuando existan datos disponibles para leer en el puerto serie el programa procederá a ejecutar los comandos que se encuentren dentro de las llaves del operador “if”. Para realizar la lectura “Serial.available” se utiliza en conjunto con “Serial.read”. En la Figura 4 se muestra el procedimiento descrito..




```
if( Serial.available() ) {
val= Serial.read();

if( val == 'A' )
{
digitalWrite(ledPin1, LOW);
}

if( val == 'B' )

{
digitalWrite(ledPin1, HIGH);
}

if( val == 'C' )

{
digitalWrite(ledPin2, LOW);
}

if( val == 'D' )
{
digitalWrite(ledPin2, HIGH);
}
```

FIGURA 5. COMUNICACIÓN DE ANDROID A ARDUINO

Figura 5. Pasos iniciales para ejecución del programa.

 ISSN 2007-8102

La función “digitalWrite” permite escribir valores lógicos digitales en uno o varias terminales de salida del microcontrolador, para conseguir esto, la función requiere de tres parámetros importantes, el primer parámetro es que la terminal o las terminales hayan sido declaradas previamente como salidas. Finalizada la verificación del código, se conecta el microcontrolador a la computadora y desde la opción de herramientas se selecciona el tipo de placa con la que se trabajará, en este caso se utilizó un arduino nano, así mismo se hace la selección del puerto y se procede a subir o cargar el programa a la placa arduino.

Fase 2: Creación de aplicación en App inventor.

App inventor es una plataforma de Google Labs para crear aplicaciones para el sistema operativo Android. El desarrollo de estas aplicaciones está basado en un lenguaje visual a partir de bloques Java. En estos bloques se encuentran funciones, sentencias y elementos que son de uso muy común en la mayoría de lenguajes de programación. Finalizado el diseño y la programación de la app se descarga y se instala en un dispositivo Android. Una vez realizado el diseño de la aplicación, se realizará la programación con bloques.

Para iniciar, se debe adicionar el selector de lista para visualizar los dispositivos bluetooth vinculados al teléfono. Una vez realizado el diseño de la aplicación, se realizó la programación. con bloques. Para empezar, se tiene que agregar el selector de lista, que es el que visualizara los bluetooth vinculados al teléfono. Para que se pueda dar la conexión entre el bluetooth y el celular se deben agregar dos tipos de selectores, los cuales tendrán el enunciado “antes de selección” y “después de selección”.

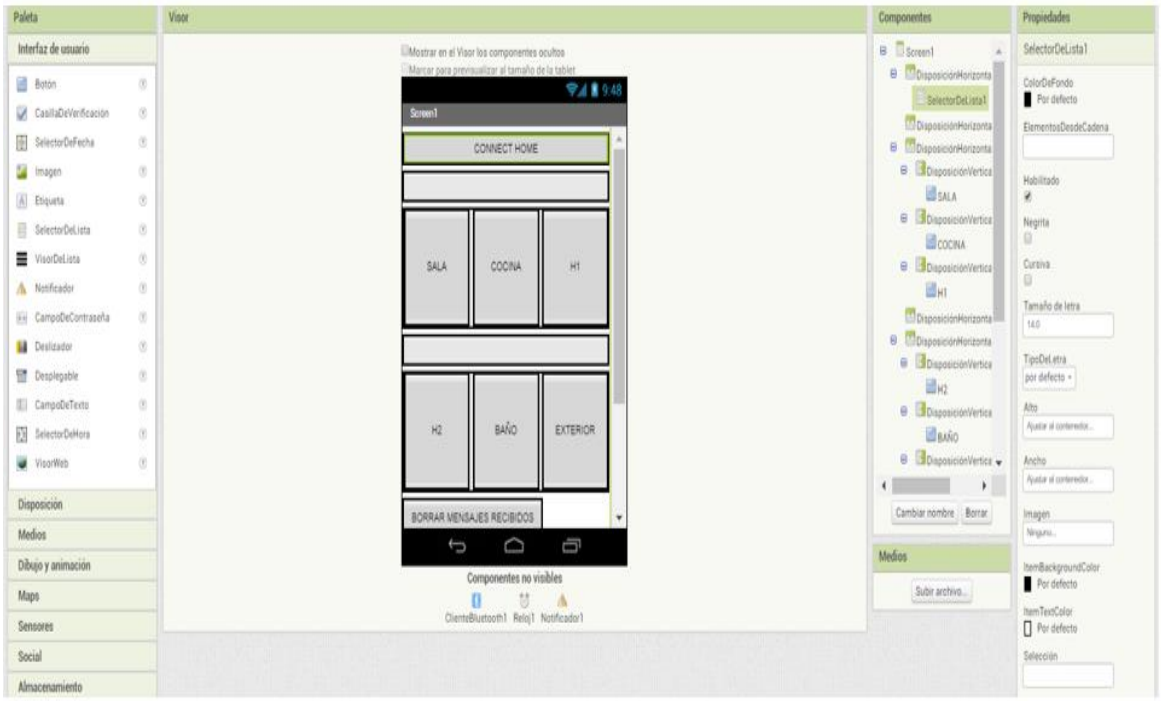


Figura 6. Diseño de la aplicación.

El primer selector es para buscar los dispositivos bluetooth disponibles y el segundo selector es el llevará a cabo la vinculación, es decir, el que realizará la conexión entre el bluetooth y el dispositivo Android. En cada selector de lista se agregará un cliente Bluetooth, para la conectividad.

 ISSN 2007-8102

Resultados y discusión

Para visualizar el resultado final y puesta en marcha tanto del diseño de la aplicación móvil como de la programación de la configuración de los dispositivos que conforman el control de luminaria tal como se muestra en la Figura 7, se optó por realizar la simulación de su funcionamiento a través de una maqueta.



Figura 7. Diseño final e interfaz gráfica de la aplicación móvil "Connect Home" para control de luminaria.

En la Figura 8 se muestra la maqueta corresponde a la de una casa habitación a escala, se emplearon luminarias led, las cuales trabajan a 127 V. Cuenta con el módulo de relevadores de estado sólido (tal como se presenta en la figura 9) y la tarjeta de control, la tarjeta incluye un módulo bluetooth HC-05 y un arduino nano.

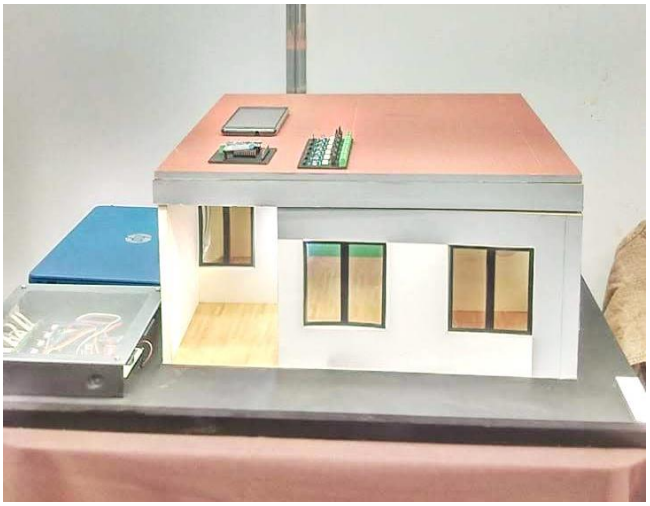


Figura 8. Maqueta de casa habitación a escala para control de iluminación con aplicación "Connect Home".

 ISSN 2007-8102

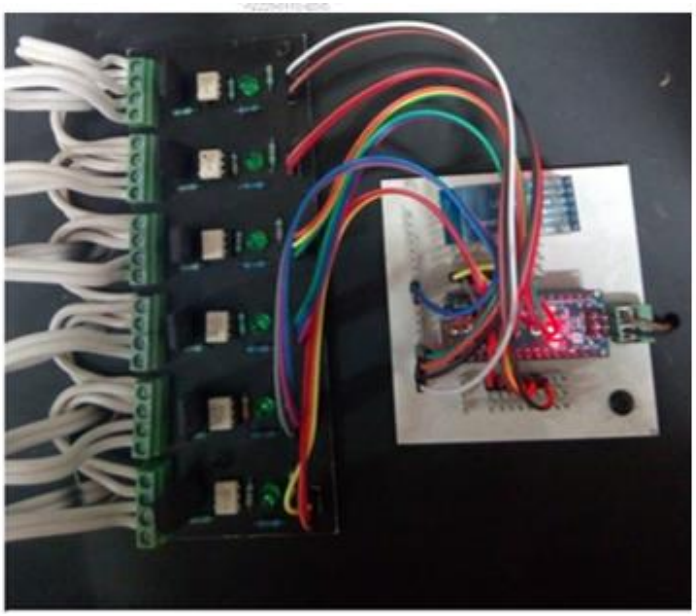


Figura 9. Módulo de relevadores y tarjeta de control, para maqueta de casa habitación a escala.

De acuerdo a las funciones que tiene el sistema de control de iluminación, su manipulación y funcionamiento en bastante simple para el usuario.

En primer lugar tiene que adquirir e instalar la aplicación “Connect Home” para su dispositivo Android.

Después solo con el poder del pulgar se selecciona el espacio que se requiere iluminar, en la pantalla se mostrarán las acciones realizadas. Tal como se muestra en la Figura 10.

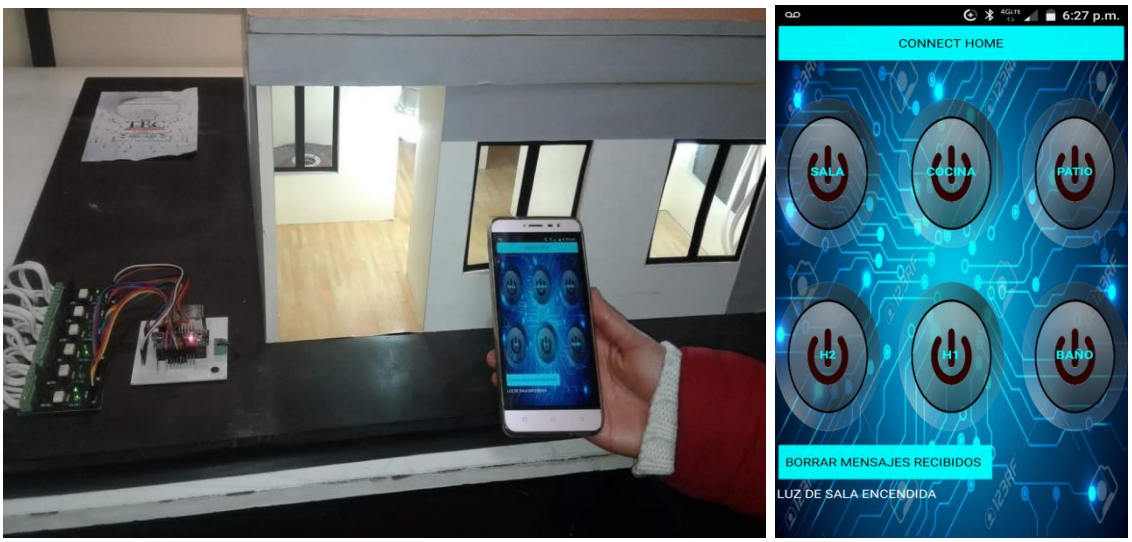


Figura 9. Simulación de funcionamiento sistema de control de iluminación con aplicación móvil.

Trabajo a futuro

Tomando en cuenta lo obtenido a través de la presente investigación, lo siguiente a realizar es determinar mediante un estudio la diferencia que representa el uso de un sistema de control de iluminación inalámbrico ambiental y el uso de un sistema de control de iluminación estándar, en el ámbito económico-ambiental. Esto con el fin de determinar la factibilidad de instalar un sistema de control de iluminación inalámbrico en diferentes tipos de construcciones, midiendo el impacto a corto y largo plazo.

Conclusiones

A través del desarrollo del sistema de control de iluminación inalámbrico con tecnología bluetooth, se observó que la cantidad de luminarias, dependerá del módulo de relevadores. Mencionando también que si se desean controlar más áreas solo basta con hacer las modificaciones correspondientes al código de programación en arduino y en la programación por bloques. Es de relevancia apuntar que la creación de la aplicación es ideal para implementarse como un sistema de control de iluminación puesto que se espera permita un ahorro energético y con ello brindar a las personas con limitaciones físicas la facilidad de poder tener el control de las luces de su hogar, además de ofrecer comodidad.

Agradecimientos

A las carreras de Ingeniería Eléctrica e Ingeniería Industrial, del Instituto Tecnológico Superior de Huauchinango por el apoyo y las facilidades en el desarrollo de este proyecto.

Referencias

[1] S. Electric "Measurement and control systems to improve energy efficiency". 2014
[2] S. R. Galvis. Control lighting wirelessly with arduino and Android. Pereira, Risaralda, Colombia. 2015.
[3] Nuovo. (April 4, 2018). Obtained from the Domotica Blog: http://nuovo-ei.com/blog/ejedamientos-casas-inteligentes-en-mexico/
[4] Alzate, O. F. (September 15, 2015). Electronic code. Obtained from http://codigoelectronica.com/blog/arduino-tipos-de-datos.
[5] Morales Guillén M., P. C. (s.f.). Reduction of carbon emissions and renewable energy. Cuernavaca, Morelos, Mexico.
[6] Digital magazines. (s.f.). Obtained from Automation and sensors: https://editor.editafacil.es/visor/index.aspx?p=FFFFFFFFEDDA0615&tp=964#page/18

.

 ISSN 2007-8102

Medición de micro partículas PM10 mediante sistema electrónico de bajo costo

E. Gómez Soto[1], S. García Alva[2], O. Velarde Anaya [1], N.A. Álvarez Torres[1], G. Muñoz Zamora[2]*

[1]Carrera de Mecatrónica, Universidad Tecnológica de Nogales Sonora, Av. Universidad #271, Colonia Universitaria, C.P. 84093, Nogales Sonora, México

[2]Departamento de Investigación y Estudios de Posgrado, TecNM Campus Nogales, Av. Instituto Tecnológico #911, Colonia Granja, C.P. 84065, Nogales Sonora México

**ovelarde@utnogales.edu.mx*

***Área de participación**: Ingeniería Eléctrica y Electrónica*

Resumen

El problema de contaminación por partículas suspendidas en el aire, conocidas como PM10, es cada día más preocupante. El Instituto Tecnológico de Nogales, Sonora tiene una estación meteorológica que monitorea dicha variable y cuyo sensor tiene un costo aproximado de $1000 USD. Por lo tanto, este proyecto presenta una propuesta para desarrollar un sistema que proporcione información sobre dicho contaminante, pero más económico, qué incluso, pueda ser reproducido e implementado en diferentes áreas de la ciudad. Se llevó a cabo la interconexión del sensor Nova PM SDS011, una pantalla LCD y la programación de un microcontrolador Arduino Nano para desarrollar este prototipo. Se realizaron diversas pruebas, tanto simuladas como reales, para observar su desempeño, el cual fue congruente con las condiciones ambientales del momento, obteniendo así un sistema para el monitoreo del PM10, a solo un 10% del costo del actualmente utilizado.

***Palabras clave**: Monitoreo, PM10, económico, reproducido.*

Abstract

The problem of airborne particulate pollution, known as PM10, is becoming more and more worrisome. The Technological Institute of Nogales, Sonora has a meteorological station that monitors this variable and whose sensor has an approximate cost of $ 1000 USD. Therefore, this project presents a proposal to develop a system that provides information on said pollutant, but more economical than even, can be reproduced and implemented in different areas of the city. The interconnection of the Nova PM SDS011 sensor, an LCD screen and the programming of an Arduino Nano microcontroller were carried out to develop this prototype. Various tests were carried out, both simulated and real, to observe its performance, which was congruent with the environmental conditions of the moment, thus obtaining a system for monitoring PM10 at only 18% of the cost of the one currently used.

***Key words**: Monitors, PM10, economical, reproduced.*

Introducción

Desde hace varios años, se han incrementado las partículas contaminantes en el aire, o aero-partículas, también conocidas como material particulado (del inglés *PARTICULATE MATTER (PM)),* las cuales se presentan en forma de hollín, polvo, humo y neblinas. Dichas partículas tienen su origen en reacciones químicas, como la combustión de hidrocarburos de los automóviles, en calles de terracería o sin pavimento, durante la construcción de un edificio, aerosoles y en la operación de minas y fábricas o industrias, entre muchas otras fuentes. Su estudio es de vital importancia por los problemas de salud que está generando en el medio ambiente y en la población

Particularmente, en la ciudad de Nogales, Sonora; este tema ha ido cobrando relevancia, debido a la gran cantidad de industrias maquiladoras establecidas en la ciudad, y porque son pocas las vías que actualmente se tienen para el desplazamiento de los automóviles, ocasionando un tráfico lento y embotellamientos frecuentes durante el día. Además, cuando llueve, se deslavan cerros y colinas, depositándose mucho lodo en las calles, que al secarse, se convierte en polvo y es “levantado” por los autos. Así mismo, aún existen muchas calles en la localidad, sin pavimentar.

En este sentido, el Instituto Tecnológico de Nogales (ITN), cuenta con una estación meteorológica donada por el Gobierno del Estado y la Federación, en conjunto con otras instituciones civiles, siendo ésta una de las 4 estaciones de meteorología en todo el Estado de Sonora, y cuya inversión supera los 750 mil pesos, donde un solo sensor averiado del equipo de medición de partículas PM10 fue cotizado en más de 1,000 USD.

De aquí la importancia de tener un instrumento de medición, cuyo costo sea accesible para cualquier administración municipal, institución educativa, e incluso para algún padre de familia que desee monitorear la calidad del aire en su entorno.

Por lo tanto, a través de la colaboración conjunta de los Cuerpos Académicos del ITN y de la UTN (ITNOG-CA-2 y UTNOG-CA-6), se propone construir un prototipo funcional, capaz de medir las micro partículas conocidas como PM10, mediante el empleo de un sistema electrónico con la finalidad de analizar su comportamiento y viabilidad para utilizarlo como un procedimiento alternativo de monitoreo de bajo costo, que pueda ser reproducido e implementado en diferentes partes de la ciudad de Nogales, Sonora y la región.

Metodología

Identificación y adquisición de los componentes

En primer lugar, se buscó toda clase de literatura sobre el tema del mundo particulado, sus efectos y formas de medición. Así mismo, se estudiaron y consideraron los microcontroladores más accesibles para llevar a cabo una programación simple, se identificó un sensor confiable para micropartículas, un monitor digital para la rápida lectura y las posibilidades de un diseño práctico, económico y funcional para desarrollar éste primer prototipo.
Para esto, se llevó a cabo una entrevista con el encargado de la estación de meteorología del ITN, de la cual se llegó a la conclusión de utilizar el microcontrolador Arduino NANO (Figura 1) para el sistema de control, por su tamaño reducido, bajo consumo de energía y costo.

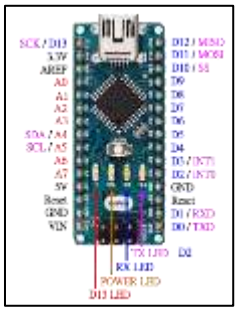


Figura 1. Identificación de terminales del Arduino Nano.

A continuación se mencionan las principales características éste microcontrolador [1]:

- Tensión de Operación (nivel lógico): 5 V
- Tensión de Entrada (recomendado): 7-12 V
- Tensión de Entrada (límites): 6-20 V
- Pines E/S Digitales: 14 (de los cuales 6 proveen de salida PWM)
- Entradas Analógicas: 8

 ISSN 2007-8102

- Corriente máx por cada PIN de E/S: 40 mA
- Memoria Flash: 32 KB de los cuales 2KB son usados por el bootloader
- SRAM: 2 KB
- EEPROM: 1 KB
- Frecuencia de reloj: 16 MHz
- Dimensiones: 18,5mm x 43.2mm

Así mismo, se determinó usar el sensor llamado NOVA PM SDS011 (Figura 2), pieza principal para la identificación de las micro partículas mediante tecnología láser, de fácil localización y de bajo costo, pero de alta sensibilidad. Cabe mencionar que este proyecto se tenía pensado desde hace varios años (2014) en el ITN, pero no existían en el mercado sensores para PM10 que fueran accesibles tanto en adquisición (México), como en el precio.



Figura 2. Sensor Nova PM SDS011.

Este dispositivo es un producto de reciente modelo, capaz de medir un espectro de partículas que van desde 3 y hasta 10 micrómetros, es de alto rendimiento, lector laser y según su fabricante, cuenta con la capacidad de cero falsas alarmas, lecturas precisas y apertura en la parte superior para la recolección de aire. En la Tabla 1, se muestran sus características técnicas más importantes [2].

Tabla 1. Principales datos técnicos del sensor NOVA PM SDS011.

Parámetro	Valores
Salida	PM2.5,PM10
Rango de medición	0.0-999.9 ug/m3
Voltaje de alimentación	5V
Corriente máxima de trabajo	100mA
Corriente en modo reposo	2 mA
Temperatura de operación	-20 a 50℃
Tiempo de respuesta	1s
Frecuencia de salida en modo serial	1 time/s
Resolución del diámetro de la partícula	Menor a 0.3um
Error relativo	10%
Tamaño físico	71x70x23mm

 ISSN 2007-8102

También se consideró incorporar una pantalla de cristal líquido LCD para la lectura gráfica y clara de los datos del sensor SDS011. Este dispositivo cuenta con 4 líneas y 20 caracteres de alta calidad (Figura 3), además del selector de la perilla de control de contraste, también tiene una interfaz de comunicación I2C, por lo que también es compatible con Arduino mediante dicho protocolo [3].



Figura 3. Módulo de pantalla de cristal líquido (LCD) de 20x4.

A continuación se mencionan sus características más importantes:

- Interfaz de comunicación: I2C
- Dirección I2C: 0x27
- Luz de fondo: azul con color blanco carbonizado
- Voltaje de alimentación: 5 V
- Tamaño: 60 mm × 99 mm
- Ajuste de contraste: potenciómetro
- Ajuste de luz de fondo: mediante puente
- Compatibilidad con Arduino

Por último, el sistema en general cuenta con un banco de baterías recargables Li-ion de 9V, como fuente de energía para su completa independencia.

Diseño del circuito electrónico e interfaz

El circuito eléctrico fue relativamente simple, y para ello se utilizó la ayuda del programa llamado *Fritzing* (Figura 4), que es gratuito y muy amigable [4], con una variedad de componentes y opciones que se van actualizando y mejorando con el tiempo. Aunque el sensor NOVA PM sensor SDS011 que se utilizó no se considera en los componentes disponibles de dicha plataforma, se recomienda ampliamente.

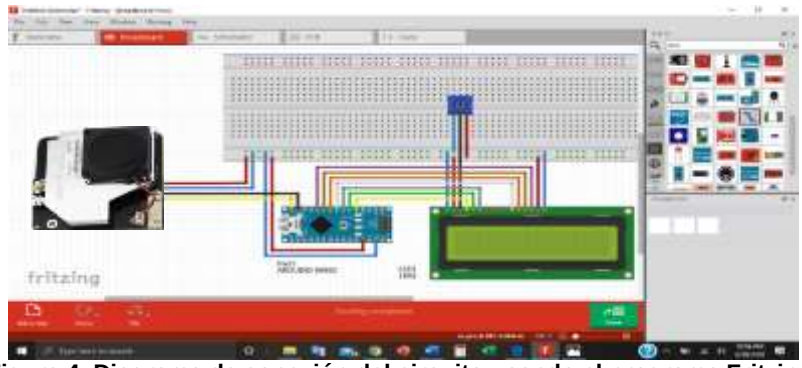


Figura 4. Diagrama de conexión del circuito usando el programa Fritzing.

Programación de microcontrolador

En el desarrollo del proyecto se integraron o descargaron básicamente dos librerías de Arduino. Una de ellas pudo cargarse de forma directa de la librería Arduino para manejar el tablero LCD 20x4, y donde la segunda, requerida para facilitar la programación del sensor SDS011, se cargó de forma indirecta, ya que no se encuentra en la base de datos de Arduino [5].

En la Figura 5, se podrá apreciar parte del código de ejemplos de la librería del sensor SDS011 y que sirvió para determinar los parámetros deseados programables.

 ISSN 2007-8102

```
void loop() {
  sds.wakeup();
  delay(30000); // working 30 seconds

  PmResult pm = sds.queryPm();
  if (pm.isOk()) {
    Serial.print("PM2.5 = ");
    Serial.print(pm.pm25);
    Serial.print(", PM10 = ");
    Serial.println(pm.pm10);

    // if you want to just print the measured values, you can use toString()
    Serial.println(pm.toString());
  } else {
    Serial.print("Could not read values from sensor, reason: ");
    Serial.println(pm.statusToString());
  }

  WorkingStateResult state = sds.sleep();
  if (state.isWorking()) {
    Serial.println("Problem with sleeping the sensor.");
  } else {
    Serial.println("Sensor is sleeping");
    delay(10000); // wait 1 minute
  }
}
```

```
COM8
Send
Firmware version [year.month.day]: -1.-1.-1
Mode: undefined
PM2.5 = 1.30, PM10 = 4.40
pm25: 1.30, pm10: 4.40
Sensor is sleeping
PM2.5 = 1.50, PM10 = 3.20
pm25: 1.50, pm10: 3.20
Sensor is sleeping
PM2.5 = 1.30, PM10 = 4.10
pm25: 1.30, pm10: 4.10
Sensor is sleeping
Autoscroll  Show timestamp  No line ending  9600 baud  Clear output
```

Figura 5. Muestras del código empleado en Arduino.

Pruebas preliminares

Las primeras pruebas con el sistema desarrollado, se llevaron a cabo a través de la conexión en el Arduino Nano, proporcionando la media en el monitor de una muestra, que fue recogida cada minuto, según lo programado en código (Figura 6).

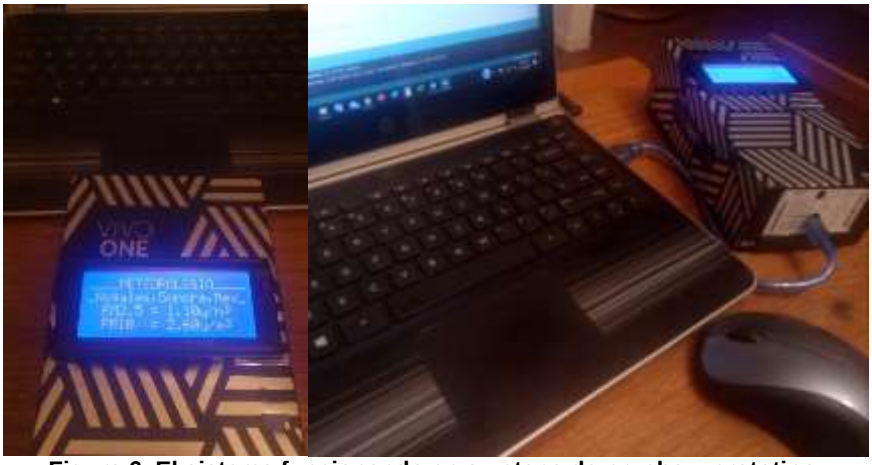


Figura 6. El sistema funcionando en su etapa de prueba y prototipo.

Resultados y discusión

Se tomaron lecturas en el interior de una casa habitación, así como en el exterior de ésta. Las pruebas fueron artificialmente diseñadas para recrear escenarios de baja y alta humedad; de baja y altas temperaturas; de aire “limpio” o en condiciones normales y de aire con altos índices de micro partículas por los distintos gases contaminantes; como el gas butano y del humo de una brasa de carbón vegetal ardiendo. Las lecturas fueron claras cuando las condiciones y características del aire cambiaban, por lo que las pruebas iniciales fueron satisfactorias.

Después, se desarrollaron pruebas en el exterior. En la Tabla 2, se muestran los valores de PM10 durante 24 horas (1 día) en una semana completa, iniciando desde las 00:00 horas hasta las 23:00 horas. Se puede observar que el día viernes se tiene el valor promedio más alto (32ug/m3), lo cual es congruente ya que, generalmente, dicho día hay mucho movimiento de automóviles que entran y salen de la ciudad. En el primer caso por ser ésta fronteriza (visitantes) y en el segundo, una fuente

de empleo (industria maquiladora), por lo que muchos trabajadores regresan a sus lugares de origen o simplemente salen a descansar a otras partes fuera de la ciudad.

Tabla 2. Valores de PM10 obtenidos del 01 al 07 de abril del 2020 (ug/m3).

FECHA/ HR	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	Average	Max
03/01/2020	18	15	13	3	2	4	6	9	10	11	10	8	6	6	9	10	12	14	18	21	22	22	20	19	12	22
03/02/2020	16	12	10	8	8	8	11	17	25	32	32	36	35	30	28	34	39	42	39	36	33	24	25	27	25	42
03/03/2020	25	22	18	14	11	12	10	7	5	3	4	5	5	3	6	11	12	12	12	12	11	10	8	7	10	25
03/04/2020	6	8	8	8	9	8	8	8	9	12	13	7	5	5	7	9	11	12	16	36	55	51	42	37	16	55
03/05/2020	36	48	58	58	51	46	42	48	58	52	33	18	15	15	18	20	19	19	20	21	22	19	20	20	32	58
03/06/2020	19	16	11	9	9	9	11	19	25	23	21	22	21	17	9	6	8	12	20	30	41	38	34	30	19	41
03/07/2020	25	21	19	16	16	16	24	43	60	52	36	26	24	23	24	26	27	28	30	27	28	26	24	20	28	60

Situación similar se puede observar el día domingo, donde el flujo automóviles solo es inverso. La circulación de automóviles en la ciudad de Nogales, no solo genera smog, sino también provoca que se “levante” mucho polvo, ya que ésta ciudad cuenta con muchas calles de terracería o sin pavimentar y demás condiciones al respecto, mencionadas anteriormente en la introducción de este documento. Estos datos se presentan ahora de manera gráfica para una mejor visualización (Figura 7).

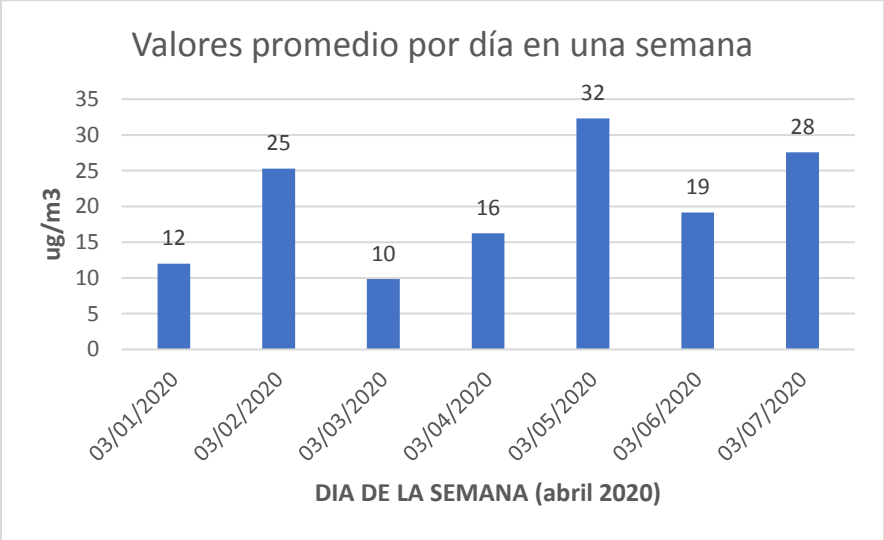


Figura 7. Valores promedio de PM10 por día, obtenidos durante una semana.

Ahora, en la siguiente gráfica se muestran específicamente los valores de un solo día (Figura 8). Se puede observar un incremento en los valores cuando las personas entran a sus trabajos y/o escuelas (7 a 9 hrs), y los más altos coinciden con la salida de sus labores (generalmente después de las 17 hrs) donde la gente se dispone a hacer sus compras y otras actividades personales, moviéndose en sus automóviles dentro de la ciudad.

 ISSN 2007-8102

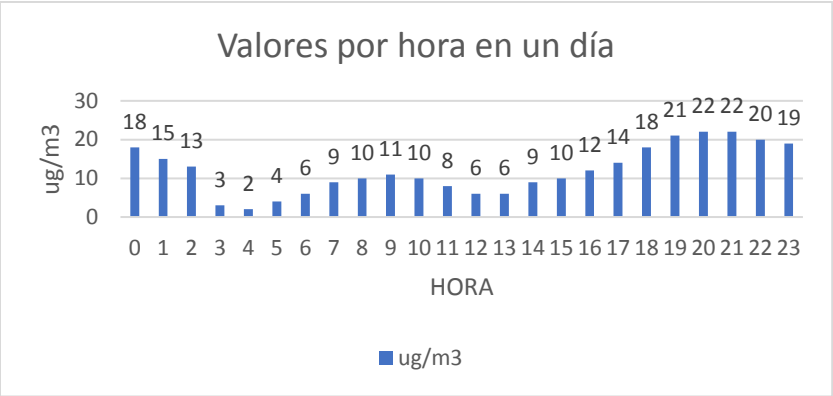


Figura 8. Valores específicos de PM10 por hora, durante un día.

Por último, el costo aproximado del prototipo actual se muestra en la siguiente tabla (los precios se manejan en USD para mantener su vigencia por cuestiones inflacionarias).

Tabla 3. Descripción general del costo del prototipo.

DESCRIPCIÓN	PRECIO (USD)
SENSOR NOVA PM SDS011	$30.00
MICROCONTROLADOR ARDUINO NANO	$9.00
PANTALLA LCD 20X4	$12.00
BATERIAS 9V Li-Ion	$20.00
TABLILLA PCB	$7.00
CAJA DE PLÁSTICO	$10.00
MANO DE OBRA ENSAMBLE	$12.00
TOTAL APROXIMADO	**$100.00**

Trabajo a futuro

- Construir el prototipo en una tablilla con el circuito impreso, para evitar mal funcionamiento por falsos contactos y reducir su tamaño.
- Calibrar el sistema tomando como referencia otros equipos comerciales o profesionales, como el que se encuentra dentro del Instituto Tecnológico de Nogales y las otras tres estaciones meteorológicas del Estado de Sonora.
- Diseñar módulos portátiles para su instalación en varias áreas de la ciudad, incluyendo en las afueras de la misma.
- Desarrollar una aplicación móvil (App) para que cualquier persona, de la ciudad o del mundo, pueda tener acceso a los valores de contaminación por PM10 en la ciudad de Nogales, Sonora; lo cual puede ser útil para el cuidado del medio ambiente, reducir las enfermedades respiratorias producidas por la inhalación de éstas partículas y para el desarrollo de actividades al aire libre o práctica de deportes, con una calidad de aire dentro de lo permitido o recomendado.

Conclusiones

Como se observa en los resultados, la respuesta del sistema es congruente con la dinámica de la contaminación que se da en la ciudad de Nogales, Sonora; por lo que se puede considerar que el

sistema esta funcionando apropiadamente. Sin embargo, es necesario calibrarlo con sus similares comerciales o profesionales. Para esto, se pretendía instalar el prototipo muy cerca de la estación meteorológica que se encuentra ubicada dentro de las instalaciones del Instituto Tecnológico de Nogales, y llevar a cabo una comparación de los datos para determinar el porcentaje de error que pudiera existir entre ellos y de esta forma, ajustar o calibrar el nuevo sistema. Lamentablemente, por las condiciones de emergencia sanitaria, debidas al COVID-19, dicho plantel se encuentra cerrado al público, hasta la redacción de éste artículo, por lo que las pruebas de comparación y calibración del dispositivo, quedaron por el momento suspendidas.

El costo aproximado del prototipo es de $100 USD, lo que representa solo el 10% del costo del sensor comercial que actualmente se tiene en la estación meteorológica del ITN, por lo que se considera viable su implementación.

Referencias

[1] Descubrearduino.com, «Arduino Nano qué es, pinout y características,» 2020. [En línea]. Available: https://descubrearduino.com/arduino-nano-pinout/. [Último acceso: 03 07 2020].

[2] «Shandong Nova Fitness Co.,Ltd,» 2014-2022. [En línea]. Available: http://inovafitness.com/en/a/index.html. [Último acceso: 09 04 2020].

[3] «DFRobot.,» 2020. [En línea]. Available: https://www.dfrobot.com/product-590.html. [Último acceso: 03 03 2020].

[4] «Friends of Fritzing Foundation,» 2020. [En línea]. Available: https://fritzing.org/. [Último acceso: 08 05 2020].

[5] «ARDUINO,» 2020. [En línea]. Available: https://www.arduino.cc/en/Main/Software. [Último acceso: 06 04 2020].

[6] «Arizona Department of Environmental Quality,» 2019. [En línea]. Available: https://www.azdeq.gov/node/4250. [Último acceso: 17 04 2020].

[7] E. E. S. Stierwalt, «Scientific American, a division of Springer Nature America, Inc.,» 22 09 2018. [En línea]. Available: https://www.scientificamerican.com/article/what-are-chemtrails-made-of/.

[8] C. Dunne, «The Guardian News,» Guardian News & Media Limited or its affiliated companies, 2017. [En línea]. Available: https://www.theguardian.com/environment/2017/may/22/california-conspiracy-theorist-farmers-chemtrails. [Último acceso: 04 05 2020].

[9] EPA, «United States Environmental Protection Agenci,» 09 01 2018. [En línea]. Available: https://www.epa.gov/pm-pollution. [Último acceso: 25 03 2020].

[10] S. Instituto Tecnológico de Nogales, «Contaminación del aire,» 2020. [En línea]. Available: https://aqicn.org/city/mexico/sonora/nogales/instituto-tecnologico-de-nogales/es/. [Último acceso: 01 04 2020].

[11] U. e. ITN, «Sistema Universidad del Estado de Sonora e Instituto Tecnologico de Nogales,» Estación: Instituto Tecnológico de Nogales, 2020. [En línea]. Available: http://www.sistemauesitn.com/transmision/Nogales/maxhoynog.htm. [Último acceso: 25 03 2020].

[12] M. O. I. Inc., «Met One Instruments Inc.,» 2020. [En línea]. Available: https://metone.com/product-categories/ambient-monitoring/. [Último acceso: 23 03 2020].

[13] R. International, «RTI International.,» 2019. [En línea]. Available: https://www.rti.org/impact/micropem-sensor-measuring-exposure-air-pollution. [Último acceso: 03 2020].

[14] U. Nations., «United Nations.,» 2020. [En línea]. Available: https://www.un.org/en/climatechange/cities-pollution.shtml. [Último acceso: 03 2020].

 ISSN 2007-8102

Sensores de fuerza en sistemas de rehabilitación física

J.J.A. Flores Cuautle[1], O.O. Sandoval Gonzalez[2], C.J. Trujillo Romero[3,4]

[1]CONACYT-Tecnológico Nacional de México/I.T. Orizaba, Orizaba, Ver
[2]Tecnológico Nacional de México/I.T. Orizaba, Orizaba, Ver
[3]Division de Investigación en Ingenieria Medica, Instituto Nacional de Rehabilitacion-LGII. Mexico,
[4]Machina Innovation Lab, S.A.P.I. de C.V., Mexico.
**flores_cuautle@hotmail.com*

***Área de participación**: Ingeniería Eléctrica y Electrónica*

Resumen

La rehabilitación humana es un campo de la investigación, que en las últimas fechas de ha beneficiado enormemente del desarrollo de sistemas mecatrónicos y en particular de la electrónica. En este trabajo se hace una revisión de los sensores de fuerza más comunes aplicados en sistemas de rehabilitación particularmente de rehabilitación ortopédica. Se presenta el principio de funcionamiento de cada sensor, así como algunos sistemas de rehabilitación en los cuales son empleados.

Palabras clave: *sensores electrónicos, rehabilitación humana*

Abstract

Human rehabilitation is a research area, which have recently been beneficed by the advances in mechatronics systems, particularly from the electronics in this type of systems. This works presents a review of some of the most common force sensors applied to the rehabilitation systems, focused on orthopedic rehabilitation. The working principle of each sensor, as well as some rehabilitation systems where they are applied is explained.

Keywords: Electronic sensors, human rehabilitation

Introducción.

El incremento en la expectativa de vida de las personas en los últimos años ha venido de la mano del aumento de padecimientos relacionados con el envejecimiento. El deterioro de las diversas estructuras biomecánicas del cuerpo humano hace que hoy en día sea necesario el tratamiento de estas para incrementar la calidad de vida. No sólo el envejecimiento de las personas ocasiona problemas físicos en las personas, los accidentes, así como la aparición de nuevas enfermedades hacen que cada vez sea más necesario el desarrollo de nuevas técnicas de rehabilitación para seres humanos.

La Organización Mundial de la Salud define la rehabilitación como "*un conjunto de intervenciones diseñadas para optimizar el funcionamiento y reducir la discapacidad de individuos*" [1]. Los principales escenarios en los cuales se utiliza la rehabilitación son para la restauración de las capacidades físicas del paciente después de alguna enfermedad o accidente. Por otro lado, la rehabilitación es útil cuando se presenta una disminución de las capacidades físicas desde el nacimiento. Si bien la rehabilitación humana no es nueva, ya que existen datos que muestran el uso de aparatos ortopédicos en forma de un bastón por parte de la cultura egipcia [2, 3], su desarrollo sigue siendo necesario, para cubrir la infinidad de discapacidades que pueden llegar a afectar al ser humano

Debido a que los resultados de la rehabilitación dependen no sólo de la rutina de rehabilitación, sino también del paciente, es necesario poner atención en diversos puntos para poder evaluar los

 ISSN 2007-8102

resultados de la rehabilitación. Estos puntos comprenden entre otros la medición específica del grado de recuperación funcional del segmento bajo tratamiento y la evaluación de las capacidades físicas [4].

En el esfuerzo por medir objetivamente los avances de las diferentes técnicas de rehabilitación, así como proporcionar parámetros confiables a los dispositivos de rehabilitación para su correcto funcionamiento, el uso de diversos sensores es fundamental. El sensor es un elemento clave para un mejor resultado en el proceso de rehabilitación. En particular, la rehabilitación física requiere de monitorear variables físicas tales como fuerza, velocidad, rango de movimiento, etc. Por lo cual, este trabajo está centrado en aquellos sensores que miden este tipo de variables.

En el sentido más amplio, un sensor puede ser definido como un dispositivo que proporciona una señal de salida como respuesta a un estímulo de entrada. En electrónica en particular, un sensor proporciona una respuesta de una variable eléctrica ante la presencia de un estímulo físico de entrada. El tipo de estímulo físico ante el cual responde preferentemente el sensor determina la categoría a la cual pertenece el sensor en cuestión. Así, por ejemplo, un sensor de temperatura puede proporcionar una variación de resistencia o voltaje ante una variación de temperatura.

En los dispositivos de rehabilitación física, las principales variables físicas que son de importancia para un correcto monitoreo de estos se reducen a fuerza, presión, rango de movimiento y velocidad de movimiento. La Tabla 1 relaciona el principio físico con el tipo de aplicación en la cual se utiliza [5-11].

Tabla 1. Principios físicos de algunos sensores y sus aplicaciones principales

Aplicación / Principio físico	Fuerza	Rango de Movimiento	Velocidad de movimiento
Capacitivo	X	-	-
Resistivo	X	X	X
Magnético	-	X	X
Efecto Hall	-	X	X
Piezoeléctrico	X	-	-
Óptico	X	X	X
Ultrasónico	-	X	X
Inercial	-	X	X

Sensores de fuerza

Los sensores de fuerza son utilizados generalmente para determinar, por ejemplo, el grado de prensión en mano. Sin embargo, su principal uso es para determinar la fuerza producida por la interacción entre el dispositivo de rehabilitación y el usuario [12]. De acuerdo con la segunda Ley de movimiento de Newton, la fuerza se define en términos de una masa sujeta a una aceleración [13].

Las estrategias utilizadas para medir la fuerza pueden dividirse en tres, distribuir la fuerza a medir sobre un área determinada y de esta forma medir la presión resultante; convertir la fuerza a determinar en una deformación de un elemento elástico y medir la aceleración de una masa conocida [13, 14]. Los sensores de fuerza más utilizados en dispositivos de rehabilitación son del tipo óptico, capacitivo y resistivo [12, 15-17].

Sensores ópticos

En general, para el caso de los sensores de tipo óptico, la medición de la fuerza se lleva a cabo mediante la reflexión de un haz de luz sobre una superficie curva y reflejante, tal como lo muestra la Figura 1. En dicho arreglo el radio de la curvatura es modificado por la fuerza a medir, de esta forma, el ángulo con el que incide la luz cambia en función de la curvatura del material reflejante, el cual a

 ISSN 2007-8102

su vez está relacionado con la variable a medir. La sensibilidad en este tipo de sensores depende del tipo de las propiedades elásticas del material sobre el cual se fija la superficie reflejante.

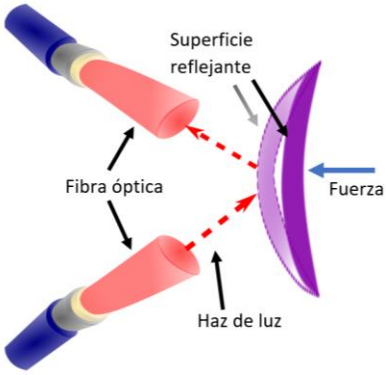


Figura 1 Esquema de funcionamiento de un sensor de fuerza óptico

Existen variantes de este tipo de sensores, una de estas variantes consiste en hacer pasar un haz de luz a través de una esfera hecha de material elástico y transparente. La fuerza a medir provoca una variación de la curvatura de dicha esfera, con la consecuente variación del ángulo de transmisión del haz de luz. La variación del ángulo de incidencia del haz de luz es medida por medio de un sensor de luz tal como se muestra en la Figura 2. La principal ventaja de este tipo de sensores es su bajo peso [12].

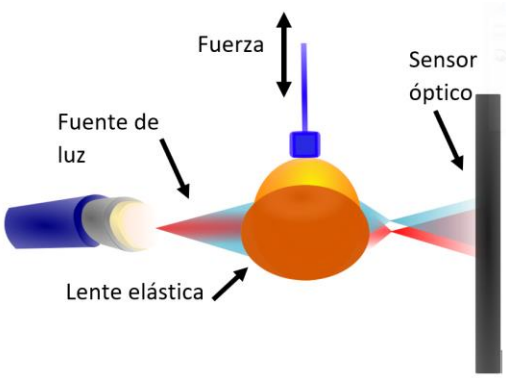


Figura 2 Sensor de fuerza óptico basado en lente cilíndrica

Sensores capacitivos

Un capacitor consiste en el arreglo de un par de placas metálicas, paralelas entre sí, separadas por un material dieléctrico. La carga que puede almacenar dicho arreglo se encuentra determinada principalmente por el área de las placas metálicas, la constante dieléctrica del material entre las placas y finalmente, por la distancia existente entre las placas metálicas, como lo describe la Ecuación 1.

La forma en la que estos dispositivos miden la fuerza es mediante la variación de la distancia existente entre las placas; una placa se mantiene fija, en tanto que la fuerza a medir es aplicada a la otra placa, la capacitancia se modificará como una función lineal de la distancia entre las placas, que a su vez está relacionada con la fuerza a medir [14].

$$C = \varepsilon_0 \varepsilon_r \frac{A}{d} \quad (1)$$

donde C es la capacitancia en Faradios, ε_0, ε_r, las constantes dieléctricas del vacío y del dieléctrico respectivamente, A el área de las placas y d la distancia entre las placas. La figura 3 muestra el comportamiento característico de un capacitor en función de la separación entre sus placas.

 ISSN 2007-8102

En este tipo de sensores la sensibilidad está determinada por las propiedades viscoelásticas del dieléctrico colocado entre las placas; así como de la electrónica asociada para la detección de la variación de carga eléctrica. Entre las principales ventajas que ofrecen este tipo de sensores se puede mencionar el bajo peso y costo. Así mismo, es posible fabricar este tipo de sensores en diversas geometrías o incluso en arreglos para detectar fuerzas puntuales o distribución de fuerzas. Una de las desventajas de su uso, es el hecho de que la medición de la capacitancia se lleva a cabo por medio de circuitos osciladores; por lo cual, es necesario agregar al oscilador, un circuito convertidor de voltaje a frecuencia para medir la fuerza.

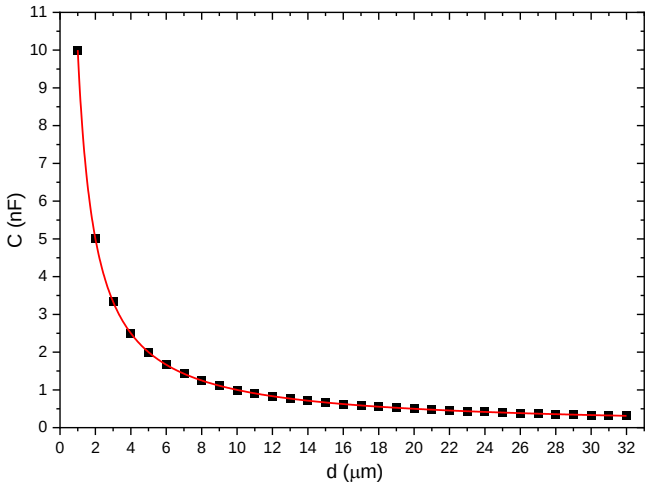


Figura 3 Curva característica de un sensor capacitivo como función de la distancia entre sus placas.

Sensores resistivos

Los sensores de fuerza del tipo resistivo pueden dividirse en dos grupos, el primer grupo se basa en polímeros conductores, en tanto que el segundo grupo utiliza metales conductores. Los polímeros conductores están formados por dos partes principales, una matriz polimérica, la cual tiene propiedades eléctricas aislantes y cargas eléctricas conductoras (*fillers*) [18].

La deformación de este tipo de materiales, ocasionada por una fuerza, ocasiona que las cargas eléctricas formen trayectorias conductoras a través del material, mientras mayor sea la fuerza ejercida sobre este tipo de materiales más trayectorias conductoras se formarán dentro del material. Por tanto, la resistencia de este disminuye tal como lo muestra la Figura 4. Los materiales empleados como cargas eléctricas pueden tener carácter metálico (cobre, plata, aluminio, níquel) o carbón (grafito, nanotubos, grafeno) [18].

 ISSN 2007-8102

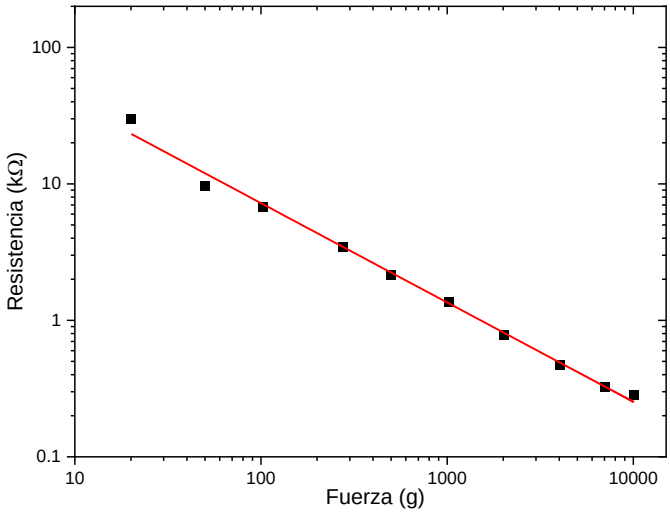


Figura 4 Variación de resistencia en un sensor de fuerza basado en un polímero conductor como una función de la fuerza aplicada (cuadros), la línea roja es una referencia visual.

Los sensores de fuerza basados en conductores eléctricos basan su funcionamiento en el hecho de que la resistencia de un metal es una función de la longitud de este, Ecuación 2, por este motivo los sensores de fuerza se fabrican de forma tal, que al deformarse se incremente la longitud del conductor, Figura 5. Este tipo de sensores se conocen comúnmente como galgas extensiométricas; se utilizan en conjunto con un material con propiedades elásticas, al cual se unen firmemente en el eje perpendicular a la fuerza a determinar, el material al deformarse transmite la deformación a la galga cuya longitud se incrementa con lo cual se incrementa en forma proporcional su resistencia.

$$R = \rho \frac{L}{A} \quad (2)$$

Donde R es la resistencia de la galga, ρ la resistividad del metal, L la longitud del metal y A el área de la sección transversal del conductor.

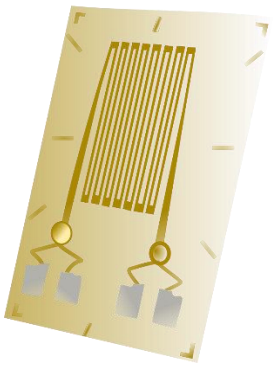


Figura 5 Ejemplo de una galga extensiométrica

Conclusiones

En la elección de un sensor de fuerza deben de tomarse en cuenta las ventajas y desventajas de los posibles sensores, sin embargo, la principal característica para tener en cuenta es la aplicación en sí misma, esto es, deben de considerarse los requisitos de la aplicación; rango de fuerza a medir, velocidad de adquisición de datos, electrónica disponible, máximo peso permisible del sensor, precisión, etc.

Referencias

[1] P. A. H. Organization. (2020, 12/08/2020). *Rehabilitacion*. Available: https://www.paho.org/hq/index.php?option=com_topics&view=article&id=192&Itemid=40857&lang=es

[2] F. Sotelo, "Historia de la rehabilitacion en Latinoamerica," Available: https://journals.lww.com/ajpmr/Documents/Manuscript%20AJ11107%20Sotelano%20Invited%20Commentary.pdf

[3] M. Martinez Morillo, J. M. Pastor Vega, and F. Sendra Portero, *Manual de Medicina Fisica*. Madrid, España: Harcourt Brace, 1998.

[4] D. O. Longmuir, "Principles and techniques in rehabilitation practice," *Australian Journal of Physiotherapy,* vol. 2, no. 1, pp. 35-48, 1956/07/01/ 1956.

[5] "Piezo Film Sensors technical Manual," ed. Norristown, Pennsylvania: Measurement Spcialities, Inc, 1999, p. 86.

[6] A. S. Morris, "13 - Sensor technologies," in *Measurement and Instrumentation Principles (Third Edition)*Oxford: Butterworth-Heinemann, 2001, pp. 247-270.

[7] R. P. Areny, *Sensores y acondicionadores de señal*. Marcombo, 2004.

[8] J. G. Webster and H. Eren, *Measurement, Instrumentation, and Sensors Handbook, Second Edition: Electromagnetic, Optical, Radiation, Chemical, and Biomedical Measurement*. CRC Press, 2014.

[9] L. G. Corona Ramirez, 1, Ed. *Sensores y actuadores con arduino*. Mexico: Patria, 2015.

[10] Y. Kojima *et al.*, "Low-Cost Soil Moisture Profile Probe Using Thin-Film Capacitors and a Capacitive Touch Sensor," *Sensors,* vol. 16, no. 8, p. 1292, 2016.

[11] C. O. Gonzalez-Moran, J. G. Miranda-Hernandez, J. d. J. A. Flores Cuautle, E. Suaste Gomez, and H. Herrera-Hernandez, "A PLZT Novel Sensor with Pt Implanted for Biomedical Application: Cardiac Micropulses Detection on Human Skin," *Advances in Materials Science and Engineering,* vol. 2017, p. 7, 2017.

[12] J. A. Díez, A. Blanco, J. M. Catalán, F. J. Badesa, L. D. Lledó, and N. García-Aracil, "Hand exoskeleton for rehabilitation therapies with integrated optical force sensor," *Advances in Mechanical Engineering,* vol. 10, no. 2, p. 1687814017753881, 2018.

[13] A. S. Morris, "4 - Calibration of measuring sensors and instruments," in *Measurement and Instrumentation Principles (Third Edition)*Oxford: Butterworth-Heinemann, 2001, pp. 64-72.

[14] A. S. Morris, "18 - Mass, force and torque measurement," in *Measurement and Instrumentation Principles (Third Edition)*Oxford: Butterworth-Heinemann, 2001, pp. 352-364.

[15] G. D. Pasquale, L. Mastrototaro, L. Pia, and D. Burin, "Wearable system with embedded force sensors for neurologic rehabilitation trainings," in *2018 Symposium on Design, Test, Integration & Packaging of MEMS and MOEMS (DTIP)*, 2018, pp. 1-4.

[16] V. Grosu, S. Grosu, B. Vanderborght, D. Lefeber, and C. Rodriguez-Guerrero, "Multi-Axis Force Sensor for Human–Robot Interaction Sensing in a Rehabilitation Robotic Device," *Sensors,* vol. 17, no. 6, p. 1294, 2017.

[17] F. Porciuncula *et al.*, "Wearable Movement Sensors for Rehabilitation: A Focused Review of Technological and Clinical Advances," (in eng), *Pm r,* vol. 10, no. 9 Suppl 2, pp. S220-s232, Sep 2018.

[18] V. Koncar, "1 - Smart textiles for monitoring and measurement applications," in *Smart Textiles for In Situ Monitoring of Composites*, V. Koncar, Ed.: Woodhead Publishing, 2019, pp. 1-151.

Sistema didáctico de control PI de nivel de líquidos

*A. Martínez Ramón[1], B. E. González Sánchez[1], J. Pastor Rodríguez Jarquin[*1]. A. Martínez Sibaja[1], G. Águila Rodríguez[1]*
[1]Tecnológico Nacional de México/ Instituto Tecnológico de Orizaba, Av. Instituto Tecnológico (Oriente 9) No.852, Col. Emiliano Zapata, CP.94300, Orizaba, Veracruz, México.
** jrodriguezj@orizaba.tecnm.mx*
***Área de participación**: Ingeniería Eléctrica y Electrónica*

Resumen

A causa de la demanda que existen en las industrias por la implementación de sistema de control, es necesario que los ingenieros y técnicos de esta área sean capaces de implementar este tipo de sistemas en el mundo laboral, es por eso que se realiza este sistema didáctico basado en con un controlador tipo PI de entrenamiento para entrenamiento y didáctico.

Para su funcionamiento se implementa un controlador PI en una tarjeta Arduino como microcontrolador y el Display Industrial Nextion como HMI. Se realiza el modelado matemático del nivel de agua de un tanque el cual es representado por Op Amps, aprovechando la capacidad de estos componentes para emular el funcionamiento de sistemas físico utilizando como base ecuaciones diferenciales dinámicas, como actuador se utiliza un convertidor de PWM a Voltaje y se utiliza un potenciómetro para indicar el setpoint del sistema a través del microcontrolador Arduino.

***Palabras clave**: PI, HMI, sistema de control.*

Abstract

Because of the demand that exists in the industries for the implementation of control system, it is necessary that engineers and technicians of this area are able to implement this type of systems in the working world, that is why this didactic system is made based on a controller type PI of training and didactic.

For its operation, a PI controller is implemented in an Arduino board as a microcontroller and the Nextion Industrial Display as an HMI. Mathematical modeling of the water level of a tank is performed which is represented by Op Amps, taking advantage of the ability of these components to emulate the operation of physical systems using dynamic differential equations as a basis, as an actuator uses a PWM converter to voltage and uses a potentiometer to indicate the setpoint of the system through the microcontroller Arduino.

***Keywords**: PI, HMI, Control system*

Introducción

A pesar del paso de los años el controlador PI se ha implementado en las industrias hasta la fecha a causa de su robustez y fácil empleo [1] . Es por esto de gran importancia que aquellos que laboran en la industria en el área de control o a aquellos que están introduciéndose a la materia tengan muy en claro los elementos necesarios para el desarrollo del PI [2]. En ocasiones los desarrolladores de controladores sin importar la extensa experiencia que tienen siguen teniendo deficiencias en sus controles PI esto porque en la vida real, en la práctica es distinto que lo visto solamente en la teoría, es de suma importancia que al aprender sistemas de control se realicen prácticas para obtener un aprendizaje más completo [3].

 ISSN 2007-8102

Existen ya distintas herramientas didácticas para el aprendizaje de materias de ingeniería, como electrónica, por ejemplo, en los trabajos de [4]

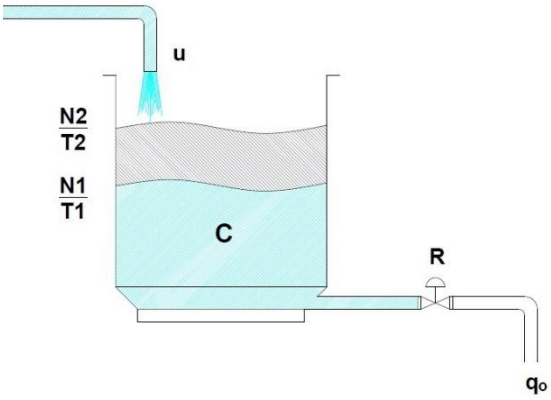
Este tipo de herramienta resultan favorables para el usuario, complementando su experiencia con la materia, teniendo un contacto directo con los elementos necesarios Esto se busca en el desarrollo de este proyecto, un sistema didáctico de control para el aprendizaje de controladores PI como apoyo al entrenamiento de técnicos, ingenieros e incluso estudiantes por medio de la experimentación [5].

Metodología

Caso de estudio

Partiendo del funcionamiento de un sistema real de nivel de agua de un tanque se realiza la representación en espacios de estado y la función transferencia seguido de su simulación en MATLAB para obtener las gráficas de respuesta. Posteriormente, basado en los cálculos, se realiza el diseño del diagrama eléctrico de la planta y su manufactura utilizando amplificadores operacionales (OPAMP).

El sistema de nivel de agua se elabora de acuerdo al esquema (*Figura 1*), representado en la ecuación diferencial (Ecuación 1), se muestra la representación en espacio de estados (Ecuación 2) y la función de transferencia (Ecuación 3). La base del tanque tiene un área de 40 u^2 de y la válvula R estará abierta al 50%, por lo que R= 0.5, estos son datos seleccionado de forma arbitraria pero que permiten desarrollar el sistema.



Condiciones iniciales del sistema:

$$C= 40\ u^2$$

$$R= 0.5$$

Ecuación diferencial:

$$\frac{dN}{dt} = -\frac{N}{RC} + \frac{u}{C} \qquad [1]$$

Figura 1.- Esquema de tanque

Representación en espacio de estados:

$$\dot{x} = Ax + Bu$$

$$y = Cx$$

$$[\dot{x}] = \left[-\frac{1}{RC}\right][x] + \left[\frac{1}{C}\right][u] \qquad [2]$$

$$[y] = [1]\,[x]$$

Función transferencia:

$$\frac{Y(S)}{U(S)} = C(sI - A)^{-1}B$$

 ISSN 2007-8102

a) sI

$$s[1] = [s]$$

b) $(sI - A)$

$$[s] - \left[-\frac{1}{RC}\right] = \left[s + \frac{1}{RC}\right]$$

c) $(sI - A)^{-1}$

$$\left[s + \frac{1}{RC}\right]^{-1} = \left[\frac{RCs + 1}{RC}\right]^{-1} = \left[\frac{RC}{RCs + 1}\right]$$

d) $C(sI - A)^{-1}$

$$[1]\left[\frac{RC}{RCs + 1}\right] = \left[\frac{RC}{RCs + 1}\right]$$

$$\left[\frac{RC}{RCs + 1}\right]\left[\frac{1}{C}\right] = \left[\frac{R}{RCs + 1}\right]$$

Escriba aquí la ecuación.

$$\boldsymbol{G(s)} = \left[\frac{R}{RCs + 1}\right] \qquad [3]$$

Se recurre al software Matlab para visualizar el comportamiento del sistema calculado. Con la herramienta simulink se elaboró el diagrama a bloques correspondiente a la planta (*Figura 2*) y se obtuvo la respuesta del sistema (*Figura 4*).

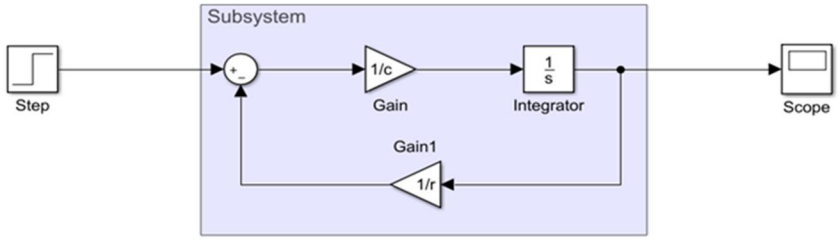
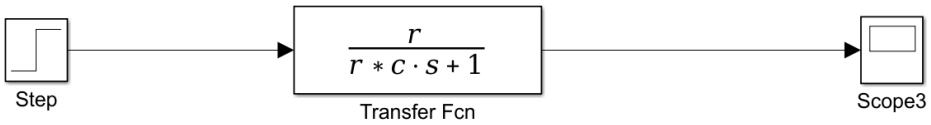


Figura 2.- Planta del sistema



*F*igura 3.- Diagrama de función de transferencia.

 ISSN 2007-8102

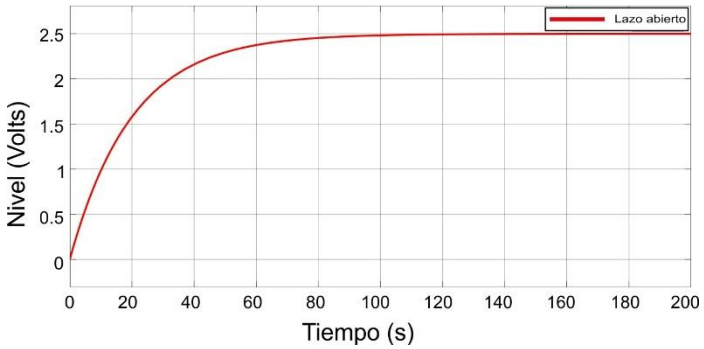


Figura 4.- Respuesta de la función de transferencia.

Basado en los cálculos y las simulaciones realizadas en Matlab se realiza el diseño del diagrama eléctrico (*Figura* 5), siendo este una representación del diagrama presentado en la Figura 2 por lo cual aparte de una etapa restadora y una etapa integradora, posee una etapa de atenuación de ganancia 1/40 que representa al bloque 1/C = 1/40 y una etapa amplificadora de ganancia 2 que representa al bloque 1/R = 1/0.5 , y su manufactura (*Figura 6*) utilizando amplificadores operacionales (OPAMP).

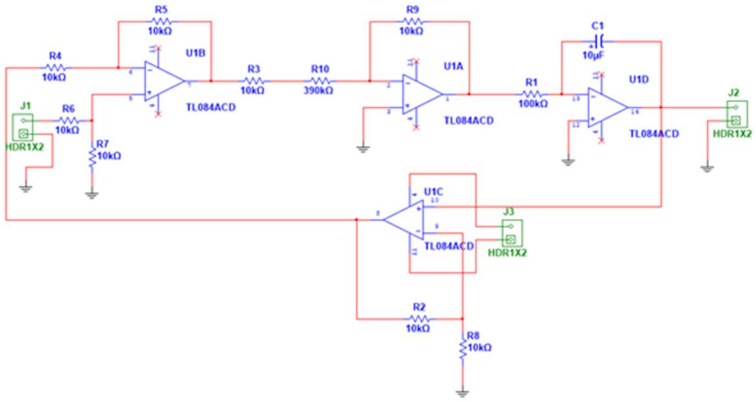


Figura 5.- Diagrama electrónico del sistema tanque.

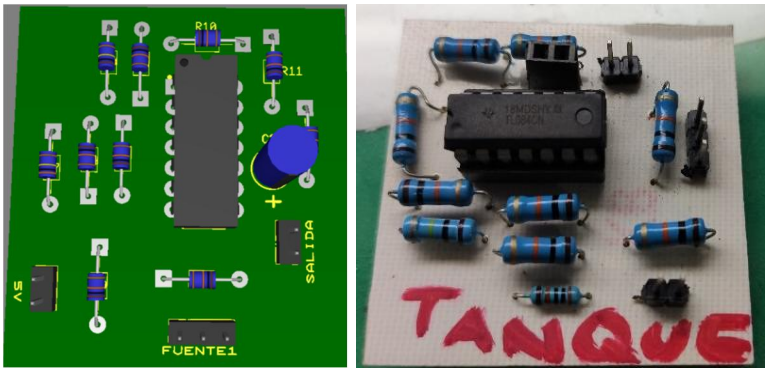


Figura 6.- Placa electrónica de la planta sistema nivel de agua.

 ISSN 2007-8102

Cálculo del controlador PI

A continuación, se muestran los cálculos para obtener las ganancias Kp, Ki, haciendo K=0 partiendo de la ecuación del PI a bloques C(s) para emplearla posteriormente en la función de transferencia del sistema.

$$G(s) = \left[\frac{R}{RCs+1}\right]$$

$$\mathrm{C(s)} = \frac{K_p s + K_i + K_d s^2}{s}$$

$$Ud(s) = C(s)G(s) + 1$$

$$Ud(s) = \left[\frac{K_p Rs + K_i R + K_d Rs^2 + RCs^2 + s}{sRC + s}\right] = 0$$

$$\therefore Ud = K_p Rs + K_i R + K_d Rs^2 + RCs^2 + s$$

$$(K_d R + RC)s^2 + (K_p R + 1)s + K_i R = 0 \rightarrow s^2 + \left(\frac{K_p R + 1}{K_d R + RC}\right)s + \frac{K_i R}{K_d R + RC}$$

$$s^2 + 2\xi\omega_n s + {\omega_n}^2 = 0$$

$$Entonces:$$

$$s = s^2$$

$$\frac{K_p R + 1}{K_d R + RC} = 2\xi\omega_n$$

$$\frac{K_i R}{K_d R + RC} = {\omega_n}^2$$

$$Despejando para\ K_p y K_i, y dado que es\ \ un controlador PI se utiliza K_d = 0 se obtiene:$$

$$K_p = \frac{2\xi\omega_n C - 1}{R}$$

$$K_i = {\omega_n}^2 C$$

En la *Figura 7* se expone el diagrama a bloques del control en lazo cerrado en Simulink haciendo uso del bloque de "*PID controller";* en la F*igura 8* se observa su curva de respuesta.

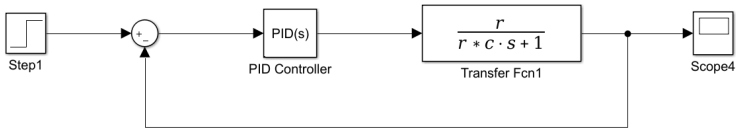


Figura 7.- Diagrama a bloques del PI.

 ISSN 2007-8102

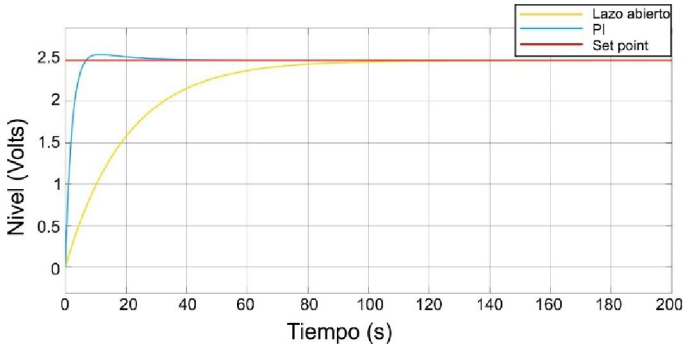


Figura 8.- Gráfica de la Respuesta en lazo abierto y el control implementado.

Programación en Arduino

Se utiliza la placa de Arduino pro mini para la implementación del control PI, aunque por comodidad para las pruebas se utiliza el Arduino UNO. En modo de prueba se ingresa el modelado matemático de la planta en la programación de Arduino para probar su funcionamiento en lazo abierto y lazo cerrado.

Al final queda en la programación del microcontrolador el controlador PI y se conecta al circuito integrado que representa el tanque de nivel que es alimentado con una fuente simétrica de 12V Y -12V. Se implementa un convertidor PWM a voltaje como actuador, con parámetros de 0 a 5 V, siendo 5 V el 100% y 0 V el 0% de la señal de trabajo, esto porque el Arduino no incluye salidas analógicas y es necesaria una para alimentar a la planta. También se tiene una entrada en A0 regulada por un potenciómetro que representa el valor del set point que se fija para el sistema. F*igura 9.*

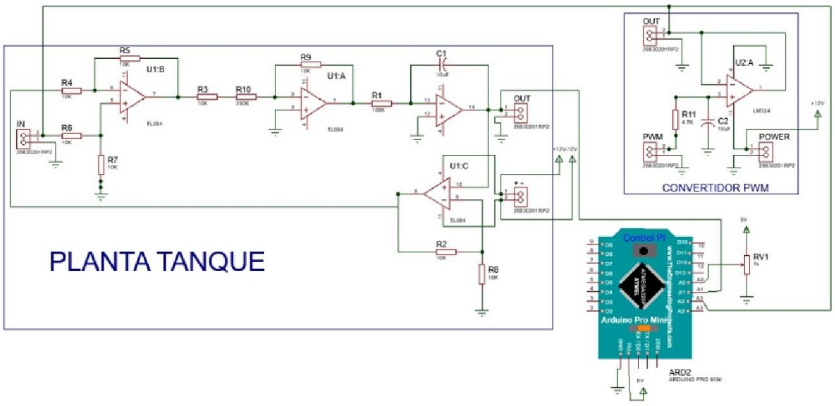


Figura 9.- Diagrama eléctrico completo del sistema

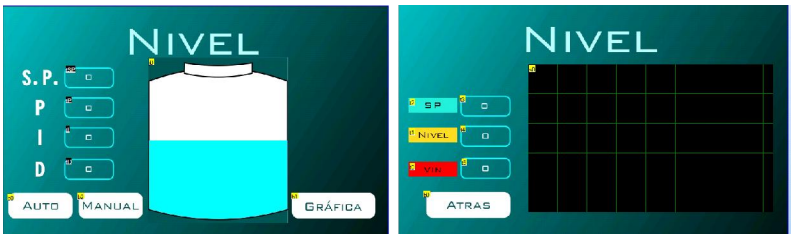
Diseño y programación de HMI en Nextion Editor

Se utiliza el software libre Nextion Edition para diseñar y programar la interfaz. Como complemento se utiliza el software de diseño CorelDRAW X7 para diseñar ciertos elementos de la interfaz, por ejemplo: los fondos de pantalla, la imagen de los botones, barra de progreso, entre otros.

La HMI contiene dos páginas, la primera es donde se ingresan las ganancias Kp, Ki y Kd y una ilustración de un tanque llenándose conforme responda el sistema, se observa en el inciso *a) Figura*

 ISSN 2007-8102

10; en la segunda página se encuentra una gráfica para observar el comportamiento del nivel y el voltaje de entrada en la planta (que representa la abertura de la válvula de entrada) con respecto al set point, se puede observar en el inciso *b) de la* F*igura 10*.



a) b)

Figura 10. Páginas de HMI Nextion

Comunicación entre Arduino y HMI Nextion

La comunicación entre Arduino y la pantalla Nextion se realiza por puerto serial (Rx y Tx) siguiendo el diagrama de la *Figura 11*.

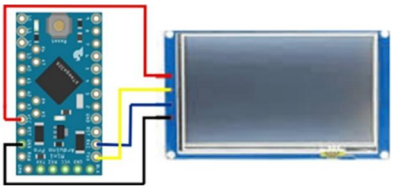


Figura 11. Diagrama de conexión Arduin-HMI Nextion

Se utiliza la paquetería "*ITEADLIB_Arduino_Nextion-master*" para la transferencia de datos entre los dos elementos. Para relacionar los elementos de la interfaz, como los botones, los bloques de texto y la gráfica, que se utilizan en Arduino; la estructura de la instrucción es la siguiente:
<tipo de objeto> <nombre de objeto que se le da en arduino> = <tipo de objeto>(< ID de página>, <ID de objeto>, "<nombre del objeto en Nextion>"

En Arduino se realizan instrucciones para que cada vez que se oprima el botón "Guardar" en la pantalla Nextion los datos ingresados en S.P., P, I y D se guarden en las variables que se usaran para realizar el cálculo del PI en Arduino, basándose en los cálculos realizados en el "Caso de estudio".

Resultados

Modo automático

En la *Figura 12 b)*, se observa la gráfica con un set point de 2.5 que se encuentra de color azul; en color amarillo se muestra la respuesta del nivel del tanque; y en rojo el comportamiento del voltaje de entrada de la planta, el cual, al llegar el nivel al valor deseado, baja su valor y se manifiesta de forma que el nivel se mantenga estable. En la *Figura 12 a)* se observa la representación del nivel con la animación del tanque.

 ISSN 2007-8102



a) b)

Figura 12.- Prueba con setpoint de 2.5 en Nextion Editor.

Ahora se pasa de un valor set point de 1.5. En la *Figura 13* se observa la curva de respuesta y como alcanza a estabilizarse en aproximadamente 40 segundos. De igual manera el voltaje de entrada responde de forma que el nivel se mantenga en el mismo valor.

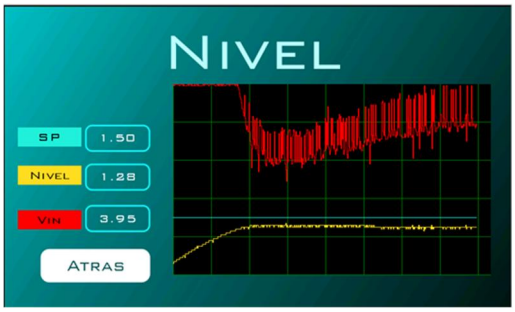


Figura 13.- Gráfica de Nivel con set point de 1.5 en Nextion Editor.

Modo manual

Los valores de usuario ingresados para Kp es de 8.76, para Ki es 1.45, para Kd es de 0.01 y con un set point de 2.5, como se muestra en el inciso a de la *Figura 14*. En el inciso b de la misma figura se observa que el nivel se estabiliza al paso de aproximadamente de 35 segundos.



a) b)

Figura 14.- Respuesta de nivel con valores de usuario.

Trabajo a futuro

Como trabajo a futuro se plantea colocar todos los elementos físicos en un componente modular, así las cuestiones del cableado serán más seguras para el usuario y se evitarán accidentes por causas de movimiento en los objetos.

Otro trabajo a futuro es la optimización de la programación, buscar la manera de reducir el número de líneas de código para que de esa forma el Arduino tenga menos esfuerzo.

También es necesario realizar más pruebas con diferentes usuarios como estudio de campo, ya sea en escuelas o empresas, para realizar encuestas y un análisis más completo sobre otras implementaciones o cambios que deban realizarse al sistema, como es en el caso de [5] y [6].

Conclusiones

Con las pruebas realizadas puede notarse que los resultados esperados por el controlador PI se cumplen, a pesar de que el nivel nunca llega a ser exactamente igual que el set point se acerca demasiado, esa es la respuesta esperada. Se pueden distinguir las diferencias entre el modo manual y el automático, el usuario puede realizar sus cálculos e ingresar los valores de las ganancias las veces necesarias y comprobar su resultado con el modo automático. Gracias a la gráfica y los datos que se visualizan en la interfaz puede realizarse un análisis de las respuestas del nivel ante los datos ingresado, que es la base para realizar el sistema didáctico, el cual utiliza un circuito integrado basado en Op Amps para emular el comportamiento real de una planta de nivel.

Referencias

[1] Wang, Y. G., & Shao, H. H. (2000). Optimal tuning for PI controller. *Automatica*, *36*(1), 147-152.

[2] Lichtman, A., & Fuchs, P. (2017, October). Theory of PI controller and introduction to implementation for DC motor controls. In *2017 Communication and Information Technologies (KIT)* (pp. 1-5). IEEE.

[3] Kamarudin, M. N., & Rozali, S. M. (2008, December). Simulink implementation of digital cascade control DC motor model-a didactic approach. In *2008 IEEE 2nd International Power and Energy Conference* (pp. 1043-1048). IEEE.

[4] Dale, S., Costea, C. R., & Zsolt, S. (2018). Functionality Extension for A DC Motor Speed Control Didactic System with PID Controller. *The Scientific Bulletin of Electrical Engineering Faculty*, *18*(2), 59-62.

[5] Johnson, M., & Hayes, M. J. (2016). A comparison of problem-based and didactic learning pedagogies on an electronics engineering course. *International Journal of Electrical Engineering Education*, *53*(1), 3-22.

Implementación de módulo didáctico para el estudio del funcionamiento de los sistemas fototérmicos y fotovoltaicos

J.M. Zamudio Hernández[1], M. Valerio Canales[1], J.A. Hernández Reyes[1], G. Valerio Canales[2], J.C. Molina Zenteno[2]*

[1]Departamento de Ingeniería Eléctrica y Electrónica, Instituto Tecnológico de Veracruz, Calzada Miguel Ángel de Quevedo 2779, Formando hogar, C.P. 91860 Veracruz, Ver., México

[2]Departamento de Ingeniería Metal Mecánica, Instituto Tecnológico de Veracruz, 2779, Veracruz, Ver., México.

**josezamudio15@gmail.com*

***Área de participación**: Ingeniería Eléctrica y Electrónica*

Resumen

Se presenta el diseño, implementación y operación de un módulo didáctico desarrollado con la finalidad de obtener una adecuada capacitación en el manejo de los Sistemas Fototérmicos y Fotovoltaicos. Al verificar el desempeño del equipo, se observaron sus capacidades tales como: Sistema de captación fototérmica con circulación natural y forzada, almacenamiento de líquido, suministro y distribución de tubería. Se incluye el Sistema de captación fotovoltaica trabajando paralelamente con la distribución de energía requerida para un sistema de bombeo y contribuir en el funcionamiento del sistema utilizando lámparas de halógeno para prácticas dentro del laboratorio.

Al poner el sistema a disposición de la comunidad académica de la institución, se mejoró el proceso de enseñanza aprendizaje, facilitando la labor del docente e incrementando la motivación del estudiante a adquirir conocimientos en este tema. Basándose en la idea de trabajar con un sistema fototérmico de aplicaciones prácticas con el suministro de energía fotovoltaica, con los sistemas de simulación a uno real.

***Palabras claves:** Energía renovable, sistema fototérmico, módulo didáctico, sistema fotovoltaico autónomo.*

Abstract

The design, implementation and operation of a didactic module developed in order to obtain adequate training in the learning of Photothermic and Photovoltaic Systems is presented. When verifying the performance of the equipment, its capabilities were observed, such as: Photothermal capture system with natural and forced circulation, liquid storage, supply and distribution of pipes. The photovoltaic capture system is included, working in parallel with the distribution of energy required for a pumping system and contributing to the operation of the system using halogen lamps for practices within the laboratory.

By making the system available to the academic community of the institution, the teaching-learning process was improved, facilitating the work of the teacher and increasing the student's motivation to acquire knowledge on this topic. Based on the idea of working with a photothermal system of practical applications with the supply of photovoltaic energy, with simulation systems to a real one.

***Key words**: Renewable energy, photothermal system, didactic module, autonomous photovoltaic system.*

Introducción

Los colectores solares son dispositivos diseñados para interceptar, absorber y transferir la radiación solar a un fluido de trabajo (agua, aceite, etc.) transformándola en energía térmica utilizable. [1].

Así, se obtiene agua caliente sanitaria (ACS) [1], como se observa en la Figura 1.

 ISSN 2007-8102

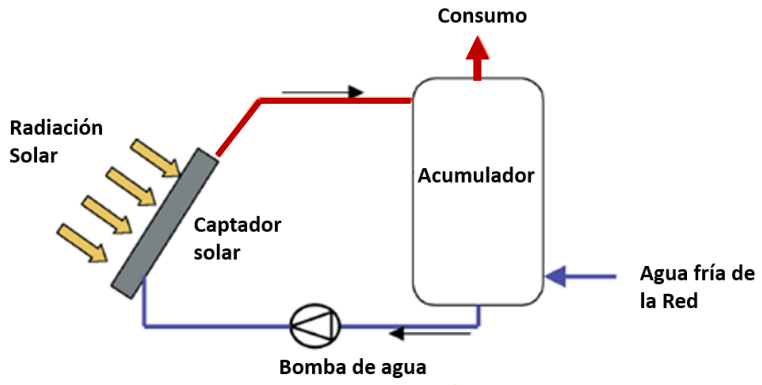


Figura 1. Componentes de un sistema fototérmico

El módulo presenta todos los elementos necesarios para realizar la conexión segura de un sistema fototérmico y fotovoltaico autónomo (SFFA), [2] teniendo el manual de prácticas como apoyo teórico al momento de realizar las conexiones paso a paso. El desarrollo de este prototipo tiene como beneficios la capacitación práctica de los alumnos con los fundamentos teóricos y representa una herramienta didáctica para el docente, lo cual le permitirá facilitar el proceso de enseñanza aprendizaje de manera segura. Al ser un sistema desarrollado en base a las necesidades de las materias que se imparten, se abarca el contenido necesario para comprobar los temas observados en clase. Por la parte económica, al contar con la lista de materiales necesarios y conocer las características de este módulo, se tendrá una ventaja al momento de realizar el mantenimiento preventivo y/o correctivo. A su vez, se cuenta con la información necesaria para realizar la reproducción del módulo, en caso de ser necesario y cubrir una mayor demanda de alumnos.

Metodología

El SFFA fue implementado con algunos componentes que ya contaba el Instituto Tecnológico de Veracruz (ITVER), por lo cual el diseño del prototipo está basado en las características del calentador solar. Las tuberías de policloruro de vinilo clorado (CPVC), fueron diseñadas basándose en un sistema hidráulico a pequeña escala. Los tanques de agua adquiridos cuentan con la capacidad de almacenar 60 L de agua para una circulación natural y forzada. [3]. La bomba de agua adquirida cuenta con la capacidad de suministrar el fluido a una altura promedio de 2.5 m para la recirculación en el sistema fototérmico.
Las baterías del sistema fueron obtenidas basándose en la magnitud del voltaje, que se obtiene del panel fotovoltaico para suministrar energía a los componentes. [4]. Los componentes del sistema se distribuyen en distintas etapas, como se puede observar en el diagrama a bloques de la Figura 2.

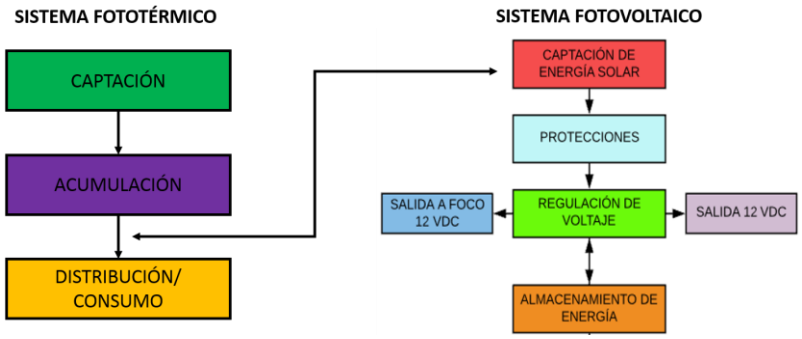


Figura 2. Componentes del sistema

 ISSN 2007-8102

A continuación, se da una descripción de las etapas que conforman el sistema:

Sistema fototérmico

Captación en calentador solar

El calentador solar de la marca GoldUnion que conforma esta etapa, es el encargado de captar el calor y elevar la temperatura del agua. El agua caliente se eleva por convección y comienza a ascender siendo reemplazada por agua fría que a su vez se calienta y reinicia el proceso, con una capacidad de almacenamiento de 120 L y 10 tubos de vacío.

Acumulación

Mediante los tanques de almacenamiento que acumulan 60 L de agua, se puede representar la simulación de entrada y salida de agua dentro de un sistema fototérmico.

Distribución y consumo

La tubería de CPVC que conforma esta etapa, es la encargada de distribuir el agua a los tanques de almacenamiento, el sistema hidráulico básico cuenta con tuberías de diámetro de ¾ pulg, válvulas de bola, codos y tuercas unión. La circulación natural se simula con el uso de la gravedad proveniente de un tanque elevado y la circulación forzada la conforma una bomba de agua de 24 V con la capacidad de elevar y utilizar la salida a 24 VDC que complete la simulación de una recirculación en un sistema fototérmico.

Sistema fotovoltaico

Captación de energía solar

El panel solar de la marca Conermex (CNX-50) que conforma esta etapa, es el encargado de captar y convertir la energía solar en energía eléctrica para suministro del sistema fotovoltaico con una potencia de 50 W (Pmax), un voltaje a máxima potencia de 17.0 V (Vpmax) y una corriente de máxima potencia de 2.94 A (Imp), para abastecer de energía al banco de baterías.

Protecciones

Esta sección la conforman los interruptores termomagnéticos de la marca ABB, dispuestos para aislar por etapas todo el sistema y controlar por medio de encendido y apagado, el flujo de la corriente, evitando de esta manera algún daño por mala conexión. La corriente máxima que soportan es de 10 A para el caso del interruptor termomagnético 1 y 2 (ITM 1-2).

Regulación de voltaje

El controlador de voltaje conforma este bloque, se encarga de permitir el suministro de energía al banco de baterías y regular el voltaje que se obtiene de los paneles en la etapa de captación de energía solar, el controlador seleccionado de la marca EP Solar (LS1024B) soporta 10 A y 12/24 V.

Salida a foco de 12 VDC

En esta etapa se encuentra el socket del foco de 12 VDC, aquí se puede comprobar el funcionamiento de la salida de 12 VDC del regulador conectado al foco y mediante el encendido del mismo.

Salida de 24 VDC

Las terminales del regulador que corresponde a la salida de 12 VDC están comprendidas en esta etapa a una conexión en serie con 2 baterías de 12 V, en esta salida se puede conectar cualquier carga que sea de DC a 24 V y conectar la bomba de agua que se utiliza para realizar ejercicios de un sistema fototérmico con circulación forzada.

 ISSN 2007-8102

Almacenamiento de energía

El banco de baterías está conformado por baterías de la marca PowerPSsonic (PS-1290) de 12 V a 9 Ah (9 Amperios durante 1 Hora), conforma la etapa de almacenamiento. Es la encargada de almacenar la energía del sistema y suministrarla al regulador de voltaje para su encendido.

El módulo está conformado por tres secciones.

La sección de captación fototérmica, cuenta con un calentador solar de 10 tubos de vacío y la capacidad de almacenamiento de hasta 120 L con entrada, salida, drenado y jarro de aire. Como se observa en la Figura 3 de lado izquierdo.

La sección de tanques de almacenamiento que acumulan 60 L de agua, se representa la simulación de entrada y salida dentro de un sistema fototérmico. La tubería de CPVC que conforma la distribución hidráulica, es la encargada de suministrar agua a los tanques de almacenamiento, cuenta con un diámetro de ¾ pulg, válvulas de bola, codos y tuercas unión. Como se observa en la Figura 3 de lado derecho.

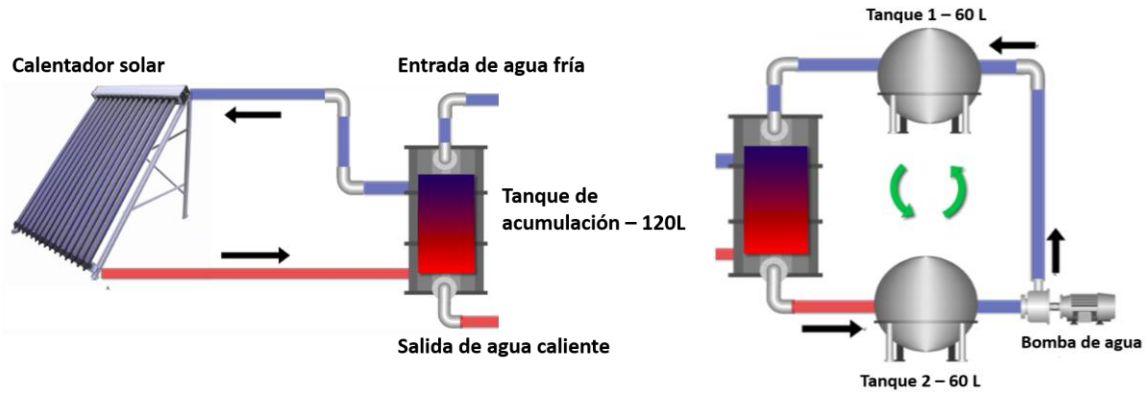


Figura 3. Componentes de la sección fototérmica de lado izquierdo, componentes de la sección de tanques de almacenamiento de lado derecho.

La sección de monitoreo, cuenta con medidores de voltaje para la medición de parámetros eléctricos utilizando puntos de prueba distribuidos en el panel de monitoreo, en conjunto con los componentes que hacen funcionar un sistema fotovoltaico autónomo.

Para entender las conexiones eléctricas de la sección de monitoreo, es necesario conocer los símbolos de los componentes del sistema dentro del diagrama eléctrico del módulo, como se puede observar en la Figura 4.

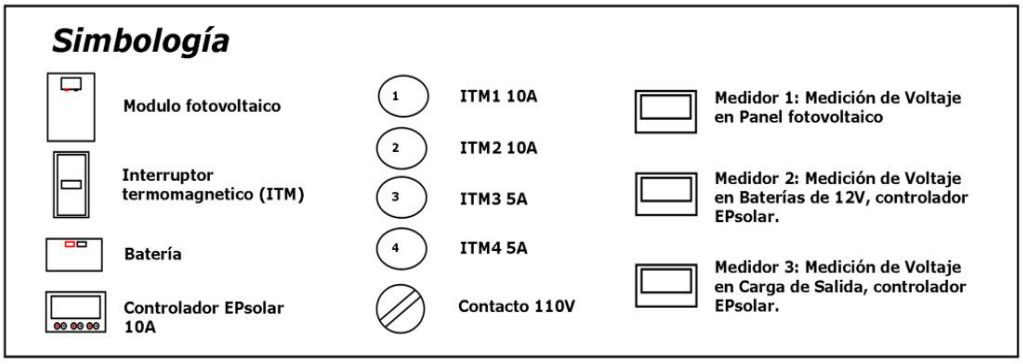


Figura 4. Descripción de componentes de sección fotovoltaica y monitoreo.

 ISSN 2007-8102

En la Figura 5 se muestra el diagrama eléctrico del módulo fotovoltaico con todos sus componentes, señalando los nombres de los componentes.

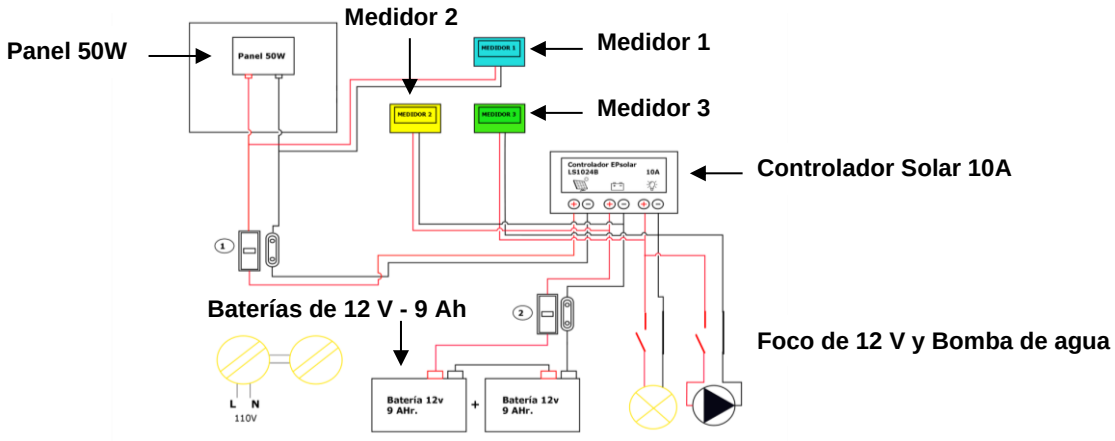


Figura 5. Diagrama eléctrico de la sección fotovoltaica y de monitoreo.

Implementación

Se elaboró un diseño en 3D para la aprobación de la construcción del módulo, como se puede observar en la Figura 6 de lado izquierdo. Este modelo se realizó en el software SolidWorks que es un software CAD para modelado mecánico en 2D y 3D. [5]. Para la sección de captación fototérmica se construyó una estructura móvil que soporta el calentador solar para la realización de actividades didácticas dentro o fuera del laboratorio, como se puede observar en la Figura 6 de lado derecho.



Figura 6. Sección fototérmica, lado izquierdo diseño en 3D, lado derecho sección en físico.

La sección de tanques de almacenamiento, cuenta con la construcción de una torre que soporta los tanques que acumulan 60 L de agua, junto con la implementación de un panel fotovoltaico acoplado a un soporte para variar ángulos de inclinación y realizar mediciones, en la Figura 7 se observa de lado izquierdo el diseño CAD y de lado derecho el módulo físico de la sección fototérmica.



Figura 7. Sección de tanques de almacenamiento, lado izquierdo diseño en 3D, lado derecho sección en físico.

 ISSN 2007-8102

La última parte del módulo, corresponde a la construcción de la sección de monitoreo. Para eso fue necesario hacer un panel de control en una mesa de trabajo, Como se puede observar la mesa de trabajo en físico en la Figura 8 de lado izquierdo y en la Figura 8 de lado derecho el panel de control en la mesa de trabajo.

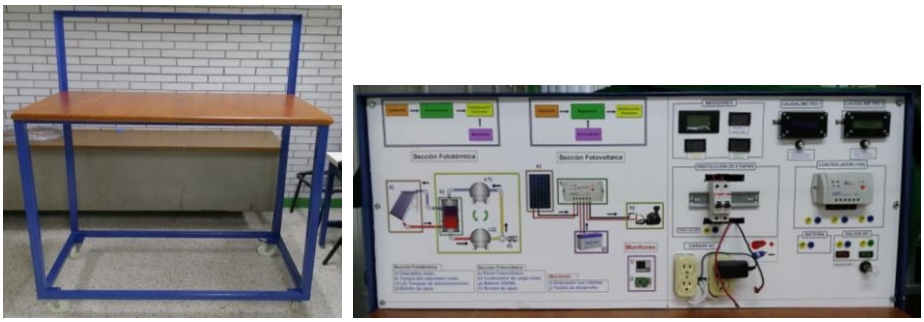


Figura 8. Sección de monitoreo en mesa de trabajo, lado izquierdo mesa en físico, lado derecho panel de control.

Resultados y discusión

La simulación de un sistema fototérmico para el funcionamiento de circulación natural y forzada, utilizando el módulo completo con respecto a la distribución de agua por etapas dentro del sistema.

- La distribución de agua por gravedad de un tinaco elevado a un termotanque de un calentador solar cuyo ángulo de inclinación es de 19°, observando el funcionamiento de la etapa inicial dentro del laboratorio, simulando un sistema fototérmico con circulación natural instalado en el hogar. Como se observa en la Figura 9.

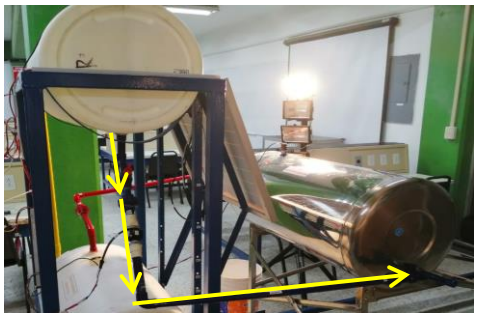


Figura 9. Distribución de un tanque elevado a calentador solar

El registro de datos identificando el recorrido del fluido, midiendo variables como el tiempo de llenado y temperatura, como se puede observar en la tabla 1.

Tabla 1. Datos de tiempo de llenado, temperatura y voltajes

Trayecto	Tiempo de llenado	Temperatura de termotanque	Voltaje en Panel Solar	Irradiancia en Panel Solar	Voltaje en Bomba de agua
Tanque Primario a Calentador Solar	50 s	24.06 °C	17.4 V	583 W/m^2	24 V

- La distribución de agua en circulación natural por gravedad del calentador solar a un tanque inferior como almacenamiento, como se observa en la Figura 10.

 ISSN 2007-8102



Figura 10. Distribución del calentador solar a tanque inferior.

El registro de datos identificando el recorrido del fluido, midiendo variables como el tiempo de llenado y temperatura de los dos tanques, como se puede observar en la Tabla 2.

Tabla 2. Datos de tiempo de llenado, temperatura y voltajes

Trayecto	Tiempo de llenado	Temperatura de termotanque	Voltaje en Panel Solar	Irradiancia en Panel Solar	Voltaje en Bomba de agua
Calentador Solar a Tanque secundario	4:26 s	24.03 °C	17.1 V	562 W/m^2	24 V

- La distribución de circulación forzada trabajando en conjunto con el sistema fotovoltaico autónomo, poniendo en función una bomba de agua y simulando un ciclo completo dentro de un sistema fototérmico para el aprendizaje del funcionamiento de dos tipos de circulación en el módulo. ver Figura 11.



Figura 11. Distribución del tanque inferior a tanque elevado

El registro de datos identificando el trayecto del fluido, midiendo variables como el tiempo de llenado, temperatura de los dos tanques y el voltaje del panel solar, como se puede observar en la tabla 3.

Tabla 3. Datos de tiempo de llenado, temperatura y voltajes

Trayecto	Tiempo de llenado	Temperatura de termotanque	Voltaje en Panel Solar	Irradiancia en Panel Solar	Voltaje en Bomba de agua
Tanque secundario a Tanque primario	7:50 s	23.75 °C	16.8 V	574 W/m^2	24 V

El resultado de la experimentación en el sistema, tiene como propósito la elaboración de prácticas de laboratorio compuestas por: Título, objetivo, materiales a utilizar, descripción de procedimientos, marco teórico, desarrollo del proceso y conclusiones. Para la realización de ejercicios didácticos, experimentación individual con cada uno de los módulos y el trabajo en equipo para el funcionamiento de las distintas aplicaciones básicas en el sistema fototérmico y fotovoltaico

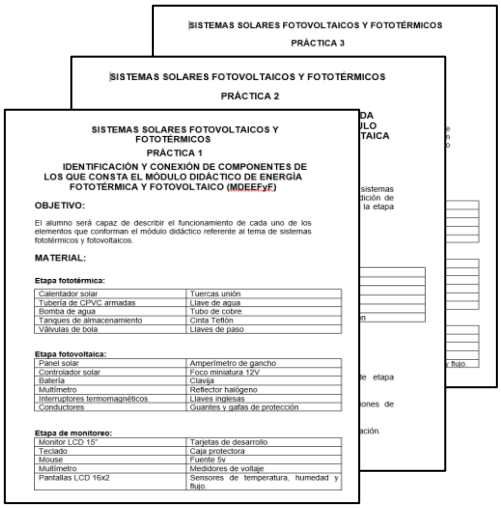


Figura 12. Prácticas de laboratorio

Trabajos futuros

- Equipar al módulo con dispositivos de medición para monitorear el flujo en las tuberías del circuito hidráulico y observar las mediciones que trabajan en conjunto con el sistema.
- Agregar un medidor de irradiancia y temperatura ambiente para complementar los datos de las mediciones con respecto a la temperatura recibida con luz artificial y natural.
- Implementar estructura de iluminación artificial en calentador solar para el estudio y simulación de captación utilizando lámparas de halógeno.
- Desarrollar un sistema de programación que para el muestreo en tiempo real del comportamiento en los voltajes y temperaturas.

Conclusiones

Se finalizó el módulo didáctico y el manual de prácticas que permitió mejorar el proceso de enseñanza aprendizaje en el tema de SFFA. Se promovió el auto equipamiento del departamento de ingeniería eléctrica y electrónica de forma económica. Con el diseño e implementación del prototipo didáctico se tiene la posibilidad de realizar modificaciones y mejoras pertinentes al módulo dentro del plano tecnológico, aumentando la capacidad de cubrir una mayor demanda académica al incrementar la implementación de nuevos módulos. Finalmente, se interactúa con el funcionamiento básico de un sistema fototérmico, utilizando circulación natural y forzada, abasteciendo la energía requerida con un sistema fotovoltaico autónomo.

Referencias

[1] Perales, T, *“Guía del Instalador de Energías Renovables: energía fotovoltaica, energía térmica, energía eólica y climatización.”,* 4ta. ed. México D.F., México: Limusa, 2005.
[2] Guillén, O, *“Energías Renovables: una perspectiva ingenieril.”,* 1ra. ed. México D.F., México: trillas, 2004.
[3] Romero, M, *“Energía solar térmica de baja temperatura.”,* 1ra. ed. Barcelona: CEAC, 2009.
[4] Cruz, G, *“Manual del instalador Fotovoltaico: Sistemas autónomos.”,* México: American Renewables Institute, 2016.
[5] Rodríguez, C, *“Diseño mecánico con solidworks 2015.”,* España: Ra-Ma, 2015.

Diseño de automatización invernadero con ambiente controlado mediante interface Arduino para producción de vegetales.

J. Muñiz Blanco[1], A. Hernández Machuca[2], S. King Delgado[3],*
[1]Departamento de Ingeniería En Sistemas Computacionales, Instituto Tecnológico Superior de Pánuco, Prol. Av. Artículo Tercero Constitucional SN, Col. Solidaridad, C.P. 93990, Pánuco Ver., México
[2]Departamento de Ingeniería En Sistemas Computacionales, Instituto Tecnológico Superior de Pánuco, Prol. Av. Artículo Tercero Constitucional SN, Col. Solidaridad, C.P. 93990, Pánuco Ver., México
[3]Departamento de Contador Público, Instituto Tecnológico Superior de Pánuco, Prol. Av. Artículo Tercero Constitucional SN, Col. Solidaridad, C.P. 93990, Pánuco Ver., México
**jesus.muniz@itspanuco.edu.mx*

***Área de participación**: Ingeniería Eléctrica y Electrónica*

Resumen

El presente proyecto pretende contribuir a la investigación para la producción de vegetales en espacios controlados, en el sector agrícola de Pánuco Veracruz. Alguna de las iniciativas proviene de la baja producción relacionada con las variables condiciones climáticas, con altas temperaturas en la mayor parte del año.

A través de una investigación experimental, se pretende generar un kit de invernadero acorde a las condiciones de la zona que permita lograr una producción sostenible de vegetales en espacios reducidos, y se pueda ampliar de acuerdo a las capacidades de los productores.

El proyecto contempla dos etapas: la primera etapa un sistema medidor en tiempo real de temperatura, humedad y radiación solar, información que se estará enviando y alojando en el servidor Web conectado a través de la interfaz Arduino.

La segunda etapa, permitirá accionar dispositivos de riego, ventilación, y cortinas para reducir radiación solar.

***Palabras clave**: sensores, invernadero, Arduino.*

Abstract

This project intends to contribute to the research for the production of vegetables in controlled spaces, in the agricultural sector of Pánuco Veracruz. Some of the initiatives come from the low production related to the variable climatic conditions, with high temperatures in most of the year.

Through an experimental research, it is intended to generate a greenhouse kit according to the conditions of the area that achieve sustainable vegetable production in confined spaces, and can be expanded according to the capacities of the producers.

The project contemplates two stages: the first stage a real-time measuring system of temperature, humidity and solar radiation, information that will be sent and hosted on the intranet web server connected through the Arduino interface.

The second stage will activate irrigation devices, ventilation, and curtains to reduce solar radiation.

***Key words**: sensors, greenhouse, Arduino.*

 ISSN 2007-8102

Introducción

En México, la agricultura es una de las actividades económicas con mayor relevancia ya que genera gran cantidad de empleos en el país; es uno de los sectores productivos más importante desde un punto vista económico, social y ambiental, ya que de ésta depende la alimentación primaria de millones de personas, el incremento de la población productiva y la preservación y cuidado del entorno.

De acuerdo con el INEGI [6], entre los productos que más se cultivaron en el país en el 2009 están el trigo, la naranja, sorgo, maíz y caña de azúcar, todos ellos cultivados en campo abierto, lo cual demanda mayor cantidad de recursos para producir con mejor calidad.

Desafortunadamente, conforme el paso del tiempo el cambio climático y sus efectos sobre la agricultura tendrán como consecuencia un clima más variable e impredecible que requiere acciones de mitigación y adaptación urgentes.

La agricultura del futuro, deberá aprovechar nuevos métodos de cultivos, orientados al aprovechamiento máximo de los recursos locales y la diversidad natural, buscando lograr un bajo impacto ambiental.

Uno de los retos es producir para alimentar a más de 100 millones de personas con menos tierra y agua, pues se indica que actualmente sólo 14% de la superficie cultivable se encuentra en óptimas condiciones para la siembra [8].

Es por eso el interés del presente proyecto en comenzar a desarrollar tecnología que impacte en la agricultura de manera sostenible y sustentable para nuestra región.

Metodología

Después de realizar el análisis del contexto del proyecto, se determinó el proceso de desarrollo del proyecto, el cual está integrado por cinco etapas.

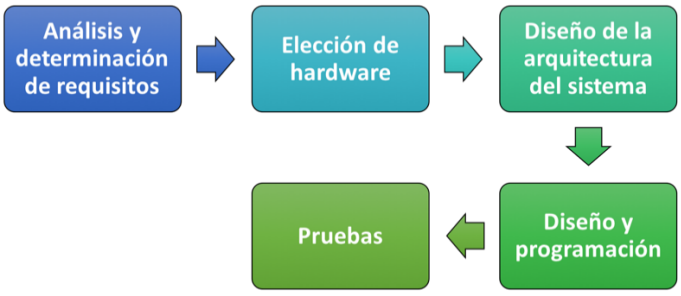


Figura 1. Proceso de Desarrollo del Sistema

Análisis y determinación de requerimientos

Como parte de la intención de crear un invernadero de carácter experimental que permita diseñar un prototipo a escala en el cual se puedan probar cultivos en tierra y en agua, como lo es la hidroponía. Por otro lado, integrar interfaces que permitan monitorear la humedad, la temperatura en ambiente, la radiación solar, para incorporar activadores automatizados de riego, ventilación, control de

disminución de radiación solar y mantengan las condiciones idóneas. Los requerimientos del proyecto son los siguientes:

- Construcción de un modelo de prototipo tipo túnel, que no supere las dimensiones de 6 metros de ancho por 10 metros de fondo.
    - Incluya una altura que permita una ventilación adecuada y el crecimiento de plantas que van de 1.80 a 2.00 metros, que pueda ser de 3 a 4 metros de altura.
    - Construido con materiales resistentes a embates de la naturaleza y empotrado en suelo.
    - Contenga una protección de filtro a los rayos UV y de malla antiáfidos.
    - Incluya un espacio para cultivo en tierra
    - Incluya un espacio para cultivo en agua (hidroponía).
    - Incluya un espacio para germinación de semillas (almácigo).
- Construcción de un sistema automatizado que permita:
    - Ventilación automatizada a través del control de temperatura.
    - Riego automatizado a través del control de humedad.
    - Sistema de iluminación
    - Disminuir la radiación solar de manera automatizada.

En su conjunto permitir a través del sistema experimentar los ciclos de producción en agua y tierra, de vegetales, tales como: tomate, lechuga, acelgas, pimientos.

Elección de hardware

Para la creación del prototipo de invernadero se utiliza un microcontrolador alojado en la tarjeta Arduino y sensores acordes a las necesidades, sensores de bajo costo.

Al realizar comparación sobre los diferentes sensores y actuadores concluimos en las siguientes opciones, para un mejor resultado del proyecto.

Sensor de temperatura y humedad DHT11. Es un sensor digital de temperatura y humedad relativa. Integra un sensor capacitivo de humedad y un termistor para medir el aire circundante, muestra los datos mediante una señal digital en el pin de datos (no posee salida analógica). Utilizado en aplicaciones académicas relacionadas al control automático de temperatura, aire acondicionado, monitoreo ambiental en agricultura, entre otros.

Sensor radiación solar UV MI8511. El módulo ML8511 es un sensor de luz ultravioleta (UV), entrega una señal analógica que depende de la cantidad de luz UV que detecta. Es usado en proyectos de monitoreo de condiciones ambientales como el índice UV.

Sensor de humedad MD201152. El sensor tiene la capacidad de medir la humedad del suelo. Aplicando una pequeña tensión entre los terminales del módulo YL-69 hace pasar una corriente que depende básicamente de la resistencia que se genera en el suelo y ésta depende mucho de la humedad. Por lo tanto, al aumentar la humedad la corriente crece y al bajar la corriente disminuye.

Tarjeta Arduino Mega. El hardware de Arduino consiste en una placa con un microcontrolador ATmega2560 con puertos de comunicación y puertos de entrada/salida.

Automatización

Para la parte de automatización se tiene considerado integrar lo siguiente:

- Activación de una bomba de riego. Para la activación se utilizan los siguientes componentes: Microcontrolador Arduino mega, Protoboard, bomba de agua, diodos, transistores, resistencias y cables para conexión.

 ISSN 2007-8102

- Activación de abanicos automáticos. Para la activación de los abanicos, se utilizan los siguientes componentes: Arduino Mega, protoboard, un abanico, diodos y resistencias.
- Activación de cortinas automáticas. Para la activación de los sistemas de cortina que disminuya el paso de filtros UV del cielo del invernadero, se utilizan los siguientes componentes: Arduino Mega, protoboard, 2 motores sincronizados, diodos y resistencias.

Diseño y arquitectura del sistema

Este tipo de arquitectura se presenta para la interfaz de medición de los sensores (MD201152, DHT11 y ML8511) para los valores de humedad, temperatura y radiación a través de la Intranet en conjunto con un servidor Web como se muestra en la figura 2, utilizando plataforma Windows Server, y la información consumida por una aplicación Web y móvil.

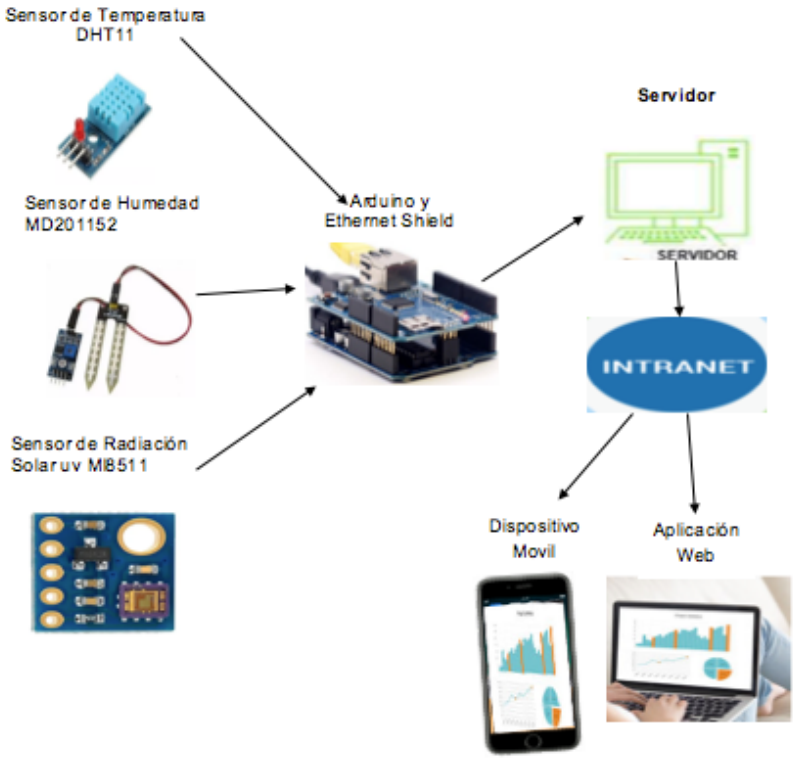


Figura 2. Arquitectura del sistema

Los sensores permitirán adquirir los datos correspondientes a temperatura, humedad y radiación UV; los datos adquiridos serán procesados a través de un microcontrolador y compartidos a través de una red de datos, que para este sistema se propone el uso de la tarjeta Arduino Mega combinado con la tarjeta Ethernet Shield para el envío de la información hacia el servidor Web; el servidor Web a través de la implementación del protocolo HTTP adquirirá y almacenará la información correspondientes a los parámetros ambientales, para posteriormente procesarla y compartirla a través de una aplicación Web y móvil; las aplicaciones permiten visualizar los datos de manera gráfica, y a su vez emitirá notificaciones y recomendaciones con base a los parámetros que se registran a través de los sensores.

Diseño y Programación

Para la codificación del sistema de monitoreo y control se ha elegido el siguiente software: Arduino Programming Language (basado en Wiring) y el Arduino Development Environment (basado en Processing).

 ISSN 2007-8102

De lado del servidor se utiliza los lenguajes HTML, PHP, así como las librerías Highcharts y FPDF para el procesamiento, administración y representación de la información de lado del cliente. Para el almacenamiento de datos se utiliza el sistema gestor de base de datos MySQL.

De lado del cliente, se utiliza una Aplicación Web y móvil; para la ejecución de la aplicación móvil se necesita un explorador Web, y para la aplicación móvil es necesario para su ejecución una dispositivo con plataforma Android.

Las funcionalidades de los módulos de monitoreo y control de activadores son las siguientes:

- Lectura de verificación de los sensores y controles de activación
- Lectura y envío de datos de temperatura, humedad y radiación solar.
- Monitoreo y control de factores mínimos y máximos de temperatura, humedad y radiación.
- Activación del sistema de ventilación, riego y protección solar en función de los valores de control.
- Petición y reporte de datos.

Pruebas

Al final de planificar, diseñar, gestionar y ejecutar los diferentes tipos de sensores a los cuales se les realizaron las pruebas necesarias para garantizar que el sistema cumpla con el funcionamiento esperado.
En esta etapa de realización de pruebas de funcionalidad ejecutando la activación manual de los controles con los que se cuenta en el invernadero.
Los controles manuales se establecieron con el fin de que si el usuario final cree necesaria la activación antes que los rangos colocados en los sensores lo indiquen pueda realizarse sin problema alguno.
El desarrollo actual del sistema cuenta con la capacidad de obtener y enviar datos de los sensores a través de la interfaz Arduino Mega, y así como almacenar los datos en una base de datos en tiempo real, la cual permite que los datos logren ser monitoreados a través la aplicación Web y móvil.

Resultados y discusión

En la primera etapa del proyecto se construyó un modelo de invernadero de 6 metros de ancho por 10 de largo como base experimental como muestra la figura 3, el prototipo didáctico simulador de invernadero, cumple con la función de operación de un sistema experimental, que monitorea y controla variables ambientales para tomar acción sobre ellas, como un invernadero de mayores dimensiones, permite el aprendizaje del modelo hidropónico y del cultivo en tierra con el sistema de ambiente controlado.
El proyecto cuenta con la capacidad de enviar datos de los sensores a través de la interfaz Arduino y almacenar los datos en una base de datos en tiempo real, la cual permite que los datos sean, monitoreados a través la aplicación web y móvil.

 ISSN 2007-8102



Figura 3. Diseño del Invernadero

Antes de implantar se realizaron pruebas con los sensores y la comunicación con la placa Arduino como se muestra en la figura 4, y el envío de la información hacia el servidor local.

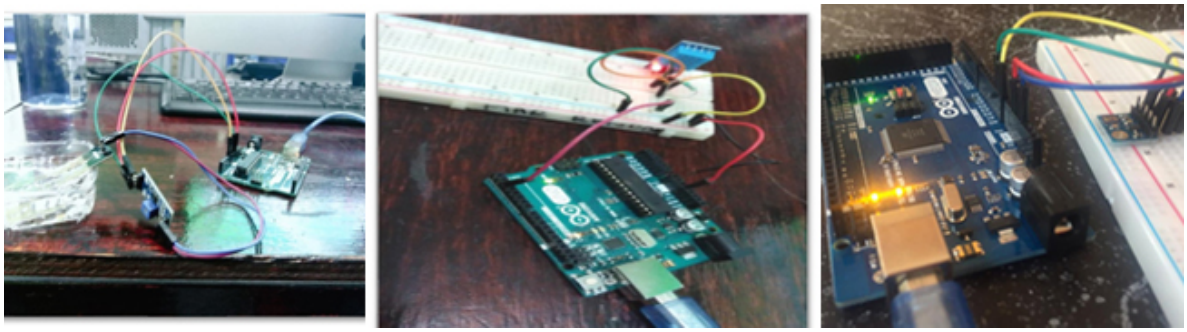


Figura 4. Pruebas con sensores de control de humedad, temperatura y radiación solar

Cada sensor permitió mostrar los valores de lectura en condiciones normales, como se muestra en las figuras 5 con respecto al sensor de temperatura, figura 6 con respecto al sensor de humedad y en la figura 7 presenta los valores del sensor de radiación solar, identificando los valores y mediante los valores máximos y mínimos planteados se establece el funcionamiento de los actuadores o activadores del sistema de riego, ventilación y protección del sol.

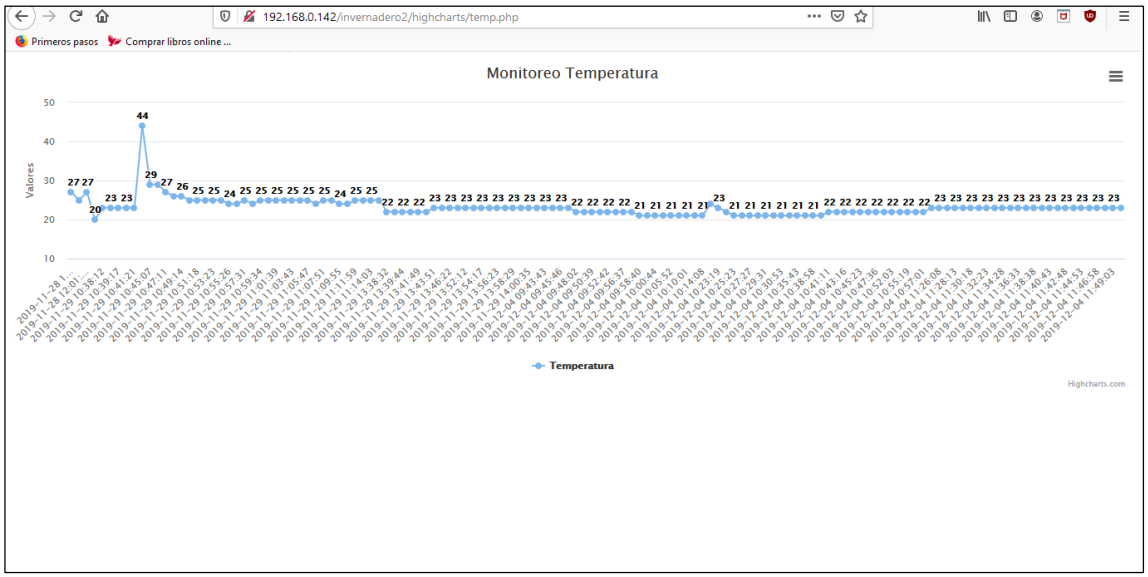


Figura 5. Valores de los controles de temperatura.

 ISSN 2007-8102

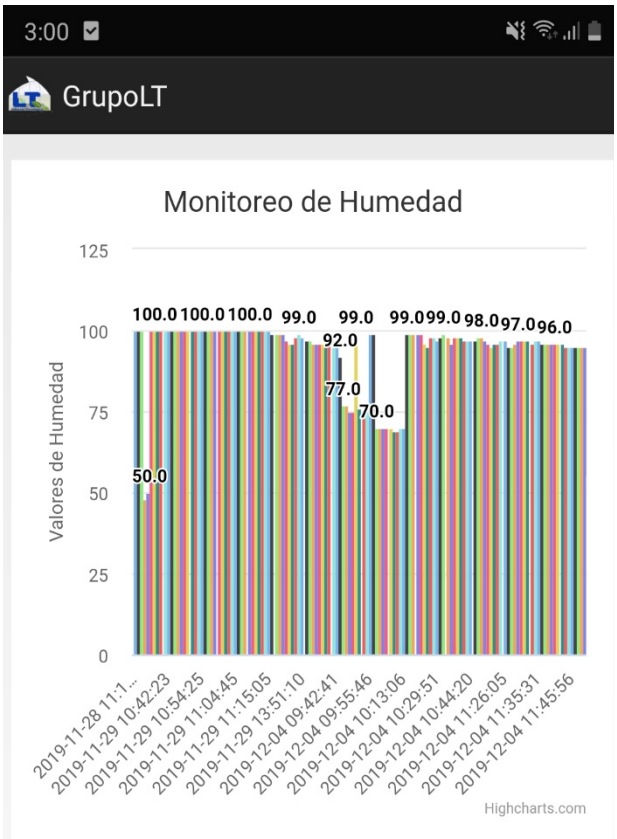


Figura 6. Graficación del muestreo de humedad en el sistema

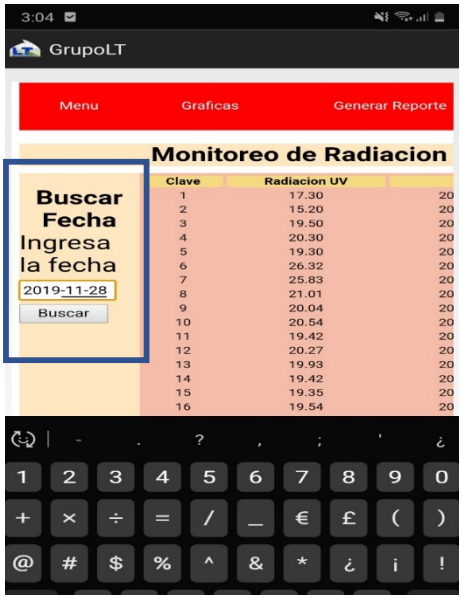


Figura 7. Monitoreo del muestreo de radiación solar en el sistema

Trabajo a futuro

Como trabajo futuro se pretende hacer un proceso experimental de siembra durante todo un año para encontrar las mejores variables y probar algunos otros sensores más precisos, que permitan tomar mejores decisiones, incorporar una aplicación móvil que permita manipular el sistema Web realizado, esto con el fin de monitorear desde cualquier sitio donde se encuentre el invernadero o sitio en donde se desee implementar.

Conclusiones

Es importante considerar que la agricultura debe hacer uso de nuevas tecnologías para la generación de nuevos métodos de cultivos, con el propósito de aprovechar al máximo los recursos naturales, y con un bajo impacto ambiental.

El presente trabajo tiene como propuesta desarrollar tecnología que impacte en la agricultura de manera sostenible y sustentable para nuestra región, a través de la creación de un invernadero de carácter experimental que permita diseñar un prototipo a escala en el cual se puedan probar cultivos en tierra y en agua, a través del uso de tecnologías basadas en la utilización de sensores y actuadores, aplicaciones Web y aplicaciones móviles, buscando implementar una arquitectura basada en el Internet de las cosas.

Como parte del desarrollo del proyecto se busca lograr realizar pruebas del sistema desarrollado, en un proceso experimental de siembra durante un año, para recolectar datos a través de los sensores y determinar las mejores condiciones optimas, que permitan apoyen en la toma de decisiones, así como incorporar una aplicación móvil que brinde la oportunidad de tener acceso al sistema desde cualquier punto remoto a través de Internet.

Agradecimientos

Agradecimiento al Instituto Tecnológico Superior de Pánuco y al Tecnológico Nacional de México, por las facilidades y el financiamiento para llevar a cabo las actividades del presente proyecto, así como a los alumnos participantes.

Referencias

[1] I. P. J. N. M. A. M. V. P. A. Perdigones, «Horticom,» 17 Septiembre 2004. [En línea]. Available: http://www.horticom.com/revistasonline/horticultura/rh179/44_49.pdf

[2] J. Becerra, «SENSOR MG811 (CO2) + ARDUINO,» 7 enero 2016. [En línea]. Available: http://blog.hunabsys.com/sensor-mg811-co2-arduino/

[3] A. C. P. G. Daniel Pérez, PHP y MySQL Tecnologías para el desarrollo de aplicaciones web, España: Diaz de Santos

[4] K. Dimitrov, «Arduino Project Hub,» Thermometer with DS18B20, 22 11 2016. [En línea]. Available: https://create.arduino.cc/projecthub/TheGadgetBoy/ds18b20-digital-temperature-sensor-and-arduino9cc806.

[5] G. H. Environment, «http://hidroponia.mx/importancia-de-la-agricultura-en-mexico/,» 26 Septiembre 2015. [En línea].

[6] INEGI, «El sector alimentario en México 2011,» 2011. [En línea]. Available: https://www.inegi.org.mx/app/ biblioteca/ficha.html?upc=702825002429

[7] L. Llamas, «Ingeniería, Informática y Diseño,» Tutoriales Arduino, [En línea]. Available: https://wwwluisllamas.es/arduin-humedad-suelo-fc-28/. [Último acceso: 19 01 2018].

[8] I. N. d. E. y. C. Climático, «Parte II.- Recursos Naturales,» Secretaria de medio ambiente y recursos naturales, [En línea]. Available: http://www2.inecc.gob.mx/publicaciones2/libros/16/parte2.html. [Último acceso: 18 Enero 2018].

Fabricación de un espectrofotómetro-Vis didáctico de bajo costo con Arduino y LabVIEW

A. Diaz Medina[1], A. M. A Romero Perez[2], G Ramírez Dámaso[3], L. R. González González[1], F. V. Caballero Domínguez[2]*

[1]Division de Ing. Química y Bioquímica Tecnológico de Estudios Superiores de Ecatepec, Av. Tecnológico s/n. Col. Valle de Anáhuac C.P. 55210, Ecatepec de Morelos, EDOMEX, México. [2]Carrera de Ingeniería Química, Facultad de Estudios Superiores Zaragoza C. II UNAM, Batalla 5 de mayo s/ n. Ejército de Oriente, C.P. 09320, Iztapalapa CDMX, México.

[3]Escuela Superior de Ingeniería y Arquitectura "Unidad Ticomán" del Instituto Politécnico Nacional, Av. Ticomán 600, San José Ticomán, C. P. 07340, Gustavo A. Madero, CDMX, México.

**aledm128@gmail.com*

***Área de participación**: Ingeniería Eléctrica y Electrónica*

Resumen

Se diseñó y construyó un espectrofotómetro empleando materiales básicos con la finalidad de ser económico y didáctico, siendo una forma atractiva de ver el funcionamiento de dicho equipo, asistido por un Arduino UNO y una interface LabVIEW 2019; este último dando la estructura del software pertinente para la operación del equipo. El espectrofotómetro barre en las longitudes de onda(λ) de 475nm a 630nm utilizando 3 diodos leds (azul, verde y rojo), se emplea como transductor un LDR (resistor dependiente de la luz) en conjunto con su arreglo de condensadores cerámicos y un resistor. La calibración de la potencia de los leds es por potenciómetros. Para la validación del equipo se elaboraron 2 curvas de calibración con cloruro de cobalto y sulfato de cobre. Con los datos obtenidos por los barridos se establecieron las regresiones lineales pertinentes y así se comprobó que la desviación estándar (R) es lo suficientemente satisfactoria.

***Palabras clave**: Espectrofotómetro, Arduino, LabVIEW.*

Abstract

A spectrophotometer was designed and built using basic materials in order to be economical and didactic, being an attractive way to see the equipment operation, aided by an Arduino UNO and a LabVIEW 2019 interface; the latter giving the software structure for the equipment operation. The spectrophotometer sweeps at wavelengths (λ) from 475nm to 630nm using 3 LED diodes (blue, green and red), a LDR transducer (Light Dependent Resistor) in conjunction with its array of ceramic capacitors and a resistor. The calibration of the power of the LEDs is by potentiometers. For the equipment validation, 2 calibration curves of cobalt chloride and copper sulfate were elaborated. With the data obtained by the sweeps, the pertinent linear regressions were established and verified that the standard deviation (R) is sufficiently satisfactory.

***Key words**: Spectrophotometer, Arduino, LabVIEW.*

Introducción

Los espectrofotómetros uv son equipos nobles utilizados en una gran gama de técnicas analíticas las cuales son de mucha ayuda, por ejemplo, la cuantificación de concentración de una muestra, tomando como principio cuánto absorbe la molécula de luz teniendo como resultado que los electrones se posicionen en orbitales de mayor energía provocando una disminución en el haz luz [1].

 ISSN 2007-8102

En la fabricación del espectrofotómetro se parte del principio básico de cómo funciona, teniendo como inicio la fuente de luz, seguido de un colimador o rendija, prosiguiendo con el monocromador o seleccionador de longitud de onda, después pasando ya sea por una segunda rendija o directamente a la muestra y culminando con el detector.

En este trabajo se sustituyen algunas partes como la fuente de luz y colimador, por 3 leds de los siguientes colores: azul, verde y rojo. El Arduino se encarga de modificar los voltajes, y los potenciómetros de afinarlos para cada uno de los diodos leds; así obtenemos los colores de la radiación visible. Las demás partes básicas del espectrofotómetro no se modificaron, todo esto queda dentro de una caja negra para evitar la refracción.

Los datos obtenidos por el detector pasan a un suavizador de voltaje para que después este último sea leído por el puerto análogo del Arduino. Al espectrofotómetro se le dotó de 2 programas: Main y Calibrador. La manipulación de los datos se llevó a cabo en Microsoft Excel para posteriormente calcular la absorbancia y hacer la regresión lineal para validar el funcionamiento del equipo.

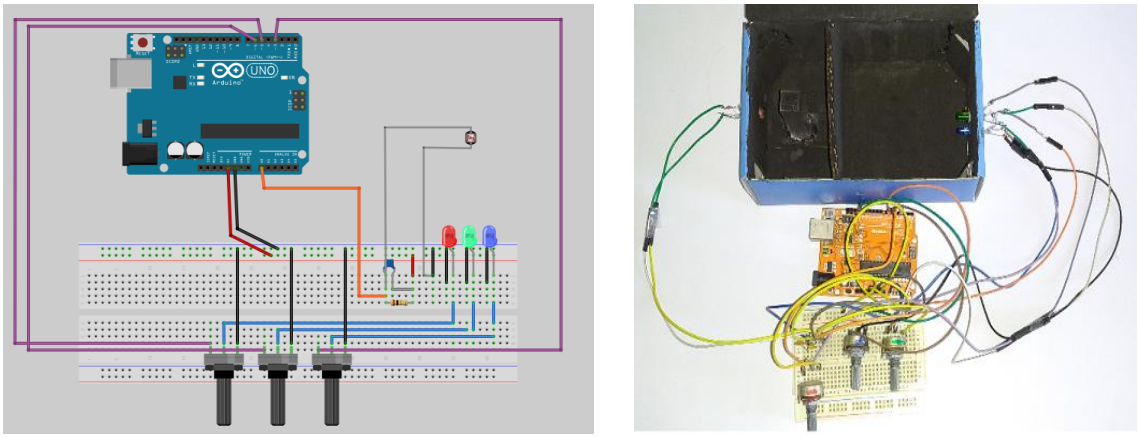
Metodología

Materiales

Espectrofotómetro:1 Arduino UNO, 3 diodos led (azul, verde y rojo), 3 potenciómetros de 500 KΩ, 1 capacitor cerámico de 570 nf, 1 LDR, cables dupont (macho-macho y macho-hembra) y una celda de plástico 12.5 x 12.5 x 45 mm.
Curvas de calibración: Sulfato de cobre pentahidratado de Sigma-Aldrich y cloruro de cobalto hexahidratado de J.T. Baker.

Circuito del espectrofotómetro

Con los materiales para el espectrofotómetro mencionados en la sección anterior, se procede a elaborar el circuito necesario para el funcionamiento del equipo [2]. Para visualizar el circuito de manera ergonómica se emplea el programa Fritzing (figura 1a), el cual sirve de apoyo para la construcción final del espectrofotómetro (figura 1b).



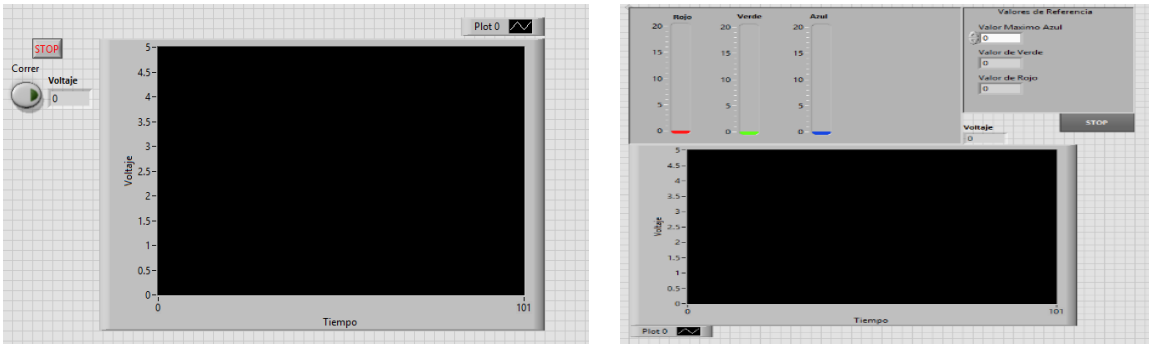
a) b)

Figura 1. Espectrofotómetro. a) Circuito realizado en Fritzing. b) Fotografía del espectrofotómetro construido.

 ISSN 2007-8102

Software

De acuerdo con lo anterior, LabVIEW se utilizó para generar 2 programas principales del equipo los cuales son: Main y Calibrador [3]. Por su parte Main (figura 2a) se usa para realizar el barrido y obtener las lecturas detectadas por el transductor, mientras como su mismo nombre lo indica Calibrador (figura 2b) proporciona la ayuda para tener las intensidades de los leds que van de 0 a 20 pulsos (PWM) ya que en esos pulsos se mantiene lineal el aumento de intensidad de los 3 diodos leds, afinando la calibración con sus respectivos potenciómetros.



a) b)

Figura 2. Software del espectrofotómetro. a) Software Main. b) Software Calibrador

Ensayos

Para los barridos se realizaron 2 curvas de calibración como se muestra en la tabla 1; con esto se estaría esperando un aumento de absorbancia con respecto a mayor concentración. En la figura 3 se muestra una de las series de concentraciones.

Tabla 1. Concentraciones de las curvas con concentración de molaridad.

Especies	Mol/L				
Sulfato de cobre	0.5	1	2	3	4
Cloruro de cobalto	1	2	3	4	5

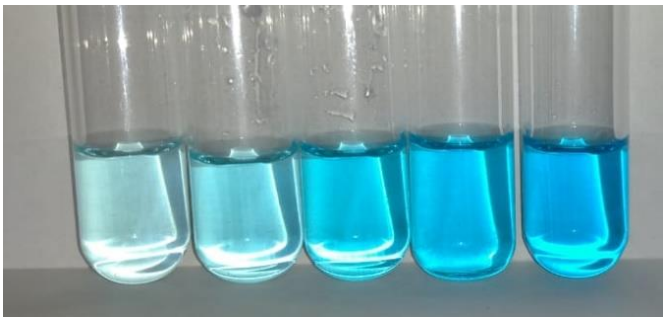


Figura 3. De izquierda a derecha: menor a mayor concentración de sulfato de cobre.

 ISSN 2007-8102

Para hacer los barridos en el espectrofotómetro primero se debe realizar la lectura del blanco (agua) y exportar los datos a la hoja de cálculo. Posteriormente se retira el blanco y se llena la cubeta del equipo con la primera solución. Nuevamente se efectúa la lectura y se exportan los datos obtenidos. Se repite el procedimiento para las demás muestras hasta concluir con la serie.

Cálculo

Se exportan los datos obtenidos del Main a cualquier programa matemático u hoja de cálculo para realizar los cálculos correspondientes:

1. Tomando como valor inicial I_o el blanco e I los valores obtenidos por las muestras para calcular la absorbancia.

$$Abs = -Log\left(\frac{I_o}{I}\right) \quad (1)$$

2. Usando la ecuación de la recta y sustituyendo $y = Abs$ y $x = [c]$; donde [c] es la concentración.

$$Abs = m[c] + b \quad (2)$$

Resultados y discusión

Gráficas y Regresiones lineales

De acuerdo con la literatura se espera en las gráficas picos en donde la absorbancia es mayor y valles en donde es menor, en conjunto a ello el aumento de absorbancia. Los resultados obtenidos muestran esa misma tendencia. En la figura 4 y 5 se aprecian los barridos de las 2 especies utilizadas.

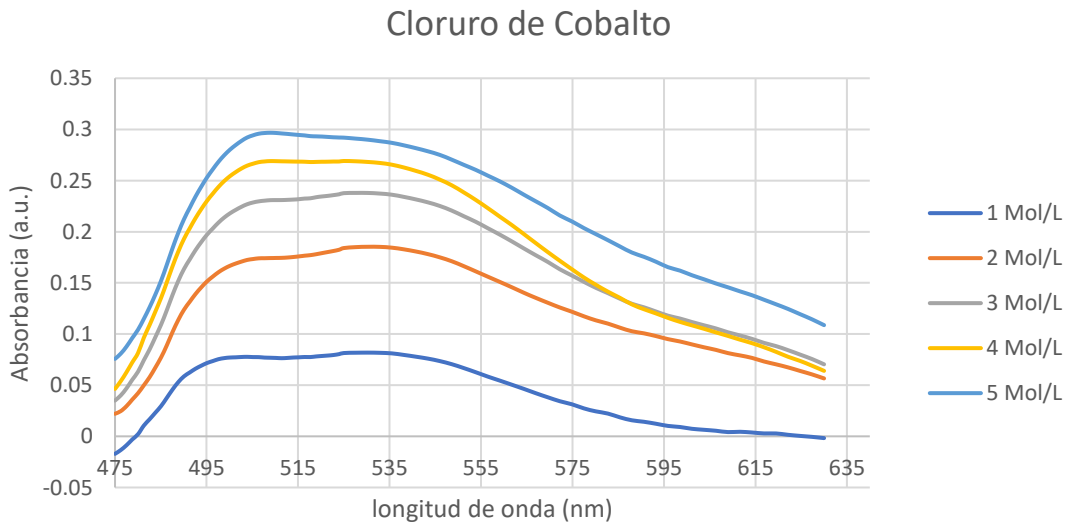


Figura 4. Gráfica de barridos de cloruro de cobalto, se aprecia el aumento de absorbancia con respecto a la concentración.

 ISSN 2007-8102

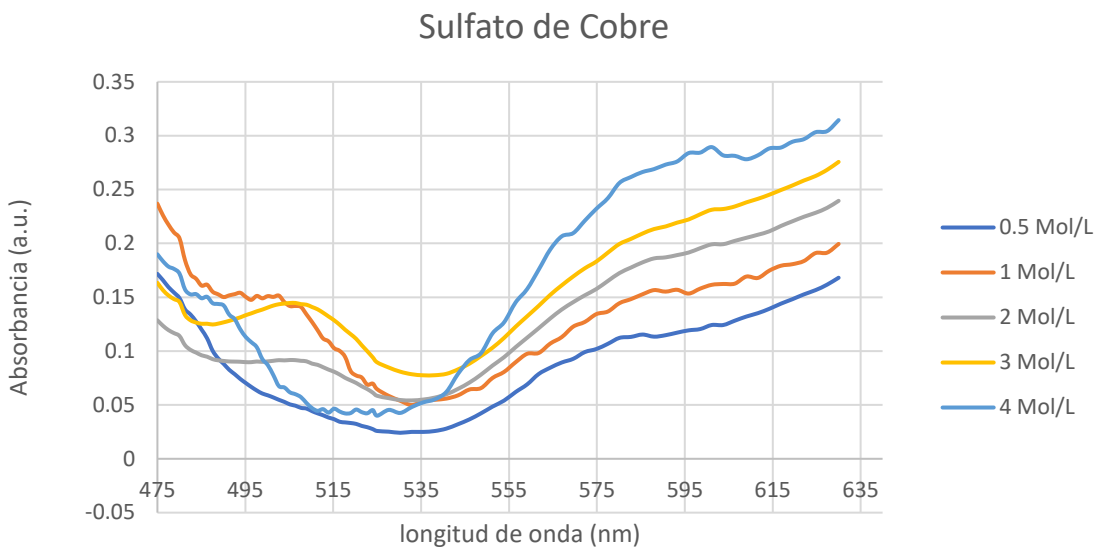


Figura 5. Gráfica de barridos de sulfato de cobre.

Viendo las gráficas a simple vista se puede determinar fácilmente en qué parte la absorbancia es mayor y en qué tiempo, o longitud de onda, se da. En la siguiente tabla se muestran los datos ya extraídos.

Tabla 2. Absorbancias obtenidas con respecto a la longitud de onda seleccionado.

Cloruro de Cobalto		Sulfato de Cobre	
Longitud de onda = 500 nm		Longitud de onda = 600 nm	
Mol/L	Absorbancia (a.u.)	Mol/L	Absorbancia (a.u.)
1	0.077	0.5	0.124
2	0.174	1	0.161
3	0.229	2	0.199
4	0.267	3	0.231
5	0.295	4	0.289

Con los datos de la tabla 2 se obtienen las regresiones lineales y varianzas de las soluciones de cloruro de cobalto y sulfato de cobre, visualizadas en las figuras 6 y 7 respectivamente.

 ISSN 2007-8102

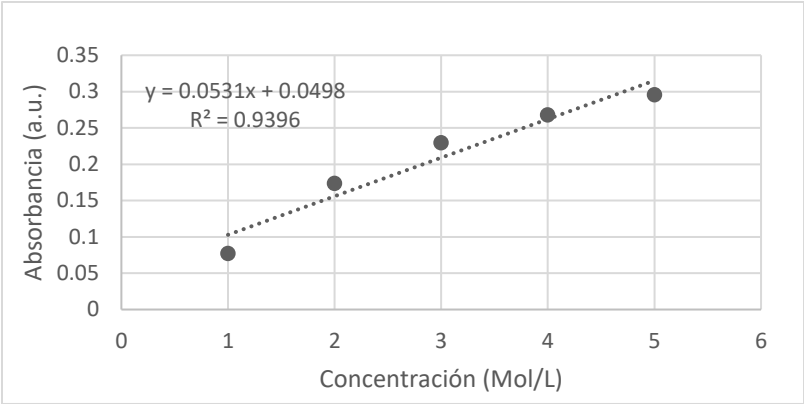


Figura 6. Regresión lineal del cloruro de cobalto

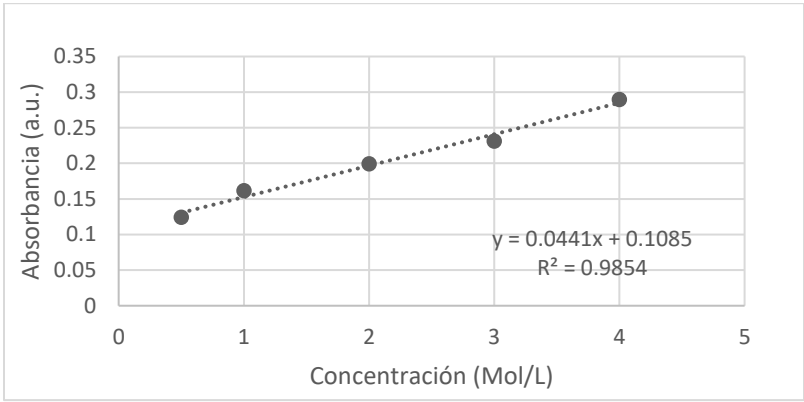


Figura 7. Regresión lineal del sulfato de cobre.

Como referencia a los barridos de las 2 especies se realizaron en el equipo UV-3101PC (UV-VIS-NIR SCANNING SPECTROPHOTOMETER) de la compañía SHIMADZU.

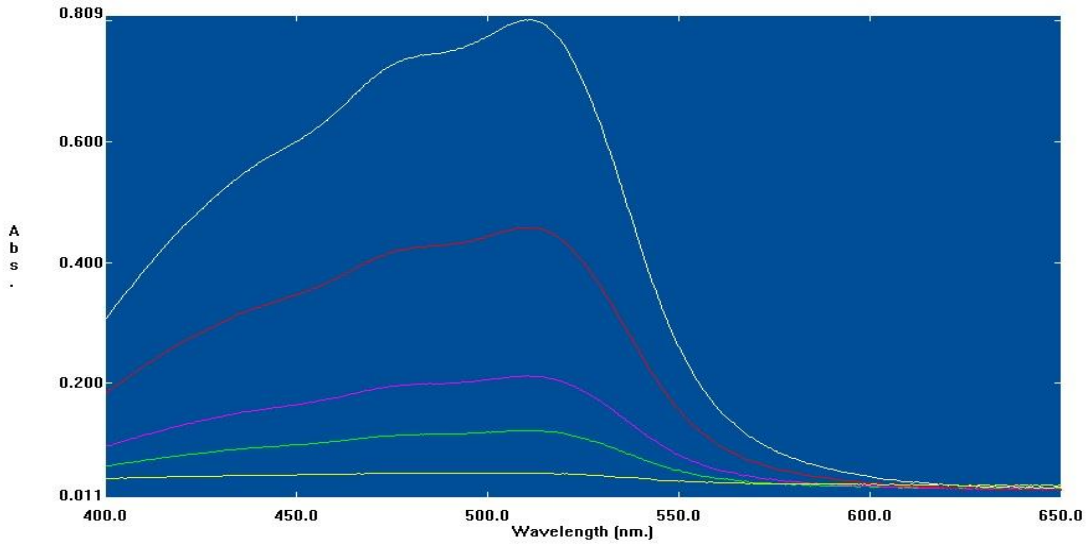


Figura 8. Barridos de Cloruro de cobalto con concentraciones de 0.1, 0.2, 0.3, 0.4 y 0.5 M.

 ISSN 2007-8102

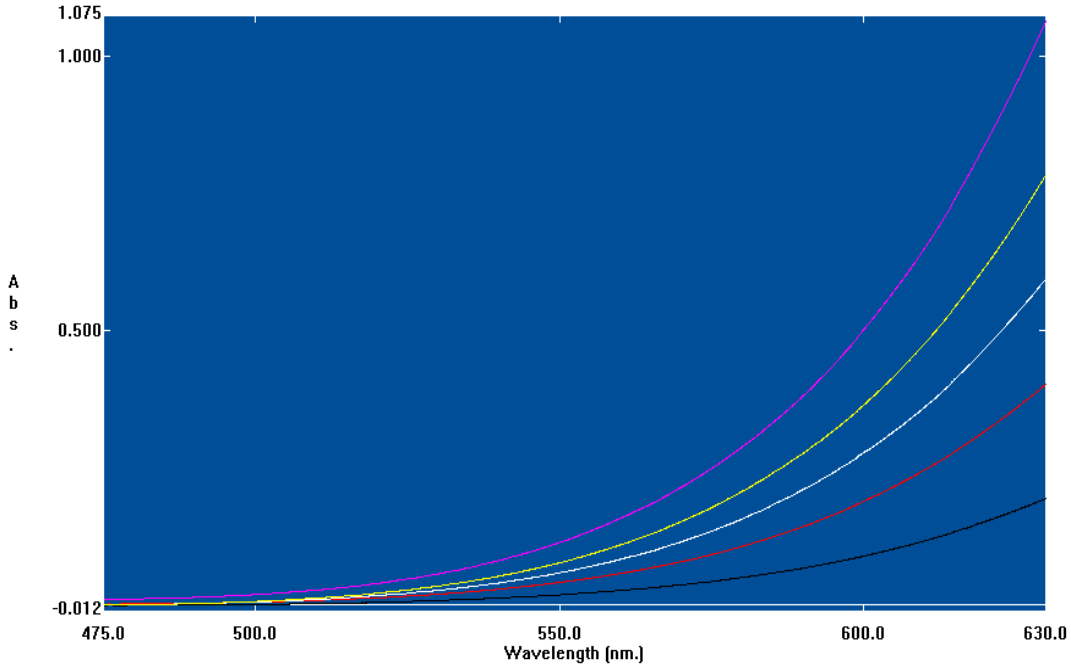


Figura 9. Barridos de Sulfato de cobre con concentraciones de 0.1, 0.2, 0.3, 0.4 y 0.5 M.

Trabajo a futuro

Con la base del espectrofotómetro construido se procederá a optimizar el sistema de selección de longitud de onda y se agregarán más funciones a los 2 programas (Main y Calibrador), con la finalidad de contar con un equipo de mayor precisión, sin descuidar los objetivos principales de éste: bajo costo y didáctico.

Conclusiones

Siendo un equipo didáctico y de bajo costo de aproximadamente (15 a 20 dólares) obtuvimos resultados satisfactorios, ya que en las gráficas de barridos observamos como al cambiar de especie se modifica la absorción en diferentes longitudes de ondas o tiempo. En las regresiones es donde vemos si realmente la curva es válida o no, cosa que en las 2 se registra una desviación estándar de 0.9693 para el cloruro de cobalto y de 0.9926 para el sulfato de cobre. Esto valida las curvas de calibración y al equipo para poder determinar una alícuota con una concentración desconocida.

Agradecimientos

Se agradece la participación de los autores en este trabajo en conjunto con la Facultad De Estudios Superiores Zaragoza y el Tecnológico De Estudios Superiores De Ecatepec.

Francisco Caballero agradece el financiamiento para el presente trabajo, mediante el apoyo del Programa UNAM-DGAPA-PAPIIT TA100919.

 ISSN 2007-8102

Referencias

[1] D. C. HARRIS, Análisis químico cuantitativo, Barcelona - España: REVERTÉ, 2016.

[2] Ó. TORRENTE ARTERO, Arduino. Curso práctico de formación, México D.F.: Alfaomega, 2013.

[3] J. DEL RIO, A. M. LÁZARO, S. SHARIAT-PANAHI y D. SARRIÁ, LABVIEW - PROGRAMACION PARA SISTEMAS DE INSTRUMENTACION, México D.F: Alfaomega, Garceta, 2013.

Diseño de sistema IoT para notificaciones electrodigitales en procesos manufactureros en Confección Unión, Teziutlán, Puebla.

Y. Marín Lombard[1]. A. Pérez López[2], H. Vicenteño Rivera[2]*
[1]Academia de Ingeniería Informática, Instituto Tecnológico Superior de Teziutlán, Fracción I y II S/N Aire Libre C P. 73960, Teziutlán, Puebla, México.
[2]Cuerpo Académico Calidad y Mejora Continua en Servicios Tecnológicos. Instituto Tecnológico Superior de Teziutlán, Sección I y II S/N Aire Libre C.P. 73960, Teziutlán, Puebla, México
**yasser.ml@teziutlan.tecnm.mx*
***Área de participación**: Ingeniería Eléctrica y Electrónica*

Resumen

El presente artículo da a conocer el diseño de un sistema en red con tecnología de IoT y un dispositivo electrónico para realizar el monitoreo de fallos de las prendas de vestir, en la línea de producción de Confección Unión, S.A. de C.V. de Teziutlán, el sistema consistirá de un semáforo que se controlará por medio de Arduino UNO, adicionalmente con el uso de un shield de expansión se le dotará la conectividad a una red LAN o WLAN, que emitirá notificaciones visuales y/o auditivas, lo que permitirá al personal responsable identificar de forma ágil fallos en la línea de producción, reduciendo los índices de defectos en las prendas de vestir, al tiempo que se acotarán los tiempos de monitoreo por parte de los auditores de calidad, agilizando con ello, todos los procesos dependientes de producción general, que impactan en las demás áreas de la empresa.

***Palabras clave**: Internet, notificación, textil, sistema*

Abstract

This article discloses the design of a networked system with IoT technology and an electronic device to monitor garments failures in the production line of Confección Unión, S.A. de C.V. from Teziutlán, the system will consist of a semaphore that will be controlled by means of Arduino UNO, additionally with the use of an expansion shield, connectivity to a LAN or WLAN network will be provided, which will issue visual and / or auditory notifications, which It will allow responsible personnel to quickly identify failures in the production line, reducing the rates of defects in clothing, while reducing monitoring times by quality auditors, thus speeding up all processes. dependent on general production, which impact other areas of the company.

***Key words**: Internet, notification, textile, system*

Introducción

La Industria textil y de la confección aportó 3.2% del PIB de las industrias manufactureras y ocupó la décima posición entre las actividades económicas manufactureras más importantes en el año 2019. Diez entidades federativas concentraron 85.7% de la producción de la Industria textil y 78.9% de la Industria de la confección [1].

En una visión actual, la industria textil mexicana se congela por la caída de la demanda de Estados Unidos. Según la Cámara Nacional de la Industria del Vestido (Canaive), las empresas del sector registran caídas de ventas de entre el 70% y el 80% en la semana en curso respecto a los siete días anteriores por la crisis del coronavirus. Las previsiones de la entidad pasan por que la situación se

arrastre hasta el conjunto de 2020, pues “la mayoría de las plantas cerrará o empezará a implementar paros técnicos en sus operaciones debido a la falta de liquidez” [2].

La industria textil de México se está adaptando a muchos cambios temporales con la pandemia de Covid-19. Con la escasez de materias primas de países asiáticos, específicamente de China (fibras, hilos, filamentos con más contenido de poliéster que algodón, prendas de vestir y telas), los fabricantes mexicanos han aumentado el consumo local de materias primas, especialmente telas y ropa. Las plantas mexicanas también han estado exportando máscaras faciales, batas para médicos y enfermeras y otros textiles médicos a China y otros países de Asia en cantidades cada vez mayores. Debido a esta demanda, las fábricas textiles han estado contratando más personal para cubrir esta mayor demanda de producción [3].

La sector manufacturero textil se ha visto fuertemente beneficiado con la aparición de lo que se conoce como Industria 4.0, ésta a su vez es ampliamente respaldada por los sistemas ciber-físicos, que no son otra cosa que mecanismos controlados a través de algoritmos computacionales y estrechamente vinculados con Internet, con el firme propósito de dotarlo de una inteligencia propia, pero la innovación no para ahí, pues dentro de los ejes que se manejan en la Industria 4.0 se encuentra el ya famoso termino Internet de las cosas o como se le denomina en inglés Internet of Things, (IoT); entonces si ese término es trasladado al entorno industrial, el concepto se ve complementado por una serie de características que dan al IoT una nueva funcionalidad, surgiendo lo que se maneja como IIoT o el Internet Industrial de las cosas [4]. McKinsey Global Institute [5], citado por [6], menciona que la complejidad tecnológica en estos tiempos, ha permitido optimizar los procesos, pero a la vez ha dado paso a disrupciones en la cadena de valor, la extensión de nuevos sectores y modelos de negocios, por lo anterior el internet industrial enlaza al ámbito digital con el de las máquinas, fusionando los procedimientos industriales con el avance de la tecnología computacional y de comunicaciones, proporcionando la flexibilidad para la obtención de grandes cantidades de datos por medio de maquinaria.

Con base en el sustento anterior y en la experiencia del sistema desarrollado para la maquiladora CONFETEX, de la ciudad de Teziutlán, Puebla, se analizó la forma de trabajo de Confección Unión, encontrando que sus procesos responden al tipo de prendas que confeccionan, por lo que no se tienen líneas de producción definidas, sino áreas donde se concentran los equipos de trabajo (en adelante, bahías); por lo que la solución propuesta para el sistema de notificaciones consistirá en un sistema web electromecánico, con indicadores luminosos a 120 VAC, en forma de semáforo simple, con dos colores (verde y rojo), que serán activados por medio de botones en áreas específicas de las bahías. Estos generarán una petición web a dos sistemas configurados como servers: uno que activará un módulo de relevadores con un C.I. 74HC595 (Registro SIPO de 8 bits), que permitirá el encendido y apagado de los indicadores, y otro que refleja la bahía que presenta problemas en un panel colocado en el área de mantenimiento.

Así la notificación ante problemas en la producción o bien algún percance, será observable desde cualquier parte en el edificio y así podrá contribuir a la optimización de los procesos de producción del pantalón y mantenimiento de la maquinaria afectada, logrando una mayor eficiencia, a través de la reducción de pérdida de tiempos tanto en la detección de fallas mecánicas como en la resolución de las mismas

Metodología V

Para establecer cada uno de los elementos que conformarán el diseño destinado a Confección Unión, se tomó como base la metodología V (figura 1), que es mayormente utilizada en proyectos electrónicos o de automatización, rescatando las etapas más significativas para la finalidad de la primera fase de este proyecto. Es de importancia dar definición y seguimiento a los procesos en una empresa o proyecto, para así garantizar su éxito. [7], [8]. Las fases principales en las que este modelo se fundamenta son las siguientes:

 ISSN 2007-8102

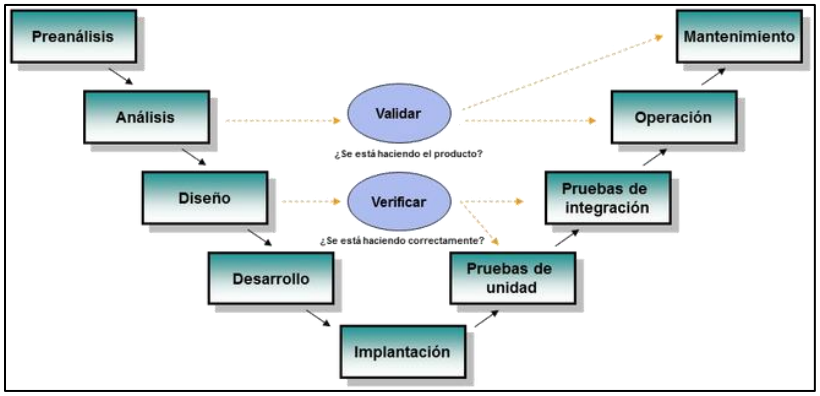


Figura 1. Metodología V

Fase 1. Preanálisis (visita a las instalaciones)

Para conocer los procesos de Confección Unión se realizaron una serie de visitas a una de las dos áreas de producción, en la cual se manufacturan diversos elementos, principalmente pantalón de mezclilla. Se efectuó una revisión a los espacios, la maquinaria y los procesos en general, junto con los supervisores de área y los responsables de la producción. Lo que se detectó fue la ausencia de líneas de producción establecidas, debido a que lo que se produce cambia constantemente y depende de las órdenes y del material suministrado. Tanto las herramientas de trabajo, el mobiliario y los expertos en la manufactura se mantienen en constante movimiento (Figura 2).

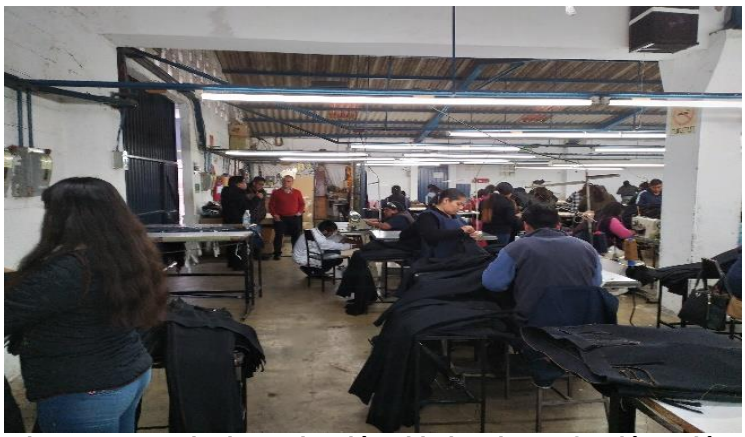


Figura 2: Espacio de producción objetivo de Confección Unión S.A. de C.V.

Fase 2. Análisis (espacios, infraestructura y procesos)

El problema principal es la pérdida de tiempo al momento de notificar alguna falla en la maquinaria, lo que afecta de manera directa a las metas de producción establecidas, lo que podría producir bajo desempeño de la empresa. para supervisar el correcto flujo de producción existen revisores, cuya labor es verificar que todo esté en orden y notificar al área de mantenimiento la presencia de algún desperfecto en los equipos o errores en la producción.

La instalación consta de un área rectangular, con tres columnas equidistantes al centro de la misma. Las bahías ocupan aproximadamente un 85% del espacio y se ubican principalmente en el área central. Las bahías principales se encuentran en el extremo derecho del área, formando una “L”. Para el suministro eléctrico, se disponen de 18 travesaños equidistantes y suspendidos del sueño a

una altura aproximada de 2 metros, y cuentan con líneas y contactos de corriente alterna del orden de 220 VAC, como puede apreciarse en la Figura 3.



Figura 3: Instalaciones eléctricas y área de bahías del área de producción

Requisitos del sistema y arquitectura del sistema propuesto

Tras las visitas efectuadas, los recorridos hechos a las bahías, y tras los acuerdos y peticiones solicitadas por parte de los encargados del mantenimiento y de producción, se especifican los siguientes requisitos para el sistema:

- El sistema de notificaciones será visual y sonora, por medio de elementos que funcionen con corriente alterna, aprovechando el cableado de los travesaños del área.
- Es menester contar con una red inalámbrica y por ethernet para conectar los dispositivos en una red LAN, con un router inalámbrico y un switch de expansión. Con esto, para que la respuesta de los dispositivos sea rápida.
- El router inalámbrico sólo dará acceso a los dispositivos registrados para su uso (tarjetas, equipos de cómputo y/o dispositivos móviles) para evitar que los operarios tengan acceso a la red y consuman el número de direcciones IP disponibles.
- Se debe notificar al área de soporte técnico si alguna situación ocurre dentro de cualquier bahía. Este tendrá control sobre los indicadores desde su área
- Los revisores y los operarios deben tener la posibilidad de activar alguna alarma si ocurre algún desperfecto en algún equipo o error en la producción, en forma mecánica.
- Los revisores tendrán acceso a la red inalámbrica para activar o desactivar directamente los indicadores de alarma o desperfecto.
- Se debe brindar posibilidades de expansión, en el caso de que la empresa decida o requiera habilitar bahías adicionales.

Fase 3. Diseño (diagramas de flujo)

La arquitectura del sistema propuesto, en su fase inicial, se muestra en la Figura 4. El control del encendido de los indicadores luminosos estará a cargo del Server 1, el cual tendrá conexión a una red LAN por medio de un router inalámbrico, que le suministrará una dirección IP única (al igual que los demás elementos). Existirán tres formas para activar estos indicadores: por medio de una botonera en el área de bahías, cuyas señales se registran en el Cliente A, que generará una petición al server 1, o bien mediante su acceso directo a su IP por medio de un equipo de cómputo o móvil por parte de los revisores y, por último, desde el área de mantenimiento. De manera normal, todos los indicadores estarán en color verde, indicando que todo trabaja normalmente. En caso de activación se pasará a color rojo. Al activarse cualquiera de estos, el Server 1 mandará un pulso digital al Cliente B, el cual generará una petición al Server 2, el cual estará alojado en el área de mantenimiento. Este activará, en un panel de notificaciones, la bahía que haya reportado algún

 ISSN 2007-8102

problema, para que se atienda directamente. Dentro de esta área, se cuenta con el Cliente C, el cual también lleva una botonera. Al presionar alguno de ellos, asociado también a cada bahía, se devolverán los indicadores luminosos a su estado normal.

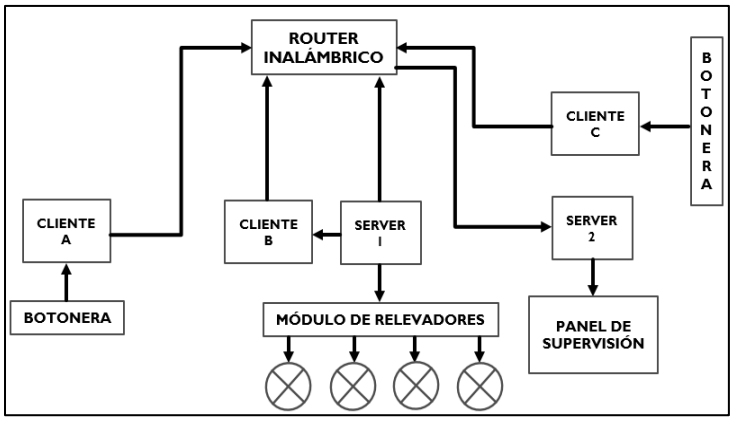


Figura 4: Arquitectura propuesta para el sistema de notificación de fallas

Resultados y discusión

El sistema de alarma visual que se propone retoma parte del prototipo planteado para CONFETEX S.A. de C.V. [9], aunque con modificaciones sustanciales para respetar la arquitectura planteada.

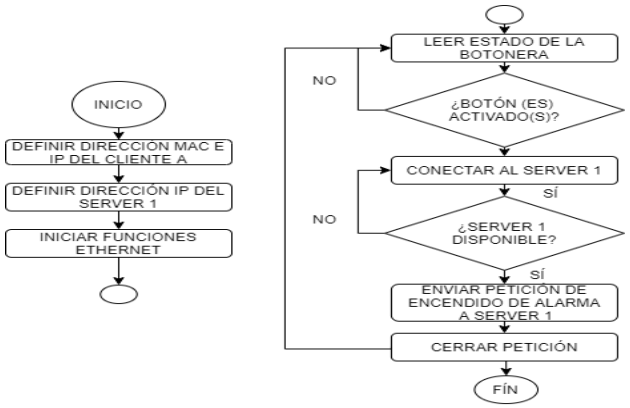


Figura 5: Diagrama de flujo de funciones del Cliente A (Área de bahías)

La Figura 5 hace referencia al diagrama de flujo del cliente A. Se hará uso de una Arduino UNO con el shield de expansión W5100 (presente en clientes y servers), cuatro botones de tipo industrial conectados en configuración Pull-Down a un C.I. ULN2003, el cual enviará las señales digitales a la tarjeta cliente del área de bahías. Al recibir alguna de ellas, mandará una petición de red al Server 1 para cambiar de verde a rojo, indicando un fallo en alguna de las cuatro bahías.

 ISSN 2007-8102

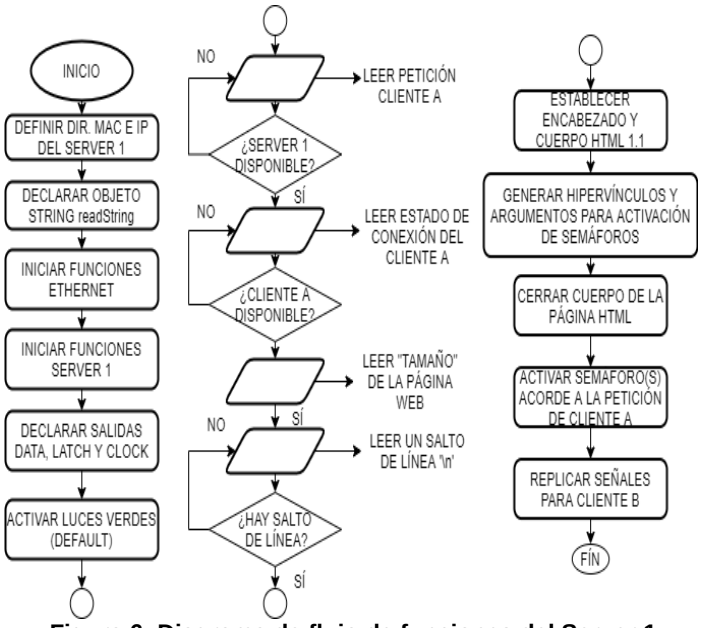


Figura 6: Diagrama de flujo de funciones del Server 1 (Área de bahías)

El Server 1 configurará y mandará datos a dos C.I. 74HC595, que son registros de desplazamiento de 8 bits, apreciables en su conjunto en la Figura 6. Uno de ellos mandará las señales digitales para activar o desactivar los indicadores luminosos, por medio de un módulo de relevadores. El segundo, mostrado en la Figura 7 replicará las señales del primero para que el Cliente B mande las peticiones del Server 2, el cual estará en el área de mantenimiento.

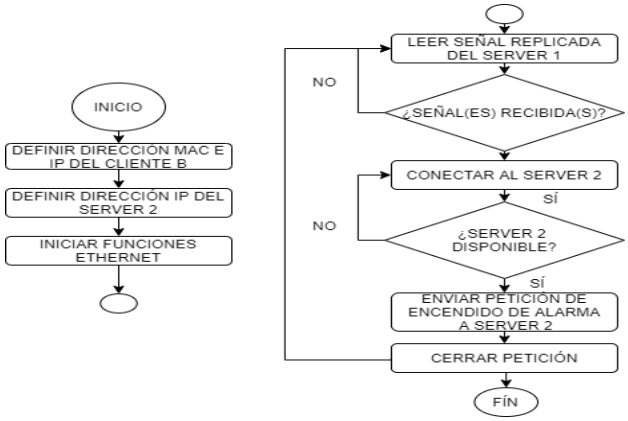


Figura 7: Diagrama de flujo de funciones del Cliente B (Área de bahías)

El Server 2, indicado en la figura 8 en el área de mantenimiento del edificio, se encargará de activar en un panel de visualización de las bahías activas, representadas cada una por un led. A su vez contiene un buzzer para informar ante la presencia de algún desperfecto indicado por un operario o bien de un revisor.

 ISSN 2007-8102

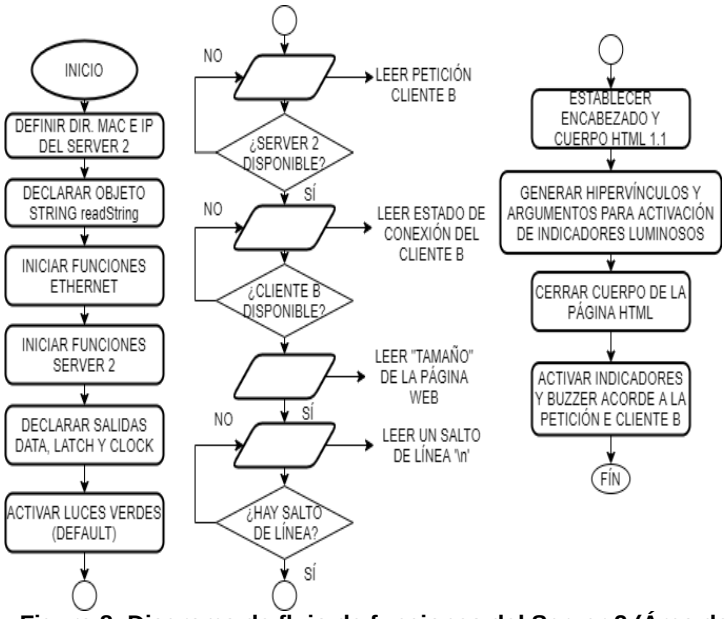


Figura 8: Diagrama de flujo de funciones del Server 2 (Área de mantenimiento)

Finalmente, el Cliente C, mostrado en la Figura 9 tiene asociado una botonera, por medio de la cual, cualquier persona de soporte técnico puede devolver a su estado original cualquier bahía.

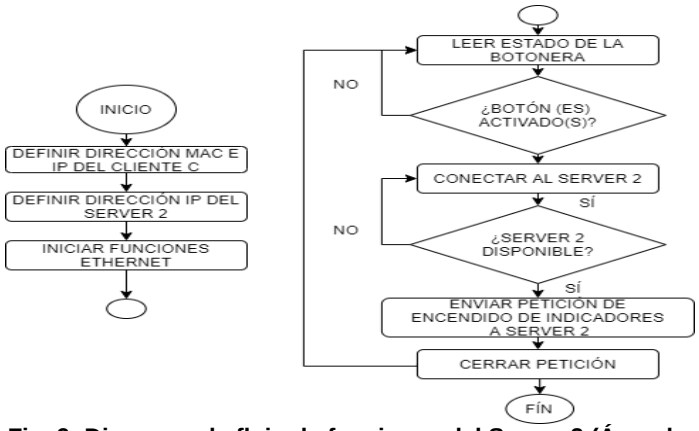


Fig. 9: Diagrama de flujo de funciones del Server 2 (Área de mantenimiento)

Trabajo a futuro

Por cuestiones de la contingencia ante el contexto del COVID-19, las etapas a cubrir son preanálisis, análisis de requerimientos, y diseño, las etapas posteriores se desarrollarán como trabajo a futuro. Una vez que sea seguro volver a las instalaciones de Confección Unión, se tomarán medidas para conocer los tendidos de red, la instalación de los equipos de ruteo inalámbrico, y la programación del sistema por etapas, para probar el correcto funcionamiento de cada una de las partes, ajustar tiempos de respuesta, y los requerimientos de las señales provenientes de los botones, principalmente. Una vez integrado en sistema se podrá pasar a la etapa de implantación, para efectuar nuevamente pruebas de funcionamiento, ajustes a la lógica en caso de ser necesario, y hacer iteraciones para establecer si el sistema en su conjunto resuelve el problema de los tiempos muertos ante percances o errores en la producción.

Conclusiones

El realizar el diseño de sistema IoT para notificaciones electrodigitales en procesos manufactureros para Confección Unión, S. A. de C.V., es uno de muchos esfuerzos tanto de profesores investigadores como de estudiantes de la región de Teziutlán, Puebla, para el desarrollo y la mejora de los procesos industriales y de manufactura, puesto que la derrama económica del municipio se concentra principalmente en estas actividades económicas. Se considera un proyecto factible y de gran utilidad incluso para otras empresas del ramo, en virtud de que muchas de ellas se establecen en espacios pequeños y no cuentan con líneas de producción formalmente establecidas. A su vez, el sistema es un reflejo de un proceso ordenado de análisis de requerimientos y de procedimientos para pruebas de implementación, al tiempo que es de carácter multidisciplinario, finalidad que se persigue actualmente en el ámbito educativo por medio de la implementación de metodologías activas, y en el campo laboral, estas habilidades son sumamente valoradas, puesto que representan la capacidad de los trabajadores para integrarse a equipos de trabajo, organización, inventiva y compromiso.

Agradecimientos

Los autores agradecen el apoyo a Confección Unión S.A. de C.V. las facilidades para trabajar y orientar las acciones requeridas para este proyecto.

Referencias

[1] INEGI, «INEGI,» 05 Mayo 2020. [En línea]. Available: https://www.inegi.org.mx/contenidos/saladeprensa/boletines/2020/OtrTemEcon/Indtiatextil2020.pdf. [Último acceso: 2020 13 Julio].

[2] Modaes, «modaes.es,» 31 Marzo 2020. [En línea]. Available: https://www.modaes.com/entorno/el-textil-mexicano-registra-caidas-de-hasta-el-80-por-el-paron-de-la-demanda-de-eeuu.html. [Último acceso: 15 Mayo 2020].

[3] Textiles Panamericanos, «Textiles Panamericanos,» 31 Marzo 20. [En línea]. Available: https://textilespanamericanos.com/textiles-panamericanos/2020/03/industria-textil-mexicana-frente-al-covid-19/. [Último acceso: 15 Mayo 2020].

[4] Grupo Garuta IT Solutions, «Grupo Garuta,» Grupo Garuta, 01 Abril 2017. [En línea]. Available: https://grupogaratu.com/que-son-sistemas-ciber-fisicos-cps/. [Último acceso: 11 junio 2020].

[5] M. G. INSTITUTE, «UN FUTURO QUE FUNCIONA: AUTOMATIZACIÓN, EMPLEO Y PRODUCTIVIDAD,» McKinsey & Company, Amsterdan, 2017.

[6] M. Casalet, La digitalización industrial, un camino hacia la gobernanza colaborativa, Santiago: CEPAL, 2018.

[7] J. Cervantes Ojeda y M. D. C. Gómez Fuentes, «Taxonomía de los modelos y metodologías de desarrollo de software más utilizad,» *Universidades,* nº 52, pp. 37-47, 2012.

[8] A. Weitzenfeld Ridel y S. Guardati Buem, «Dr. ALFREDO WEITZENFELD,» 07 Octubre 2007. [En línea]. Available: https://weitzenfeld.robolat.org/wp-content/uploads/2015/01/WeitzenfeldGuardatiComputacion2008.pdf. [Último acceso: 29 Julio 2020].

[9] Y. Marín Lombard, A. Pérez López y H. Vicenteño Rivera, «Sistema de monitoreo visual para el área de producción de maquiladora CONFETEX por red local,» *Coloquio de Investigación Multidisciplinaria,* vol. 7, nº 1, pp. 513-520, 2019.

Estudio del transitorio electromagnético de un GS aplicando la transformada de Laplace

J. L. Arizpe Islas[1*], N. F. García Benítez[1], A. Y. Mayorga Anaya[1], F. Candia García
[1]*Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica, Universidad Autónoma de Nuevo León.*
San Nicolás de los Garza, N. L., México.
* JORGE.ARIZPEISL@uanl.edu.mx
Área de participación: Ingeniería Eléctrica y Electrónica

Resumen
En este documento se presenta el uso de la Transformada de Laplace, para el análisis del transitorio de energización de circuito eléctrico que representa en forma general de un generador síncrono (GS).

Se pretende analizar el comportamiento de la corriente eléctrica que pasa a través del embobinado durante la energización y encontrar la ecuación que representa la solución operativa. Así como, analizar el comportamiento de un generador síncrono al ocurrir una falla trifásica en terminales, bajo diferentes condiciones de operación.

Palabras clave
Transitorio electromagnético, energización, generador síncrono

Abstract
In this document presents the use of Laplace Transform, to transitory energization analysis in electrical circuit that generally represents from a synchronous generator (SG).

It is intended to analyze the electricity behavior passing through winding during energization and find the equation that represents the operative solution. Also, analyze the synchronous generator behavior upon triphasic failure in terminals, under different operational conditions.

Keywords
Electromagnetic transitory, energization, synchronous generator.

Introducción
Un transitorio electromagnético se puede presentar al energizar o des_energizar un circuito eléctrico RL y debido a su corta duración no es posible analizar este fenómeno con ecuaciones de estado estable.

Se utiliza un circuito eléctrico RL como modelo eléctrico simplificado de máquina síncrona para analizar el comportamiento de la corriente eléctrica que pasa a través del embobinado durante la energización y encontrar la ecuación que representa la solución operativa.

Metodología
Al aplicar la transformada de Laplace [1] a los términos de las ecuaciones diferenciales ordinarias dependientes del tiempo las convierte en ecuaciones algebraicas. Es decir, al hacer esto las variables en el dominio del tiempo (t) desaparecen y se introduce una variable en el dominio de Laplace (s).

La transformada de Laplace de una función $f(t)$ se define matematicámente de la siguiente manera:

$$\mathscr{L} f(t)\mathrm{e}^{-st} = \int_0^{\infty} f(t)e^{-st}\,dt$$

Donde:
$s = \sigma + j_w$

 ISSN 2007-8102

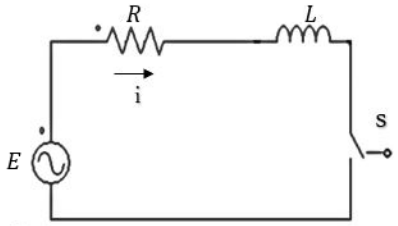


Figura 1. Modelo eléctrico simplificado de una maquina síncrona

Ejemplos;

Considerar que se tiene una fuente de voltaje constante v en el dominio del tiempo y se desea obtener la representación de la fuente en el dominio de Laplace $V(s)$:

$$v(t) = k$$

Donde:

$k = \text{cte}$

$$\therefore \quad \mathscr{L}\, v(\mathrm{t}) = \int_0^\infty \mathrm{k e^{-st} dt}$$

$$\mathscr{L}\, v(\mathrm{t}) = \mathrm{k} \int_0^\infty \mathrm{e^{-st} dt}$$

$$V(s) = \frac{k}{s}$$

Ahora bien, se tiene una función diferencial en el dominio del tiempo y se desea obtener la representación en el dominio de Laplace:

Por definición:

$$\mathscr{L}\,[f'(t)] = \int_0^\infty f'(t) e^{-st}\, dt$$

utilizando la siguiente expresión:

$$\int uv' = uv - \int u'v$$

Donde:

$u = e^{-st}$ $\quad v' = f'(t)$

$u' = -s(e^{-st})$ $\quad v = f(t)$

$$\therefore \mathscr{L}\,[f'(t)] = [e^{-st} f(t)] + \int_0^\infty f(t) s\, e^{-st} dt$$

$$\mathscr{L}[f'(t)] = [e^{-st} f(t)] + s \int_0^\infty f(t)\, e^{-st} dt$$

Donde:

$\mathscr{L}\,[f(t)] = \mathscr{L}\, f(t) e^{-st} dt$

De esta manera se obtiene:

$$\mathscr{L}\,[f'(t)] = [0 - f(t=0)] + s\mathscr{L}\,[f(t)]$$

$$\mathscr{L}\,[f'(t)] = -f(t=0) + s\mathscr{L}\,[f(t)]$$

$$\mathscr{L}[f'(t)] = s\mathscr{L}\,[f(t)] - f(0)$$

$$\mathscr{L}[f'(t)] = sF(s) - f(0)$$

Además, se debe observar que a la transformada de Laplace se aplica la Ley distributiva, es decir, que es la transformación de una suma es la suma de la transformación de las partes como se muestra en la siguiente expresión:

$$\mathscr{L}[f_1(t) + f_2(t)] = \mathscr{L}\, f_1(t) + \mathscr{L} f_2(t)$$

Resultados y discusión

Para el modelo eléctrico simplificado de una máquina síncrona mostrado en la Figura 1, determinar la expresión y la gráfica de la corriente eléctrica en el momento de cerrar el interruptor ‘’s’’.

Considere $E = V_m\, sen(\omega t + \propto)$

Obtener y analizar la respuesta para los siguientes valores de $\propto$ en t=0;

a) $\propto = tan^{-1}\left(\frac{\omega L}{R}\right)$

b) $\propto = tan^{-1}\left(\frac{\omega L}{R}\right) + \pi/2$

c) $\propto = tan^{-1}\left(\frac{\omega L}{R}\right) - \pi/2$

Con base a lo anterior concluir acerca del comportamiento de un GS al ocurrir una falla trifásica en terminales.

La condición más severa que puede suceder en un GS es la situación en donde repentinamente las tres terminales son puestas en corto circuito, cabe mencionar que en un Sistema Eléctrico de Potencia (SEP) a esta condición se denomina falla eléctrica.

Aplicando la LVK al circuito mostrado en el modelo eléctrico simplificado de una máquina síncrona mostrado en la Figura 1, se obtiene la siguiente expresión.

$$E = e + V_L$$

Donde:

$e = Ri$

$V_L = L\frac{di}{dt}$

$E = V_m\, sen(\omega t + \propto)$

$$\therefore E = Ri + L\frac{di}{dt}$$

Al cerrar el interruptor ‘’s’’

Si

$sen\,(\phi + \beta) = sen\,\phi\, cos\,\beta + cos\,\phi\, sen\,\beta$

$$\therefore E = V_m\,[sen\,(\omega t)\, cos\,(\propto) + cos\,(\omega t)\, sen\,(\propto)]$$

Al aplicar la transformada de Laplace a esta expresión

$$V_m\left[\frac{\omega\, cos\, \propto}{s^2 + \omega^2} + \frac{s\, sen\, \propto}{s^2 + \omega^2}\right] = RI(s) + L[sI(s) - I(0)]$$

$$I(s) = \frac{V_m}{L}\left[\frac{V_m}{\mathrm{L}} + \omega \cos\,(\propto)\right]\left[\frac{1}{(s + R/L)\,(s^2 + \omega^2)}\right] + \left[\frac{V_m}{\mathrm{L}} + sen\,(\propto)\right]\left[\frac{s}{(s + R/L)\,(s^2 + \omega^2)}\right]$$

Si

$A = \frac{V_m}{L}\,\omega\, cos\,(\propto)$; $B = \frac{V_m}{L}\, sen\,(\propto)$; $C = R/L$

$$I(s) = \underbrace{\frac{1}{(C + s)\,(s^2 + \omega^2)}}_{X}.A + \underbrace{\frac{s}{(C + s)\,(s^2 + \omega^2)}}_{Y}.B$$

 ISSN 2007-8102

Si se aplica la anti transformada de Laplace a esta expresión

$$\frac{1}{(C\ +\ s)\,(\,s^2+\ \omega^2)} = \frac{D}{(C+s)} + \frac{Es+F}{(s^2+\ \omega^2)}$$

Ec. 1

$$\frac{1}{(C\ +\ s)\,(\,s^2+\ \omega^2)} = D\,\frac{(s^2\ +\ \omega^2)\ +\ (Es\ +\ F)\,(C\ +\ s)}{(C\ +\ s)\,(s^2\ +\ \omega^2)}$$

Primero es necesario revolver por fracciones parciales para x

$$Ds^2 + D\omega^2 + Es\,C\ + Es^2 +\ FC\ +\ Fs = (C+s)(s^2\ +\ \omega^2)\ \left[\frac{D}{(C+s)} + \frac{Es+F}{(s^2\ +\ \omega^2)}\right]$$

De esta forma

$D + E = 0$ ①

$D\omega^2 + FC = 1$ ②

$CE + F = 0$ ③

Si ① $D = -E$ *sustituyendo en* ② $-E\omega^2 + Fs = 1$ ④

de ③ $F = -CE$ y *sustituyendo en* ④ $-E\omega^2 + (-CE)C = 1$

⑤ $E\ (\omega^2 + C^2) = -1$

Finalmente, los valores de E, F y D estarán definidos por las siguientes expresiones:

$$E = \frac{-1}{\omega^2 + C^2}\ ; \quad F = \frac{C}{\omega^2 + C^2}\ ; \quad D = \frac{1}{\omega^2 + C^2}$$

Al sustituir estos valores en I(s)

$$\frac{1}{(\omega^2 + C^2)(C+s)} = \frac{1}{(\omega^2 + C^2)}\left[\frac{1}{(C+s)} + \frac{-1(s+C)}{(s^2+\ \omega^2\,)}\right]$$

Al simplificar

$$\frac{s+C}{(s^2+\omega^2)(\omega^2+C^2)} = \frac{s}{(s^2+\omega^2)(\omega^2+C^2)} + \frac{C}{(s^2+\omega^2)(\omega^2+\ C^2\,)}$$

Se resolverá por fracciones parciales para ‘‘y’’

$$\frac{s}{(s+C)(s^2+\omega^2)} = \frac{D}{(\mathrm{C}+\mathrm{s})} + \frac{Es+F}{(s^2+\omega^2)}$$

Ec. 2

$$\frac{s}{(s+C)(s^2+\omega^2)} = \frac{D(s^2+\omega^2) + (Es+F)(C+s)}{(C+s)(s^2+\omega^2)}$$

$s = Ds^2 + D\omega^2 + EC\,s + Es^2 + FC + Fs$

$D + E = 0$ ①

$Ec + F = 1$ ②

$D\omega^2 + Fc = 0$ ③

de ① $D = -E$ y *sustituyendo en* ③ $-E\omega^2 + FC = 0$ ④

de ② $F = 1 - EC$ y *sustituyendo en* ④ $-E\omega^2 + 1c - Ec^2 = 0$

⑤ $\frac{C}{\omega^2 + C^2}$

Se tienen los valores:

$E = \frac{C}{\omega^2 + c^2}$; $F = \frac{-C^2}{\omega^2 + c^2} + 1$; $D = \frac{-C}{\omega^2 + c^2}$

Sustituir en la Ec. 2

$$\frac{s}{(s + C)(s^2 + \omega^2)} = \frac{1}{(\omega^2 + C^2)} \left[\frac{-C}{(C + s)} + \frac{Cs}{(s^2 + \omega^2)} + \frac{\omega^2}{(s^2 + \omega^2)} \right]$$

Aplicar la anti transformada

$\mathcal{L}^{-1}[I(s) = Ax + By]$

$i(t) = A\mathcal{L}^{-1}x + B\mathcal{L}^{-1}y$

$$i(t) = \frac{A}{(\omega^2 + C^2)} \left\{ \mathcal{L}^{-1} \left[\frac{1}{(C+s)} \right] - \mathcal{L}^{-1} \left[\frac{s}{(s^2 + \omega^2)} \right] + \mathcal{L}^{-1} \left[\frac{C}{(s^2 + \omega^2)} \right] \right\} + \frac{B}{(\omega^2 + C^2)} \left\{ \mathcal{L}^{-1} \left[\frac{-C}{(C+s)} \right] + \mathcal{L}^{-1} \left[\frac{sC}{(\omega^2 + s^2)} \right] + \mathcal{L}^{-1} \left[\frac{\omega^2}{(s^2 + \omega^2)} \right] \right\}$$

$$i(t) = \frac{1}{\omega^2 + C^2} \left[Ae^{Ct} - A\cos(\omega t) + \frac{AC}{\omega} sen\,(\omega t) - BCe^{-Ct} + BC\cos(\omega t) + B\omega\, sen(\omega t) \right]$$

Al simplificar se obtiene la siguiente expresión:

$$i(t) = \frac{1}{\omega^2 + C^2} \left[(A - BC)e^{-Ct} + (BC - A)\cos(\omega t) + \left(\frac{AC}{\omega} + B\omega \right) sen\,(\omega t) \right]$$

Al sustituir A, B y C definidas al inicio

$$i(t) = \frac{1}{\omega^2 + \left(\frac{R}{L}\right)^2} \left\{ \frac{V_m}{L} \left[\omega\cos(\propto) - \frac{R}{L} sen\,(\propto) \right] e^{\frac{-R}{L}t} + \left[\frac{R}{L} Vm\, sen\,(\propto) - \omega\cos(\propto) \right] \cos(\omega t) + \left[\frac{R}{L} Vm\cos(\propto) + \omega\, sen(\propto) \right] sen\,(\omega t) \right\}$$

Si

R=CL

$$i(t) = \frac{V_m}{L\left(\omega^2 + \left(\frac{R}{L}\right)^2\right)} \left\{ \frac{1}{L} [\omega L\, cos\,(\propto) - Rsen(\propto)] e^{\frac{-R}{L}t} + \frac{1}{L} [R\, sen(\propto) - \omega L\, cos\,(\propto)] \cos(\omega t) + \frac{1}{L} [R\cos(\propto) + \omega L\, sen\,(\propto)]\, sen\,(\omega t) \right\}$$

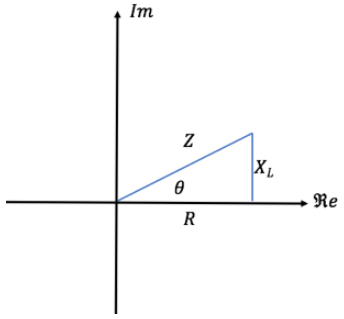


Figura 2. Diagrama vectorial de impedancias.

Si

$\bar{z} = \bar{R} + \overline{X_L}$ (Forma rectangular)

$\bar{z} = |z| \measuredangle \theta$ (Forma polar)

$\overline{X_L} = j\omega$

$$\tan\theta = \frac{\omega L}{R}; \qquad sen\theta = \frac{X_L}{Z}; \qquad cos\theta = \frac{R}{Z}$$

$$i(t) = \frac{V_m}{L^2\left[\omega^2 + \left(\frac{R}{L}\right)^2\right]}\Big\{|z|[\text{sen}(\theta)\cos(\propto) - \cos(\theta)\,\text{sen}(\propto)]\, e^{-R/L} + |z|[\cos(\theta)\,\text{sen}(\propto) - \text{sen}(\theta)\cos(\propto)]\cos(\omega t) + |z|[\cos(\theta)\,\text{sen}(\propto) + \text{sen}(\theta)\,\text{sin}(\propto)]\,\text{sen}(\omega t)\Big\}$$

$$i(t) = \frac{V_m|z|}{\sqrt{\omega L^2 + R^2}}\left[-\text{sen}(\propto -\theta)e^{\frac{-R}{L}t} + \text{sen}[\omega t + (\propto -\theta)]\right]$$

Si
$|z|^2 = |x_L|^2 + |R|^2$

$|x_L| = |\omega L|$

Finalmente, al utilizar el Diagrama vectorial de impedancias de la Figura 2, se tiene la expresión de la corriente eléctrica en el dominio del tiempo para modelo eléctrico simplificado de una máquina síncrona mostrado en la Figura 1, en el momento de cerrar el interruptor ‘’s’’.

$$i(t) = \frac{V_m}{|z|}\left[\text{sen}\ [\omega t + (\propto -\theta)] - \text{sen}(\propto -\theta)e^{\frac{-R}{L}t}\right]$$

NOTA: Se debe observar que $sen\ (\propto -\theta)\ e^{\frac{-R}{L}t}$ constituye la componente de CD en la señal $i(t)$

Ahora se analiza la respuesta para diferentes valores de $\propto$ en el dominio del tiempo

a) $Si\ \propto = tan^{-1}\left(\frac{\omega L}{R}\right)$

Si
$\propto = \theta$, recordando

$$i(t) = \frac{V_m}{|z|}\left[\text{sen}\ [\omega t + (\propto -\theta)] - \text{sen}(\propto -\theta)e^{\frac{-R}{L}t}\right]$$

$$i(t) = \frac{V_m}{|z|}\text{sen}(\omega t)$$

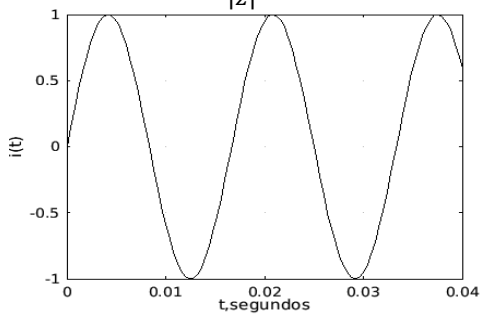


Figura 3. Forma de onda i(t) corresponde al tiempo cuando $\propto = \theta$

b) $Si \propto = tan^{-1}\left(\frac{\omega L}{R}\right) + \frac{\pi}{2}$

Si
$\propto = \theta + \frac{\pi}{2}$ recordando

$$i(t) = \frac{V_m}{|z|}\left[\text{sen}\ [\omega t + (\propto -\theta)] - \text{sen}(\propto -\theta)e^{\frac{-R}{L}t}\right]$$

 ISSN 2007-8102

$$i(t) = \frac{V_m}{|z|}\left[\cos(\omega t) \underbrace{-e^{\frac{-R}{L}t}}_{\substack{Componente \\ de\ CC}}\right]$$

c) $Para \ \propto = tan^{-1}\left(\frac{\omega L}{R}\right) - \frac{\pi}{2}$

Si
$\propto = \theta - \frac{\pi}{2}$ recordando

$$i(t) = \frac{V_m}{|z|}\left[sen\ [\omega t + (\propto - \theta)] - sen(\propto - \theta)e^{\frac{-R}{L}t}\right]$$

$$i(t) = \frac{V_m}{|z|}\left[sen\left(\omega t - \frac{\pi}{2}\right) \underbrace{-e^{\frac{-R}{L}t}}_{\substack{Componente \\ de\ CC}}\right]$$

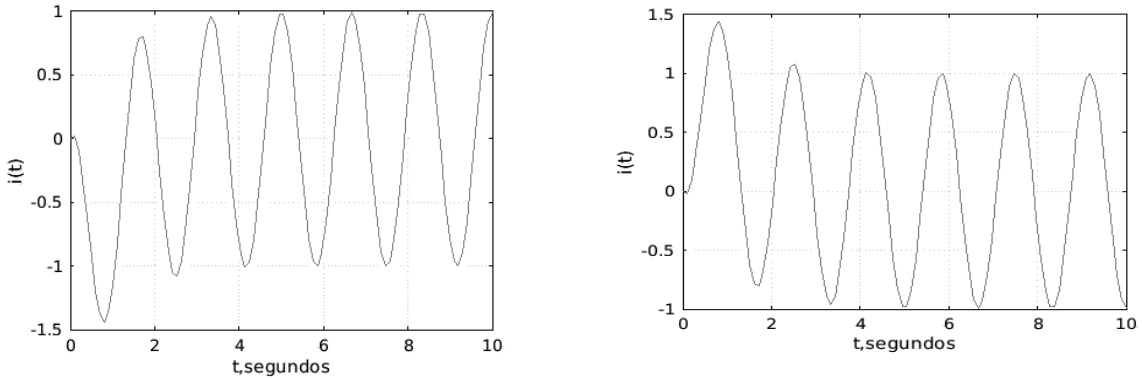


Figura 4. Forma de onda i(t) corresponde al tiempo cuando
$\propto = \theta + \frac{\pi}{2}$ y $\propto = \theta - \frac{\pi}{2}$

Conclusiones

Un GS es básicamente inductivo y es posible modelarlo en su forma más elemental como una fuente interna, en serie con la reactancia síncrona.

Se debe observar que la reactancia de una máquina síncrona (generador) cambia con el tiempo cuando existe una perturbación debido a que como se ha mostrado la corriente durante la perturbación no es constante y esto tiene un efecto directo sobre la reactancia del generador, tal como se describe a continuación:

Cuando ocurre una falla en un GS, el flujo de corriente resultante en sus fases varia en diferente proporción, la corriente en cada una de las fases puede representarse como una componente transitoria de C. C., añadida sobre una componente de C. A. Simétrica, ver Figura 4.

Con anterioridad a la falla, solamente las tensiones y corrientes eléctricas de C. A. estaban presentes dentro del generador, ver Figura 3, en tanto que después de la falla, se encuentran corrientes de C. A. y de C. C., ver Figura 4.

Al presentarse una falla la componente de C. A. se incrementa a un valor muy alto, pero toda esta corriente no puede cambiar de forma instantánea. La componente de C. C. es suficientemente grande como para que la suma de las componentes de C. C. y C. A. sea igual a la corriente alterna que circula inmediatamente antes de la falla.

Debido a que los valores instantáneos que tienen la corriente en el momento de la falla son diferentes en cada fase, la magnitud del componente de C. C. serán diferentes en cada una de ellas.

La componente simetría de C. A. que se ilustra en Figura 4 puede dividirse aproximadamente en tres periodos: durante más o menos el primer ciclo, después de que se presenta la falla. La corriente es muy grande y disminuye

rápidamente. Este período de tiempo se denomina subtransitorio. Después que termina este intervalo de tiempo la corriente continua disminuyendo a menor velocidad (periodo transitorio) hasta que alcanza un estado estacionario (período estacionario).

Referencias

[1] Ingeniería de Control Moderna (Ogata K, 2003)
ISBN: 9788420536781

[2] Electrical transients in power systems (Greenwood, 1991) ISBN:9780471620587.

[3] Transient Analysis of Electric Power Circuits Handbook (Shenkman, 2006) ISBN: 9780387287997.

Celda de procesamiento de Señales IoT en un Dashboard para Agricultura de precisión

A. Pérez Gómez[1], J. Jiménez Gómez[1]. A. C. Sánchez Cahuich[1]
[1]Tecnologico Nacional de México: Instituto Tecnológico Superior de Coatzacoalcos
Instituto Tecnológico, Carr. Anti Mina-Coatza s/n, CP. 96370, Coatzacoalcos, Ver., México.
**aperezg@itesco.edu.mx*

***Área de participación**: Ingeniería Eléctrica y Electrónica*

Resumen

Se generó una celda inteligente a partir de un sistema embebido con conectividad IoT con la finalidad de poder aportar una herramienta de apoyo a las personas dedicadas al campo. Se hizo el análisis en base a pruebas con el cultivo de la planta de maíz ya que se considera uno de los alimentos base de los mexicanos además de ser parte importante para el sector primario, haciendo un enfoque principalmente en las condiciones del estado de Oaxaca en donde las condiciones y cambio climático afectan a los pequeños productores y sobre todo en tiempos actuales donde la crisis económica se ha visto incrementada a raíz de la pandemia por el COVID-19. Por lo tanto, este trabajo presenta la relevancia que tiene la implementación de nuevas tecnologías a sectores como el primario en dónde todavía el acercamiento a la industria 4.0 no es está tan presente.

***Palabras clave**: Sistemas embebidos, BD en tiempo real, Internet de las cosas, tratamiento de señales*

Abstract

A smart cell was generated from a system embedded with IoT connectivity in order to provide a tool to support people dedicated to the field. The analysis was carried out based on tests with the cultivation of the maize plant since it is considered one of the base foods base of Mexicans in addition to being an important part for the primary sector, making a focus mainly on the conditions of the state of Oaxaca where conditions and climate change affect small producers and especially in current times where the economic crisis has been increased as a result of the pandemic COVID-19. Therefore, this work presents the relevance of the implementation of new technologies to sectors such as the primary where the approach to industry 4.0 is still not so present.

***Key words**: (embedded systems, Realtime Database, IoT, signal processing).*

Introducción

En pleno 2020 a nivel mundial se enfrenta a una de las pandemias más grandes que ha existido hasta ahora en el siglo XXI, generando una de las peores crisis económicas en la historia (desempleo, pobreza, escasez de alimentos, etc.)

A medida que los países avanzan en la adopción de medidas destinadas a detener la expansión de la pandemia del COVID-19, debe tenerse cuidado de reducir al mínimo las posibles repercusiones en el suministro de alimentos o las consecuencias imprevistas en el comercio mundial y la seguridad alimentaria.[1] Particularmente en México uno de los sectores más afectados en la economía nacional fue el sector primario el cual se basa en la agricultura, ganadería y pesca. Según datos de la INEGI el sector primario tan solo el año pasado (2019) aporto el 1.9% PIB anual, seguido del sector secundario con solo 1.8% PIB y por último el sector terciario con solo 0.4% PIB.[2]. Por lo que en el presente artículo se plantea una celda inteligente basada en un sistema embebido, dicho sistema se enfocará en mejorar el desarrollo del proceso de siembra en el sector agrícola,

 ISSN 2007-8102

principalmente en el cultivo del maíz, esto debido a que este representa uno de los productos clave de la dieta de la población mexicana, sin embargo, se ha analizado que, así como en el estado de Sinaloa, gracias a la infraestructura de riego y su avanzada capacidad tecnológica se le considera líder productor de este grano a nivel nacional, existen estados menos favorecidos no sólo por la condiciones de infraestructura sino también por las condiciones ambientales como es el caso del estado de Oaxaca, la problemática maicera adquiere mayor relevancia, tanto por las condiciones sociodemográficas prevalecientes como por el predominio de las actividades económicas orientadas a la agricultura de subsistencia. [3]

Esta situación adquiere mayor relevancia al verse afectada aún más por la cuestión sanitaria actual, generando en primer instancia mayor desfavorecimiento económico para la región y al mismo tiempo la imposibilidad de abastecimiento a zonas cercanas lo que contribuya a la escasez. Es por eso que el sistema embebido desarrollado ayuda a prevenir la pérdida de las cosechas del maíz causadas por el cambio climático, así como tener un monitoreo del estado actual del producto sembrado para determinar las necesidades que dicha siembra requiere, todo a través de tecnología IoT.

Metodología

Basándonos en estudios previamente hechos respecto a las condiciones ambientales que requiere el sembradío del maíz, se lograron determinar los sensores que serán utilizados para el desarrollo del sistema embebido con el cual contará la celda inteligente. La adecuación realizada al sistema se basó en las condiciones climáticas y ambientales de la zona istmo de Tehuantepec. En cuanto a la zona istmo según la Secretaria de Agricultura, Ganadería y Desarrollo Rural, la temperatura media anual en Oaxaca fluctúa entre 26°C y 45°C; en el mes más frío, la temperatura varía entre 3°C (en algunas microregiones) y 18°C [4]. El maíz requiere de 500 a 800 mm de agua. Los períodos críticos de humedad son la germinación, las primeras tres semanas de desarrollo y dos semanas antes y después de la floración que corresponden a la formación de espiga, mazorca y llenado de grano [5]. Es por ello que los sensores requeridos son para humedad del suelo, temperatura y humedad ambiental.

Desarrollo del circuito.

Para poder encapsular el sistema embebido con el cual trabajará la celda inteligente fue necesario realizar el diseño de la circuitería en una placa PCB y fusionar dicha placa con la raspberry para poder mostrar de manera más estética el diseño. La estructura fue desarrollada en el software SolidWorks, el acabado implementado en la placa fue del tipo HASL. El PCB al estar desarrollada para el sector agrícola y el cambio climático debe soportar condiciones a las cuales puede sufrir un daño muy rápido. Es por ello que se optó por utilizar el acabado tipo HASL ya que este evita la corrosión del cobre además posee una excelente soldabilidad, permite periodos de procesado muy largos y es relativamente económico

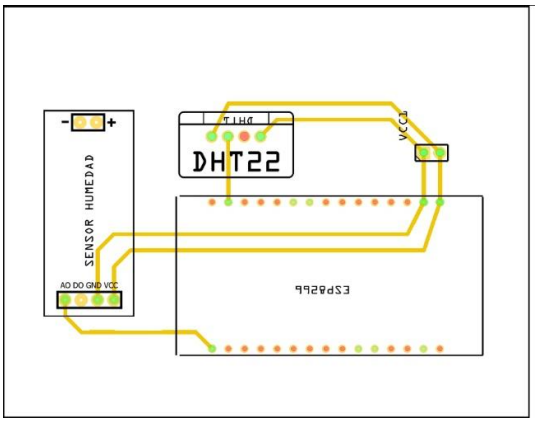


Figura 1. Circuito en PCB desarrollado

 ISSN 2007-8102

En la figura 1 se muestra el PCB desarrollado para sistema embebido desarrollado a partir de la raspberry, el sistema contiene un módulo ESP8266, los sensores DHT22 Y HL-69.

Tecnología y tratamiento de señales

La tecnología utilizada fue IoT (Internet de las cosas) esta se basa en la interconexión digital de dispositivos físicos a través de internet. El sistema embebido desarrollado se dedica al tratamiento de las señales obtenidas a partir de los sensores implementados, los cuales fueron el DHT22 (sensor de temperatura y humedad ambienta) y HL-69 (humedad del suelo). La programación del sistema se desarrollo en el IDE de Arduino.

En el caso particular del sensor HL-69 fue necesario hacer un tratamiento interno a la señal analógica que este proporcionaba. Debido a que cuenta con una lectura analógica que solo muestra datos entre 0 ~ 1024 por el ADC (conversor analógico digital) que posee la ESP8266, se consideró igualmente el cómo actúa el sensor en condiciones reales (Figura 2). Esta toma en cuenta al suelo como “húmedo” cuando arroja un voltaje de salida menor y “seco” cuando arroja un voltaje mayor

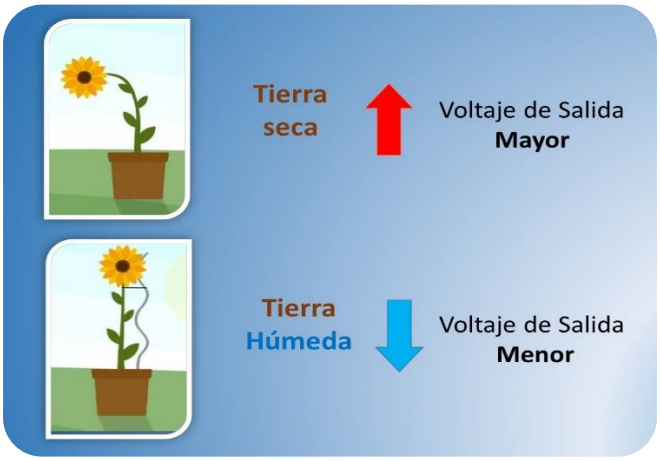


Figura 2. Funcionamiento del sensor HL-69

A interpretación propia se puede decir que el sensor arrojara datos de cuando la tierra está seca, es por eso que se hizo una conversión en la cual a través de una regla de tres se obtiene el porcentaje de ausencia de humedad y a este se le rescata el 100% que se le considera de humedad.

$$y = 100 - \frac{100}{1024}x$$

Fórmula 1. Cálculo del porcentaje de humedad

Siendo:
X= valor analógico
Y=porcentaje de humedad

Al hacer el cálculo obtenemos una ecuación del tipo lineal (Fórmula 1) esto debido a que el sensor actúa como una resistencia y electrónicamente hablando se traduce a una función del tipo lineal.(Figura 3)

 ISSN 2007-8102

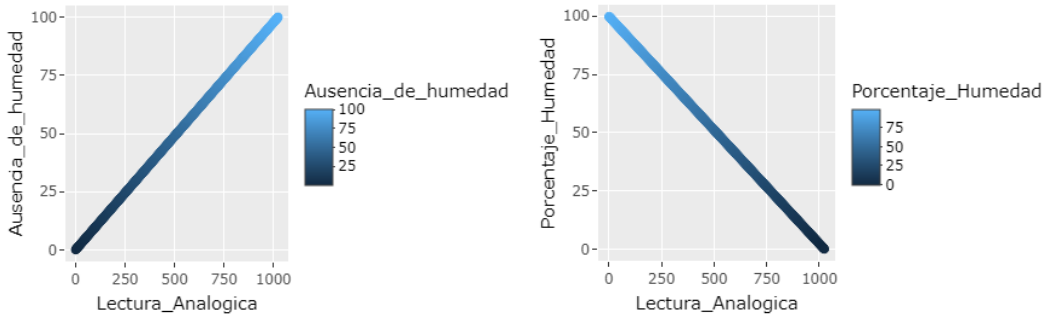


Figura 3. Gráfica desarrollada en R Studio a) Lectura analógica del sensor b) Gráfica obtenida a partir de la fórmula 1.

Sistema de adquisición de datos implementado en el sistema

La celda inteligente además de contar con la raspberry y el sistema dedicado a la parte de tratamiento de las señales y la adquisición de datos, cuenta con un dashboard que permite ver todos los datos analizados en tiempo real, así como las alertas con la que cuenta la celda. El sistema contiene un módulo ESP8266. Este cuenta con entradas y salida del tipo analógico y digital, la ESP8266 que permite acceder a internet puede enviar y recibir datos; en esta investigación se utilizó la base de datos perteneciente a Firebase (plataforma desarrollada por Google) para enviar y recibir datos. La lógica del sistema se basa en el siguiente diagrama.

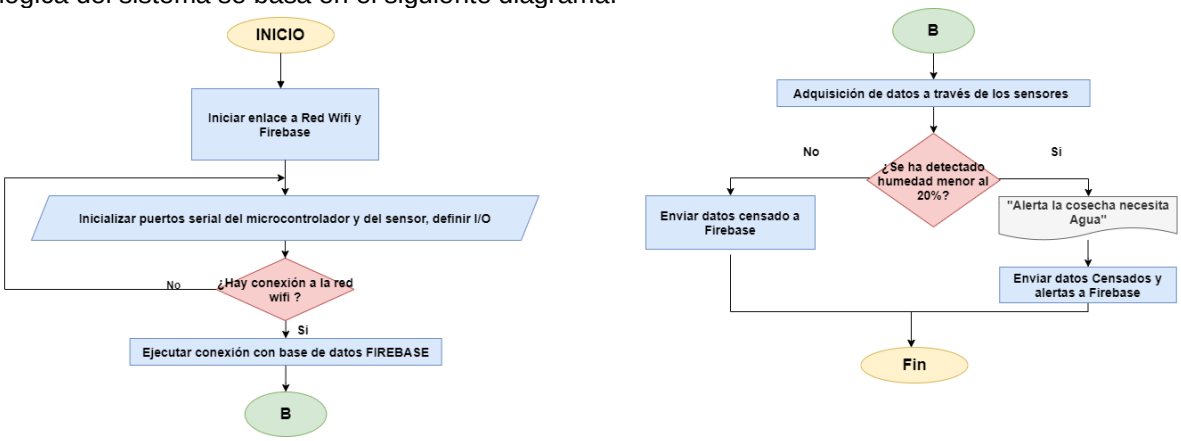


Figura 4. Lógica implementada en la programación del sistema

Desarrollo del Dashboard

El Backend del dashboard (Figura 5) se basa en una API otorgada por Firebase. Firebase es una plataforma con diversas herramientas entre ella una base de datos en tiempo real (Realtime Database) la cual utilizaremos. La API antes mencionada se utilizó dentro de un archivo JavaScript para así poder tener acceso a la base de datos y muestrear los datos arrojados por el sistema. El frontend del dashboard se desarrolló desde cero con HTML y CSS. Este dashboard tiene la capacidad de monitorear de 1~ 3 sistemas a la vez todo esto en tiempo real, generando así una red mesh (red inalámbrica mallada).

 ISSN 2007-8102



Figura 5. Dashboard del sistema de adquisición de datos en tiempo real

Celda Inteligente

La celda (Figura 6) está orientada al cultivo del maíz específicamente a la zona Istmo de Oaxaca, la celda puede ser una opción viable para agricultores dedicados que están más inmersos en esta práctica, facilitando el cuidado y promoviendo la mejora de calidad de sus cultivos. Al tener tecnología IoT puede ser monitoreado por el usuario desde cualquier lugar a través de la computadora o celular. Teniendo de esta forma el control de condiciones en las que se encuentra su cultivo como la temperatura, tiempo, humedad, así como un sistema de alarmas preventivas y correctivas, en caso de que dichas condiciones sean alteradas y puedan tener alguna repercusión sobre el cultivo, para que el usuario esté enterado y pueda tomar medidas de acuerdo a lo monitoreado.



Figura 6. Elementos que componen a la celda inteligente

Resultados y discusión

En la investigación se logro obtener un sistema el cual es capaz de analizar sembradíos de maíz, los cuales son constantemente monitoreados en tiempo real, la placa en PCB desarrollada elimino en un 95% los errores generadores en cuanto a conectividad y censados de los datos ya que, elimínanos los errores generados por conexiones inestables. De igual forma obtuvimos un sistema más compacto. La adecuación generada al sensor de humedad de la tierra nos permitió tener de manera concreta el porcentaje de humedad que existe en la tierra de los cultivos. Al manejar tecnología IoT logramos recibir y enviar datos a través de la ESP8266 dichos datos se reflejaban en tiempo real en la base de datos perteneciente a la Firebase posteriormente estos datos se reflejaban en el dashboard. El dashboard fue desarrollado propiamente, no fue requerido ningún Frameworks para su desarrollo. Este tiene la capacidad de monitorear diversos terrenos a la vez cada uno con

un máximo de tres celdas inteligentes como se muestra en la siguiente figura. A partir de la ESP8266 logramos crear una red mesh de monitoreo en tiempo real.

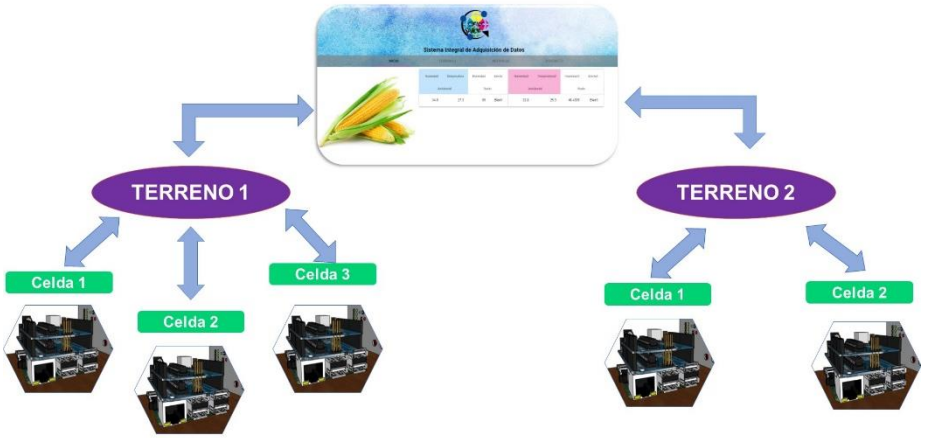


Figura 7. Diagrama del funcionamiento de sistema con el dashboard

Conclusiones

Se realizó la generación del sistema embebido para la celda con tecnología IoT que permite la conectividad con otros dispositivos para tener a la mano la información requerida a través de los datos que son adquiridos en tiempo real. Debido a lo anterior, es que para la implementación efectiva de este sistema fue vital complementar con el Dashboard creado a partir de la plataforma Firebase en la cual se pudo analizar de una forma más gráfica los resultados del monitoreo a partir de los sensores colocados que fueron los de humedad y temperatura, todo esto convierte al sistema más intuitivo para que cualquier persona pueda comprender de una manera más sencilla lo que está sucediendo en la celda que contiene la muestra de los cultivos, lo que es algo importante para este trabajo debido a la finalidad de proporcionar una herramienta de mejora al sector primario, primordialmente a los pequeños productores.

Referencias

[1] Q. Dongyu et al., "Mitigar los efectos del Covid-19 en el comercio y los mercados de alimentos", Organización Mundial de la Salud, 2020. [Online]. Available: https://www.who.int/es/news-room/detail/30-03-2020-joint-statement-by-qu-dongyu-tedros-adhanom-ghebreyesus-and-roberto-azevedo-directors-general-of-the-food-and-agriculture-organization-of-the-united-nations-(fao)-the-world-health-organization-(who)-and-the-world-trade-organization-(wto). [Accessed: 01- Apr- 2020].

[2] INEGI. (2020, 25 febrero). PRODUCTO INTERNO BRUTO[1] DE MÉXICO DURANTE EL CUARTO TRIMESTRE DE 2019 (Cifras desestacionalizadas) [Comunicado de prensa]. https://www.inegi.org.mx/contenidos/saladeprensa/boletines/2020/pib_pconst/pib_pconst2020_02.pdf

[3] Martínez, E. B. (2006). El maíz en Oaxaca: la cosecha de contradicciones. Estudios Agrarios. Universidad Autónoma Benito Juárez de Oaxaca. México.

[4] Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. (1997). El maíz en el estado de Oaxaca. http://internet.contenidos.inegi.org.mx/contenidos/productos/prod_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/historicos/380/702825118259/702825118259.pdf

[5] Jurado Guerra, P., Lara Macías, C. R., & Saucedo Terán, R. A. (2014). Paquete tecnológico para la producción de maíz forrajero en Chihuahua.

INGENIERÍA INDUSTRIAL

II-01 **Distribución de almacén mediante análisis ABC recursivo.** **797**
Rafael Granillo-Macías, Oscar Enrique García-Ramírez, Isidro Jesús González-Hernández, Isaías Simón-Marmolejo y Francisca Santana-Robles.

II-02 **Mejora continua para reducir tiempos de proceso en la deshidratación solar de frutas.** **805**
Romualdo Martínez Carmona, José Víctor Galaviz Rodríguez, Benito Armando Cervantes Hernández y Oscar Martínez de Los Santos.

II-03 **Estandarización y control de sustancias químicas: Caso de estudio en una empresa de arneses eléctricos.** **813**
Juan Chávez Medina, Norma Angélica Santiesteban López, Víctor Genaro Luna Fernández, Guiovanna Michelle Mora Beltrán y Williams Ortiz Martínez.

II-04 **Diseño de un modelo básico para incrementar la productividad en la micro y pequeña empresa.** **821**
Elsa Elena Corona Mayoral, Adalberto Torreblanca Zorrilla, Delia del Carmen Gamboa Olivares, Noemí del Carmen Tenorio Prieto y Aldo de Jesús Patlani Aguilar.

II-05 **Elaboración del modelo de negocios de un snack nutritivo aplicando Design Thinking y Lean Canvas.** **829**
Elsa Elena Corona Mayoral, Melina Sughey Aguirre Marín, María del Rosario Bustos Ríos, Alicia Valdés Hernández y Bertha Conde Carreño.

II-06 **Optimización de la adicción de polvo de zinc al proceso de cementación mediante regresión lineal.** **837**
Joel Everardo Valtierra Olivares, Luis Gerardo Moles Pérez, Mario Alberto Corona Arroyo, Juan Carlos Baltazar Vera e Israel López Báez.

II-07 **Integración de Nuevos Modelos en Planta Automotriz Alemana mediante la aplicación de Ingeniería Industrial.** **845**
Francisco Agustín Poblano Ojinaga, Elva Rosaura Pineda Armendáriz, Ana Ernestina Poblano Ojinaga, Brenda Pedroza Figueroa and Karla Rocío Castillo Almanza.

II-08 **Identificación de factores de riesgos ergonómicos en un almacén de una empresa de giro comercial.** **853**
Alfonso Barbosa Moreno, Carlos E. Mar Orozco, Jesús E. Bautista Orozco, Claudia A. López Decilos y Dulce E. Moreno Salvador.

II-09 **VSM como estrategia de optimización de tiempos, en una empresa productora de embalaje de cartón.** **860**
Julio Cesar Martínez Hernández, Edgar Jesús Cruz Solís, Nancy Marlem Rodríguez Batalla y Diana Jovana Cruz Márquez.

II-10 **Cálculo de cubicaje para disminución de transportes en una empresa de alimentos.** **868**
Rebeca Díaz-Téllez, Leopoldo Viveros Rosas, Verónica Velázquez-Romero, Anabel Martínez-Guzmán y Sinuhé Martínez Guardián.

II-11 **Estado actual de los filtros para chimeneas de los hornos de cocción de tejas y ladrillos.** **876**
Ana Cristina Pérez González, Francisco Javier Espinoza Reyes, Eduardo González Amayo, Isaac Sánchez Martínez y Saulo Márquez Juárez.

II-12 **Estimación de incertidumbre de medición de la magnitud humedad en un laboratorio de metrología.** **884**
Rodrigo Cortes Vélez, Fernando Ortiz Flores, Jorge Luis Hernández Mortera, Mario Leoncio Arrioja Rodríguez y Javier Fuentes Sierra.

II-13 **Calidad en el proceso de faenamiento de una empresa procesadora de aves (Gallus gallus).** **892**
Miriam Silvia López Vigil, Héctor Santos Alvarado, Arely Yanet Sánchez López y Lorena Santos Espinosa.

II-14 **Plan de mantenimiento centrado en fiabilidad (RCM), para el proceso de esmerilado en industria textil.** **898**
Ángel Gabriel Jiménez Guillén, Lidya Margarita Blanco González, Bruno Adolfo Villalobos Martínez, Julia Krystel López Orduña y Salomón Velasco Bermúdez.

II-15 **Sistema de control para el registro de salidas de producto terminado en una empacadora de cítricos de Martínez de la Torre.** **906**
César Argüelles López, Jaqueline Durán Pérez y Ligia Herrera Franco.

II-16 **Implementación de Six Sigma (DMAIC) para reducir piezas defectuosas en una empresa de calzado.** **915**
Gaudencio Antonio Benito, Juan Jose Hurtado Moreno, Bernardino Ávila Martínez, Cinthya Mildred Medina Lerma y Reyna Isabel Martínez García.

II-17 **Reducción del tiempo de paros en producción mediante el cumplimiento de requisitos de la CLAUGTO.** **923**
Aarón Montiel Rosales, Nayeli Montalvo Romero y Angelica Mejía Vudoyra.

II-18 **Modelo de simulación en Promodel para optimizar el proceso productivo de la elaboración de tortillas.** **930**
Arturo Santos Osorio, Yasmin Soto Leyva, Rosalía Bones Martínez y Diana Jovana Cruz Márquez.

II-19 **Estudio de reproducibilidad y repetibilidad para la medición de humedad en un laboratorio de metrología.** **938**
Javier Fuentes Sierra, Fernando Ortiz Flores, Jorge Luis Hernández Mortera, Mario Leoncio Arrioja Rodríguez y Rodrigo Cortes Vélez.

II-20 **Evaluación de una línea de producción cárnica mediante simulación en SIMIO.** **946**
Marisol Hernández Bonilla, Constantino Gerardo Moras Sánchez, Guillermo Cortés Robles, Alberto Alfonso Aguilar Lasserre y Carlos Edu Argüelles Téllez.

II-21 **Identificación de variables que más inciden en la eficiencia en fábrica de un ingenio azucarero** **954**
Lucila Guadalupe Tobón Galicia, Liliana Fuentes Rosas, María Del Socorro Flores Serrano y Alberto Antonio Reyes Lepe.

II-22 **Aplicación de SMED para la reducción de tiempos muertos en una empresa manufacturera.** **962**
Héctor Jesús Juan Santiago, Nohema Pérez España, Gustavo Alejandro Galindo Rosales, Ulises Cortéz Silva y Hugo Romero Montoya.

II-23 **Sistema electrónico implementado para la estandarización del llenado de garrafones en una purificadora de agua**. 971
Diana Laura Hernández Barcelata, Alex Montalvo García, Delia del Carmen Gamboa Olivares, Miguel Ángel Hernández Díaz y Elsa Elena Corona Mayoral.

II-24 **Mejoramiento del flujo de un sistema de producción aplicando DMAIC: caso de estudio.** 979
Edson Aldahir Valdez Guevara, Adriana Mexicano Santoyo, Jesús Carmona Frausto, Salvador Cervantes Álvarez y José Antonio Cervantes Álvarez.

II-25 **Obtención de mezclas de concreto adicionados con partículas de carbonato de calcio biogénico.** 987
Ana María León Ramos, Monserrat Carrera Lara, Alva del Rocío Pulido Téllez, Angélica Silvestre López Rodríguez y Laura Lorena Díaz Flores.

II-26 **Análisis de eficiencia global del equipo (OEE) en proceso critico de una línea de producción.** 995
Sergio Daniel Mayoral Hernández, Fernando Ortiz, Jorge Luis Hernández Mortera, Mario Leoncio Arrioja y Raúl Ángel Manjarrez Rivera.

II-27 **Diseño e implementación de una metodología para el enfoque estratégico en una empresa de software.** 1003
Sareth Contreras Rosas, Laura Martínez Hernández, Roberto Rosales Barrales, David Bertani Hernández y María Cristina Martínez Orencio.

II-28 **Sistema de Administración de la Producción como herramienta en la reducción de costos.** 1011
Nayeli Montalvo Romero, Aarón Montiel Rosales y Laura Navarro Muñoz.

II-29 **Implementación de la metodología DMAIC al área de troqueladoras en una empresa manufacturera.** 1018
Irene Huerta Montalvo, Laura Martínez Hernández, Roberto Rosales Barrales, María Cristina Martínez Orencio and Zazil-Ha Amaro Guzmán.

II-30 **Análisis y diagnóstico de una línea de producción de limas implementando VSM.** 1025
Raúl Ángel Manjarrez Rivera, Fernando Ortiz Flores, Jorge Luis Hernández Mortera, Mario Leoncio Arrioja Rodríguez and Sergio Daniel Mayoral Hernández.

II-31 **Rapid Problem Solving para reducir defectos en una línea de manufactura: caso de estudio.** 1033
Adriana Mexicano Santoyo, Miguel Medellín de León, Jesús Carmona Frausto, Ricardo Daniel López García y Sonia López Ruiz.

II-32 **Mejora de la eficiencia de línea con el Gráfico YAMAZUMI.** 1040
Francisco Agustín Poblano Ojinaga, Elva Rosaura Pineda Armendáriz, Christian Yazmín Delgadillo Ramírez, Armando Longoria de la Torre y Daniel Sebastián Velázquez Saavedra.

II-33 **Reducción de tiempos muertos en el proceso de corte en la fabricación de componentes electrónicos.** 1048
Virgilio Cuautenco Hernández, Edgar Jesús Cruz Solís, Julio Cesar Martínez Hernández y Gerardo Hinojosa Andrade.

II-34 **Diseño de un Sistema de Edificación Activado Térmicamente para su uso en viviendas.** 1056

María Magdalena Villar Ramos, Edgar Vicente Macías Melo, Iván Alejandro Hernández Pérez, Isa Yadira Pérez Olán y Karla María Aguilar Castro.

II-35 **Implementación de metodología ERIM para incremento de producción en área de acabado de rotores.** **1062**
Enrique Alejandro Vázquez Hernández, Gerardo García Liñán, Pedro de Jesús García Zugasti, Juan Gabriel Sandoval Granja y Luis Antonio Renovato Rivera.

II-36 **Diagnóstico y propuesta de sistema ergonómico de iluminación en el taller del Sector Petrolero Ductos-Logística.** **1070**
José Miguel Ahuacatitla Pérez, Yasmin Soto Leyva, Montserrat Ruiz Díaz, Arturo Santos Osorio y Víctor Villa Barrera.

II-37 **Análisis del servicio a clientes en un almacén de refacciones mediante simulación con SIMIO®.** **1078**
Juan Alberto Hernández Morales, Viridiana Sánchez Vázquez y Magdalena Hernández Cortez.

II-38 **Control difuso para la regulación de flujo de electrólito en un proceso no convencional de Micro-Manufactura.** **1086**
Irvin Nopalera-Ángeles, Everardo Granda-Gutiérrez, Juan García-Mejía, José Pérez-Martínez y Allan Flores-Fuentes.

II-39 **Aplicación de control estadístico en el proceso de llenado en una empresa de bebidas carbonatadas.** **1094**
Guadalupe Alvarado Rodríguez, Sinuhe Gines Palestino, Antonio Calderón Jiménez y Luis Antonio Hernández Sánchez.

II-40 **Mejora en el proceso de recepción y embarque en Almacén Central, usando Software ProModel.** **1102**
Gerardo Paxtian Méndez, Carlos Romeo Posadas Trejo, Juan José San Juan Garduza y Aldo Rojas Cessa.

II-41 **Prototipado de un dispositivo tiflotécnico para la enseñanza de braille inicial mediante ciclo de Deming.** **1111**
Matilde Sampayo Cárcamo, Dorian Rojas Balbuena, Miguel Ángel Limón Díaz, Juan Vargas Ferrer y Edjair Celais Garrido.

II-42 **Desempeño de la búsqueda local empleando GRASP para instancias UMTS.** **1118**
Arturo Alejandro Domínguez Martínez and Yolanda Mexicano Reyes.

II-43 **Valoración antropométrica y seguridad en el diseño de máquina sembradora SARILSE 3.5.** **1125**
Filemón Carreño Reyna, Lorena Santos Espinosa, Julio César Cruz Trujillo, Beatriz Araceli Arellano Hernández y José Víctor Galaviz Rodríguez.

II-44 **Mejoras al diseño de una prótesis de miembros superiores mediante DFM.** **1133**
Carlos Eleazar Pérez Pucheta, Ma. Eloísa Gurruchaga Rodríguez, Edna Araceli Romero Flores, Rubén Posada Gómez and Arturo Alvarado Lassmann.

Distribución de almacén mediante análisis ABC recursivo

R. Granillo Macías [1], O.E. García Ramírez[1], I.J. González Hernández[1],*
, I. Simón Marmolejo[1], F. Santana Robles[1]
[1]Escuela Superior de Ciudad Sahagún, Ingeniería Industrial, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, Carretera Otumba-Cd. Sahagún, Zona industrial, C.P. 43990, Hidalgo, México
** rafaelgm@uaeh.edu.mx*

***Área de participación**: Ingeniería Industrial*

Resumen

En el presente artículo se aborda la problemática para la administración de almacenes desde un enfoque práctico. Mediante el análisis ABC recursivo se realizó una propuesta para la optimización de la función de abastecimiento y distribución de materia prima en una empresa del sector alimentario. El objetivo fue presentar una metodología para la logística interna, basado en la distribución de materiales en un almacén. Se realizó una comparación de diferentes propuestas de distribución física del almacén, con el propósito de determinar la configuración optima que minimiza las distancias de traslado para la preparación de órdenes de producción. Los resultados muestran un enfoque para la toma de decisiones sobre la administración del almacén, considerando indicadores claves como la frecuencia de salida y el volumen ocupado por los materiales.

***Palabras clave**: ABC recursivo, distribución, logística, almacenes*

Abstract

This article addresses the problems for warehouse management from a practical approach. Using recursive ABC analysis, a proposal was made to optimize the supply and distribution function of raw materials in a company in the food sector. The objective was to present a methodology for internal logistics, based on the distribution of materials in a warehouse. A comparison was made of different proposals for the physical distribution of the warehouse, to determine the optimal configuration that minimizes the transfer distances for the preparation of production orders. The results indicated an approach for making decisions about warehouse management, key indicators such as the frequency of departure, and the volume occupied by materials.

***Key words**: Recursive ABC, distribution, logistics, warehouses*

Introducción

El almacenaje y la administración de inventarios representan una de las áreas de oportunidad en las empresas para reducir y optimizar sus costos. Para muchas organizaciones, el almacenamiento tiene alto potencial para la implementación de mejoras, que pueden lograr impactar favorablemente en la eficiencia operacional del negocio y en las operaciones relacionadas con el abastecimiento y la distribución [1]. En términos económicos, los almacenes representan cerca del 15% de los costos logísticos totales en países desarrollados [2]. Un almacén es una instalación intermediaria entre los proveedores y los clientes, cuya utilidad es amortiguar la demanda considerando variables de tiempo y costo, buscando reducir la brecha entre la producción y el consumo de bienes [3]. De acuerdo a APICS [4], un almacén es el lugar donde sucede el resguardo de piezas y productos para uso futuro. Las operaciones que se realizan en un almacén se dividen generalmente en recepción, almacenamiento, clasificación y envío [5], siendo las operaciones de preparación de pedidos las que consumen más tiempo y trabajo. La preparación de pedidos es la operación más costosa, constituyendo alrededor del 55% de los costos operativos de un almacén [6,7], siendo esta la principal razón por la que se considera a la preparación de pedidos como un área de oportunidad de

estudio para alcanzar la mejora de la productividad en la empresa. En logística, la preparación de pedidos se refiere al proceso de seleccionar un conjunto de materiales, recuperarlos de sus diversas ubicaciones de almacenamiento y transportarlos para ser revisados, empacados y enviados para el cumplimiento de las órdenes de los clientes internos o externos. En la planeación para la preparación de los pedidos, existen varias decisiones que deben realizarse a nivel táctico y operativo. Las decisiones en el nivel táctico incluyen: (1) la asignación de productos a las áreas de almacenamiento y (2) la zonificación de las áreas de recolección, que es un medio a través del que se deciden las políticas sobre como dividir el área de preparación de pedidos en zonas y determinar las ubicaciones de las zonas de preparación de pedidos [8].

En este estudio se presenta un enfoque para la administración de inventario, mediante un modelo de ABC recursivo con base en variables relacionadas con la frecuencia de salida y volumen ocupado en almacén. Combinando técnicas de optimización para la ubicación del punto óptimo de recolección con ABC, se analiza un caso de estudio en una empresa del sector alimentario. El objetivo de este artículo es presentar una propuesta basada en la técnica de análisis ABC con un enfoque recursivo, con el propósito de determinar la configuración para la distribución óptima en un almacén. La hipótesis fue que mediante el análisis ABC recursivo es posible optimizar la logística interna en un almacén, considerando factores relevantes para el desempeño operativo como la frecuencia de salida y volumen de los materiales.

Revisión de la literatura

La necesidad latente de optimizar los costos y el servicio al cliente, ha colocado a los inventarios como un área fundamental de mejora en las empresas, debido al alto nivel de costo que estos pueden llegar a alcanzar en una organización. De acuerdo a la extensiva revisión de la literatura realizada por Guo et al. [2], los problemas para la administración de inventarios se clasifican en función del almacenamiento (recepción, almacenaje, preparación de pedidos y envíos). Entre las técnicas tradicionales y más ampliamente utilizadas por las organizaciones para la administración de inventario, se encuentra el análisis ABC. El almacenamiento basado en clases de acuerdo con la curva de demanda ABC, divide los artículos almacenados considerando políticas como la rotación de inventarios o el costo. Grosse y Glock [9], desarrollan un modelo analítico que ayuda a predecir el desempeño en determinados elementos del sistema de preparación de pedidos.

Ishizaka [10], menciona que incluso en las empresas de tamaño moderado existe una gran cantidad de existencias en el inventario y debido a esto se requiere mantener sólo aquellas consideradas necesarias. Teunter et al. [11], afirma que los sistemas de clasificación de inventario ABC solucionan este problema mediante la organización y administración de inventarios conformados de una alta cantidad de artículos distintos, conocidos como mantenimiento de existencias en unidades. El propósito de la clasificación ABC es el simplificar la gestión del inventario, determinando los niveles de control de existencias asociados con cada clase. En general, el análisis ABC clasifica los artículos en tres categorías: grupo A (elementos muy importantes), grupo B (moderadamente importantes) y el grupo C (poco importantes), cuya base teórica se basa en gran medida en el principio de Pareto. Li [12] menciona que, en la administración de inventarios, el análisis ABC es una técnica de clasificación efectiva para desarrollar un mecanismo que identifique unidades en almacenamiento de existencias que no solo tengan impacto significativo en el costo total del inventario, sino también requieren diferentes esquemas y controles de administración.

En situaciones prácticas se recomienda determinar, para los artículos en inventario, un número óptimo de agrupaciones de acuerdo a sus características empleando un enfoque a técnicas de ingeniería que permitan la toma de decisiones de acuerdo a la estrategia de producción, la administración de inventarios y el servicio al cliente tomando en cuenta cada clase de artículos en lugar de cada artículo por separado [13]. Ishizaka [10] indica que la clasificación de los artículos en inventario aplicando el análisis ABC de un solo criterio es ampliamente utilizada en las empresas debido a que este método es fácil de entender y usar, sin embargo, Mehdizadeh [14] postula que, aunque el análisis ABC de un solo criterio es usado en investigación, su aplicación en empresas es menor que el análisis ABC multicriterio. Clasificar un artículo tomando en cuenta sólo una característica no puede representar la importancia total de ese artículo [15].

 ISSN 2007-8102

Metodología

El enfoque propuesto para la administración de inventario en esta investigación, se fundamenta en el análisis ABC recursivo, con el propósito de identificar grupos de materiales con características similares en importancia y que se encuentran ubicados en un almacén. Cada clasificación se integra considerando variables con características particulares, haciéndolos diferentes de los demás materiales. Para esta investigación se utilizó como caso de estudio una empresa internacional del sector alimentario, la cual se enfoca en la elaboración de alimentos y bebidas, analizando específicamente la problemática de una unidad de negocio localizada en México. Esta unidad de negocio se especializa en la elaboración y embotellado de bebidas. La administración de inventarios de dicha empresa se realiza a través de almacenes internos (dentro de las instalaciones) y almacenes externos (ubicados fuera de las instalaciones). En la Figura 1 se muestra la logística que se realiza en el almacén, con el departamento de producción como cliente interno.

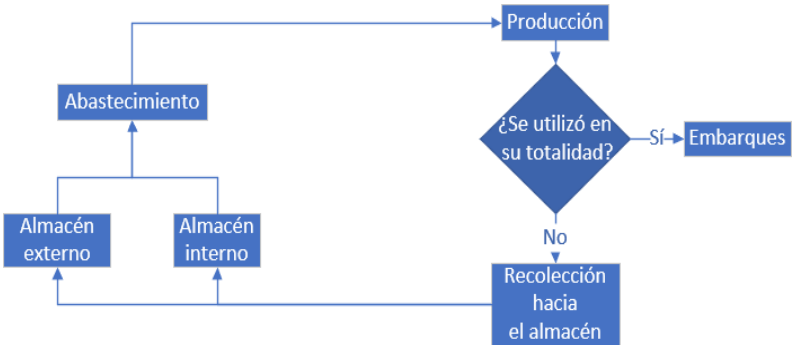


Figura 1. Logística en el almacén

Los altos niveles de inventarios, la capacidad de almacenamiento, la falta de espacios para el almacenaje y las frecuentes variaciones en la demanda, son algunas de las problemáticas presentes en la administración de los inventarios de la empresa.

Diagrama SIPOC e identificación de procesos

Como primer paso, se seleccionaron los métodos y herramientas para asegurar la identificación, ubicación y localización de los diferentes materiales y productos, utilizados por la empresa en su cadena de suministro, presentes a lo largo de los diferentes procesos productivos. En este caso se realizó un diagrama SIPOC (Suppliers, Inputs, Process, Output, Customer) como se muestra en la Figura 2.



Figura 2. Diagrama SIPOC

 ISSN 2007-8102

Mediante la ubicación de códigos de barras en los diversos materiales y utilizando reportes del Sistema SAP de la empresa, se identificaron 203 materiales que entraron al almacén, durante un periodo de producción de un año. Los materiales se clasifican por familias, las cuales son: (1) químicos, (2) tapas PET, (3) polvos, (4) concentrados líquidos, (5) tapas, (6) tarimas, (7) etiquetas, (8) empaques y (9) cartones. Una vez identificado los diferentes materiales que conforman el almacén, se seleccionaron los factores que presentan mayor impacto o prioridad para la administración de inventarios. En este caso, se eligieron los siguientes para las salidas del almacén: (1) frecuencia de recolección (PF) y volumen ocupado (VL). La PF determina la frecuencia con la cual son requeridos los materiales por el departamento de producción, el VL fue calculado con base en las dimensiones de la presentación de cada material y el número de estas piezas para cada tarima.

Clasificación ABC

Posteriormente con la información del paso anterior, se realizó un primer análisis ABC con el que se clasificaron los materiales bajo el criterio PF y posteriormente un segundo análisis determinó las categorías estudiando el VL, con lo cual se obtuvo una clasificación doble para cada artículo mediante el análisis ABC recursivo. Se identificó el número de artículos para cada clasificación doble y se obtuvo una jerarquía para las familias en la que se prioriza aquellas con mayor número de artículos de alta significancia. De manera esquemática, el procedimiento se muestra en la Figura 3.

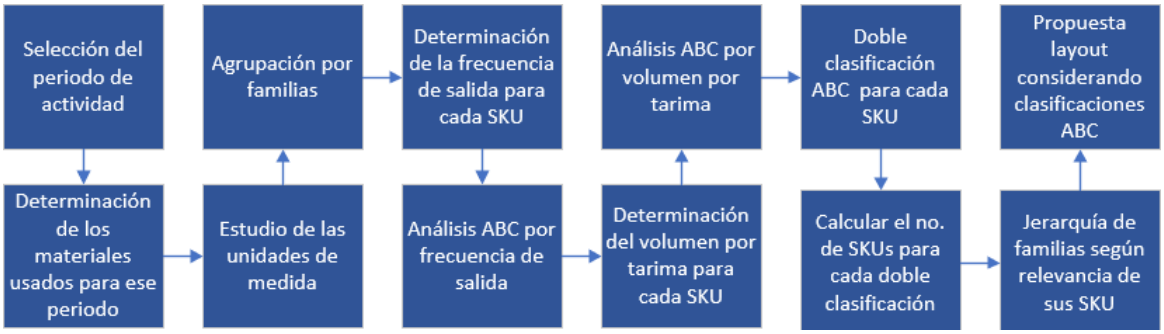


Figura 3. Procedimiento para análisis de inventarios

Distribución de materiales y layout

Finalmente, con los resultados obtenidos se realiza el agrupamiento de materiales con base en la clasificación de ABC recursivo, considerando las variables preponderantes para este estudio. En este caso, la empresa sugirió una nueva configuración sobre la cual se analizó la distribución de materiales con base en el agrupamiento sugerido. El objetivo en este último paso es determinar la mejor configuración, que reduzca los tiempos de traslado y al mismo tiempo facilite el acomodo de los materiales en el almacén, de acuerdo a los requerimientos y demanda del cliente interno. La distribución actual (Figura 4) del almacén considera el arreglo por familias, organizando los materiales a lo largo de diferentes posiciones para el abastecimiento, algunas de ellas ubicadas en posiciones de “piso” y las restantes en ubicaciones de “racks”. Las 203 posiciones analizadas, corresponde a los materiales de las distintas familias que se encuentran dentro del almacén. La mayor frecuencia de materiales se localiza en posiciones de racks, las cuales por su manejo de materiales requieren de condiciones especiales de almacenamiento, las posiciones en piso refieren a materiales que pueden cambiar de lugar con base en las necesidades de espacio, estas posiciones corresponden generalmente a materiales como empaques y etiquetas, ocupando un volumen (VL) mayor que las posiciones en racks. Los espacios de ubicaciones en racks se encuentran delimitados, mientras que las posiciones en piso pueden cambiar, como se observa en la Figura 4.

 ISSN 2007-8102

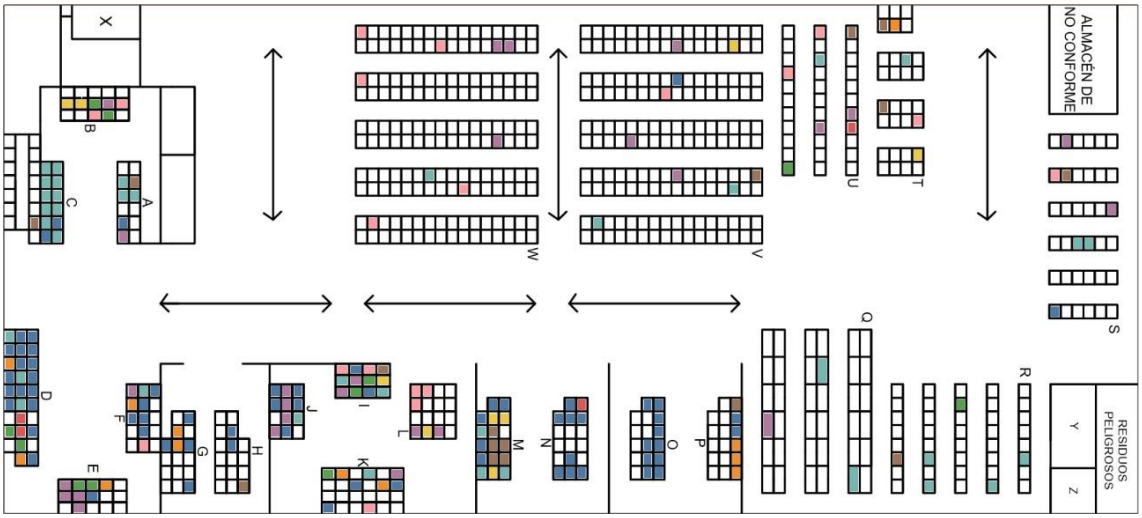


Figura 4. Layout actual

Finalmente, con la información obtenida del mapeo SIPOC, el análisis de ABC y utilizando la distribución de layout, se propone un acomodo de materiales con base en las variables de frecuencia de recolección y volumen ocupado.

Resultados y discusión

Identificación y mapeo

Utilizando la identificación realizada mediante el mapeo de procesos, se identificaron 203 materiales que la empresa considera como relevantes y de mayor valor en cuanto a los niveles de rotación de inventarios y volumen ocupado. Por lo que utilizando las variables de PF y VL, mediante un análisis de Pareto, se identificó la curva de los materiales ABC bajo estas dos variables (Figura 5).

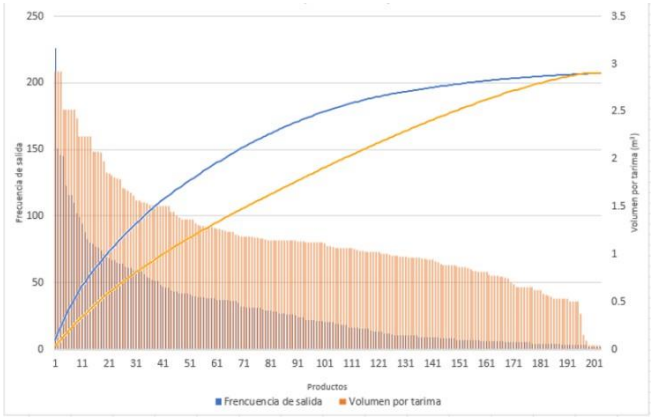


Figura 5. Gráfico de Pareto por frecuencia de entrada y volumen de materiales

Las variables de volumen de frecuencia de recolección o salida, indica que cerca del 20% de todos los materiales representan el 80% de estas variables de PF y VL, lo que comprueba el principio de Pareto. El análisis también demostró que, existen pocos materiales que deben ser administrados de forma rigurosa en cuanto a sus cantidades y niveles de inventario, ya que son críticos debido a las operaciones de abastecimiento y satisfacción de la demanda hacia el cliente interno. La Figura 5, permite conocer las prioridades de materiales y su importancia para el almacén. Con los datos sobre

 ISSN 2007-8102

frecuencia de recolección o salida y los volúmenes que ocupan los materiales, se construyó un análisis ABC recursivo, basado en ambas clasificaciones. De esta forma, los materiales con clasificación AA fueron aquellos con la más alta frecuencia de PF y VL, por el contrario, los materiales que resultados con la menor frecuencia de recolección no salida y los menores volúmenes ocupados se clasificaron como CC. La distribución de materiales con base en el ABC recursivo indica que 68 materiales se encuentran en una clasificación AA, lo que sugiere que estos materiales deben ser prioritarios para la distribución en el almacén por la importancia para las operaciones de almacenamiento (Figura 6).

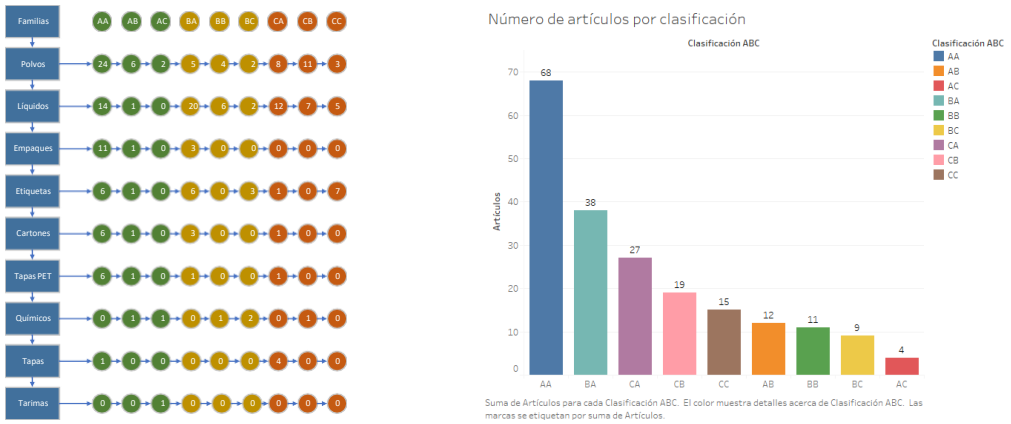


Figura 6. Familias de materiales y número de artículos por clasificación ABC recursivo

De esta manera, la empresa puede identificar los materiales que requiere de mayor atención para el diseño de la distribución y ubicaciones en el almacén. A partir de este análisis recursivo, se realizó un comparativo por familia de los materiales que se encuentra en las diferentes clasificaciones, identificado que la familia de polvos es la más representativa, y, por consiguiente, de mayor relevancia para la empresa.

Clasificación ABC recursivo	Frecuencia de salida	Volumen por tarima (m^3)
AA	4,057	101
AB	664	10
AC	187	1
BA	616	48
BB	201	10
BC	125	4
CA	123	38
CB	103	15
CC	82	7

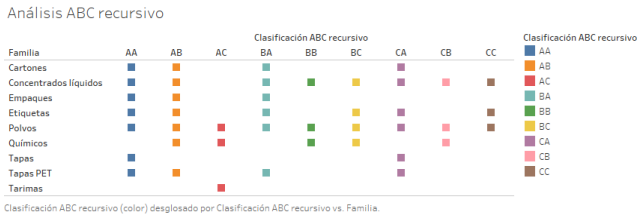


Figura 7. Frecuencia de salida y volumen por tarima para cada clasificación ABC

La clasificación de materiales AA, representa en total una frecuencia de salida de 4,057 veces, ocupando en promedio un volumen de 101 m^3, mientras la clasificación CC tiene una frecuencia de salida de 82 veces con un volumen promedio de 7 m^3, durante el periodo de análisis considerado para este estudio. La Figura 7, muestra la información completa obtenida de este análisis.

Con la información obtenida en los pasos anteriores, y considerando la relevancia de los materiales AA, se realizó una propuesta de distribución en el almacén. Básicamente el arreglo fue sugerido por la empresa, dando prioridad en las ubicaciones a aquellos materiales con mayor impacto en las variables de PF y VL. Es importante aclarar que, para esta propuesta, se incluyó una nueva

 ISSN 2007-8102

distribucion de materiales, conforme a las necesidades de espacios y planes de expansión de la empresa.

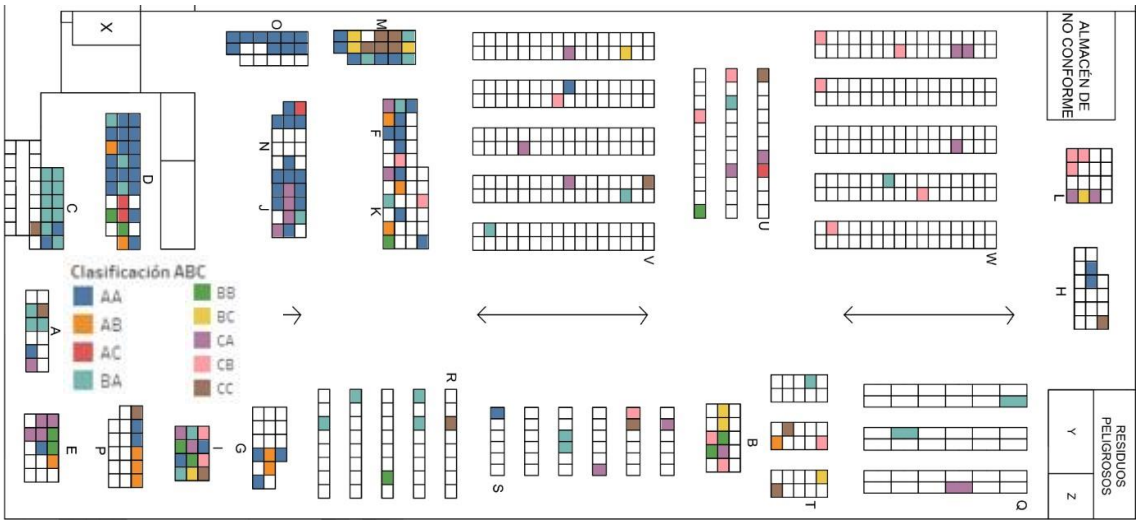


Figura 8. Distribución propuesta con base en análisis ABC recursivo

Esta nueva distribución permite mejorar la identificación de los materiales, además de reducir las distancias de traslado en aquellos casos de materiales con alta frecuencia de recolección ya que se ubicaron en posiciones estrategias para minimizar los recorridos desde el almacén hasta el área de producción. Por ejemplo, las ubicaciones delimitadas con D se posicionaron cerca de la salida del almacen, considerando que en estas se encuentran materiales clasificación AA, por lo cual existe una alta demanda.

Trabajo a futuro

Con la información obtenida del análisis ABC y como trabajo futuro, se podrá realizar un modelo logístico para la administración de almacén que considere la optimización de distancia de traslado y rutas de recolección más eficientes. La empresa también ha determinado que es posible realizar un tablero de control dinámico con la información de las características de los materiales, mejorando la disposición y visibilidad de los mismos.

Conclusiones

Debido a que, por lo general, un inventario mantiene un alto número de unidades en existencia de diversos materiales, no es factible estudiar sus componentes como unidades individuales, por lo que deben ser agrupados en función de sus características para promover el cumplimiento de políticas y estrategias de control. La metodología del análisis ABC junto el principio de Pareto, prioriza a los elementos relativamente pequeños, pero con una representación significante de una variable. Su aplicación conduce a la optimización en la administración de inventarios. El almacén es un componente importante en la cadena de suministro, debido a razones que incluyen, entre otras, la fluctuación de la demanda y el servicio de valor agregado hacia el cliente. El espacio, tiempo y costos son pilares para medir la eficiencia en el almacenamiento. Al optimizar la administración de los inventarios, se minimizan los costos y tiempo. Con esta propuesta, fue posible implementar una metodología para la identificación y ubicación optima de los materiales, sin la necesidad de sistemas de información costosos, con un enfoque en las características y factores que afectan a las operaciones de preparación de pedidos. La elección de las variables para los criterios de clasificación

es arbitraria dependiendo del giro del negocio, la experiencia del analista, o la necesidad que amerite la toma de acciones.

Agradecimientos

Los autores expresan su agradecimiento al PRODEP por el apoyo otorgado para la realización de esta investigación.

Referencias

[1] A. Anđelković and M. Radosavljević, “Improving order-picking process through implementation of warehouse management system,” *Strategic Management*, vol. 23, no. 2, pp. 3-10, 2018.

[2] X. Guo, Y. Yu, and R. De Koster, “Impact of required storage space on storage policy performance in a unit-load warehouse”. *International Journal of Production Research*, vol. 54, no. 2, pp. 2405-2418, 2016.

[3] F. Aqlan, “Dynamic clustering of inventory parts to enhance warehouse management,” *European J. of Industrial Engineering*, vol. 11, no.4, pp. 469-585, 2017.

[4] B. APICS-Dictionary, The Standard for Excellence in the Operations Management Profession. APICS–The Association of Operations Management Dictionary, 2008.

[5] M. Çelik and H. Süral, “Order picking in parallel-aisle warehouses with multiple blocks: Complexity and a graph theory-based heuristic,” *International Journal of Production Research*, vol. 57, no.3, pp. 888-906, 2019.

[6] R. De Santis, R. Montanari, G. Vignali, and E. Bottani, “An adapted ant colony optimization algorithm for the minimization of the travel distance of pickers in manual warehouses,” *European Journal of Operational Research*, vol. 267, no.1, pp. 120-137, 2018.

[7] E. Grosse, C.H. Glock, and W.P. Neumann, “Human factors in order picking: A content analysis of the literature”, *International Journal of Production Research*, vol. 55, no. 5, pp. 1260- 1276, 2017.

[8] T. van Gils, K. Ramaekers, A. Caris, and R. De Koster, “Designing efficient order picking systems by combining planning problems: State-of-the-art classification and review,” *European Journal of Operational Research*, vol. 267, no.1, pp. 1-15, 2018.

[9] E.H. Grosse, and C.H Glock, “The effect of worker learning on manual order picking processes,” *International Journal of Production Economics*, vol. 170, pp. 882-890, 2015. A.

[10] Ishizaka, F. Lolli, E. Balugani, R. Cavallieri, and R. Gamberini, “DEASort: Assigning items with data envelopment analysis in ABC classes,” *International Journal of Production Economics*, vol. 199, pp. 7-15, 2018.

[11] R.H. Teunter, M.Z Babai, and A.A Syntetos, “ABC Classification: Service Levels and Inventory Costs: ABC Classification.” *Production and Operations Management*, vol. 19, no.3, pp. 343-352, 2009.

[12] Z. Li, X. Wu, F. Liu, Y. Fu, and K. Chen, “Multicriteria ABC inventory classification using acceptability analysis,”. *International Transactions in Operational Research*, vol. 26, no. 6, pp. 2494-2507, 2019.

[13] T.J. Van Kampen, R. Akkerman, and D. Pieter van-Donk, “SKU classification: A literature review and conceptual framework,” *International Journal of Operations & Production Management*, vol. 32, no. 7, pp. 850-876, 2012.

[14] M. Mehdizadeh, “Integrating ABC analysis and rough set theory to control the inventories of distributor in the supply chain of auto spare parts”. Computers & Industrial Engineering, vol. 139, no. 10, pp. 56-73, 2020.

[15] R. Granillo-Macías, I. Simón-Marmolejo and O. García-Ramírez, “Gestión logística en almacenes con analisis ABC”, *Ingenio y Conciencia Boletín Científico de la Escuela Superior Ciudad Sahagún*, vol. 7, no. 14, pp. 39-46, 2020.

Mejora continua para reducir tiempos de proceso en la deshidratación solar de frutas.

R. Martínez Carmona[1], J.V. Galavíz Rodríguez[2], B.A. Cervantes Hernández[3], O. Martínez de los Santos[4]

[1]Procesos Industriales Área Manufactura, Universidad Tecnológica de Tlaxcala
[2]Ingeniería en Procesos y Operaciones Industriales, Universidad Tecnológica de Tlaxcala
[3]Procesos Industriales Área Automotriz, Universidad Tecnológica de Tlaxcala
[4]Ingeniería en Procesos y Operaciones Industriales, Universidad Tecnológica de Tlaxcala
Carr. A el Carmen Xalpatlahuaya S/N C.P. 90500, Huamantla, Tlaxcala. México.

romualdo.martinez@uttlaxcala.edu.mx, galaviz_4@uttlaxcala.edu.mx, arbench@uttlaxcala.edu.mx, oscar.martinez@uttlaxcala.edu.mx

***Área de participación**: Ingeniería Industrial.*

Resumen

La Universidad Tecnológica de Tlaxcala cuenta con un deshidratador solar grado alimenticio para el secado de frutas, proceso que se utiliza para la realización de prácticas de los alumnos de la carrera de Procesos Industriales Área Manufactura PIAM, con estas actividades se fomenta en ellos una cultura de calidad en los procesos productivos de la industria. Los miembros del Cuerpo Académico de Ingeniería en Procesos, se dieron la tarea de aplicar la mejora continua (Kaizen) para reducir los tiempos de proceso, ya que actualmente son muy altos. Después de implementar actividades de mejora se logró reducir a 10 horas/ciclo, lo que representa un 58%. El deshidratado se realizó de las 08:00 horas a las 18:00 horas en los meses de enero, febrero y marzo de 2019.

Palabras clave: Kaizen, tiempos, deshidratado, rayos solares.

Abstract

The Technological University of Tlaxcala has a food-grade solar dehydrator for drying fruit. This process is used for students of the Industrial Processes manufacturing career (PIAM) to practice. These activities promote on them a culture of quality in the productive processes of the industry. We, the members of the Academic Process Engineering Crew, gave ourselves the task of applying continuous improvement (Kaizen) to reduce processing times, since they are currently very high. After implementing improvement activities, it was reduced to 10 hours / cycle, which represents 58%. Dehydration has performed from 08:00 hours to 18:00 hours in the months of January, February and March 2019.

Keywords: *Kaizen, times, dehydrated, sun rays.*

Introducción

La deshidratación para la conservación de frutas y verduras, es necesaria en tiempos de sobre producción, para evitar desperdicios y garantizar los alimentos en tiempos de escasez [1]. Para llevar a cabo el proceso de deshidratado existen varios tipos de secadores para el deshidratado de frutas, como secadores de gabinete en forma de caja construidos de fierro en la parte lateral y cristal en la parte superior por donde entran los rayos solares para efectuar el efecto invernadero; También existen deshidratadores en forma de cilindro, donde el sistema de recirculación de aire es de circulación forzada, los deshidratadores tipo invernadero también con recirculación de aire forzado con abertura en la entrada y otra en la salida por donde circula el aire caliente; deshidratadores con colectores indirectos, con dos o más colectores de cristal y una cámara de secado, con recirculación de aire caliente de forma forzada; secadores de horno operados con gas natural donde, el aire de secado se calienta con un quemador de piso inferior y el aire húmedo por convección natural sube al segundo piso donde se encuentra el producto a deshidratar [1].

Kaizen es una palabra de origen japonesa que significa mejora continua y fue el profesor japonés Masaaki Imai considerado el padre de *Kaizen* y fundador de Kaizen (Institute, establecido en Suiza en 1985). El Kaizen japonés está orientado al proceso con el pensamiento a los buenos resultados [2]. Describe el autor de este concepto japonés que en la administración de las organizaciones orientales tienen dos componentes para la calidad de sus productos; mantenimiento y mejoramiento. El mantenimiento se refiere a las actividades actuales para conservar los estándares tecnológicos y administrativos. Mejoramiento se refiere las actividades orientadas a mejorar los estándares ya establecidos. Con la filosofía japonesa de Kaizen se busca el mantenimiento y la mejora de los estándares de calidad del producto o servicio [2]. El Kaizen como estrategia competitiva, establece una forma de vida en Japón y la alta dirección tiene la responsabilidad de administrar el cambio en todas las áreas de las organizaciones, que consiste en cambios graduales a bajos costos, mientras que en los países occidentales le dan prioridad a la innovación, donde los cambios son bruscos y costosos.

Metodología del proceso de deshidratado

Planeación de las actividades

La planeación es una estrategia de las actividades a realizar para tener éxito en cualquier tipo de proyecto, así como la mejora continua [3]. Para llevar a cabo la mejora continua se diseñó la siguiente metodología:

1. **Se formó el equipo de trabajo**
   Con los miembros del cuerpo académico y 3 alumnos de la carrera de Procesos Industrial Área Manufactura para trabajar en deshidratado de manzana.

2. **Diseño de VSM de deshidratado de fruta (manzana)**
   Con la finalidad de identificar los problemas del proceso de deshidratado, que a continuación se muestra.

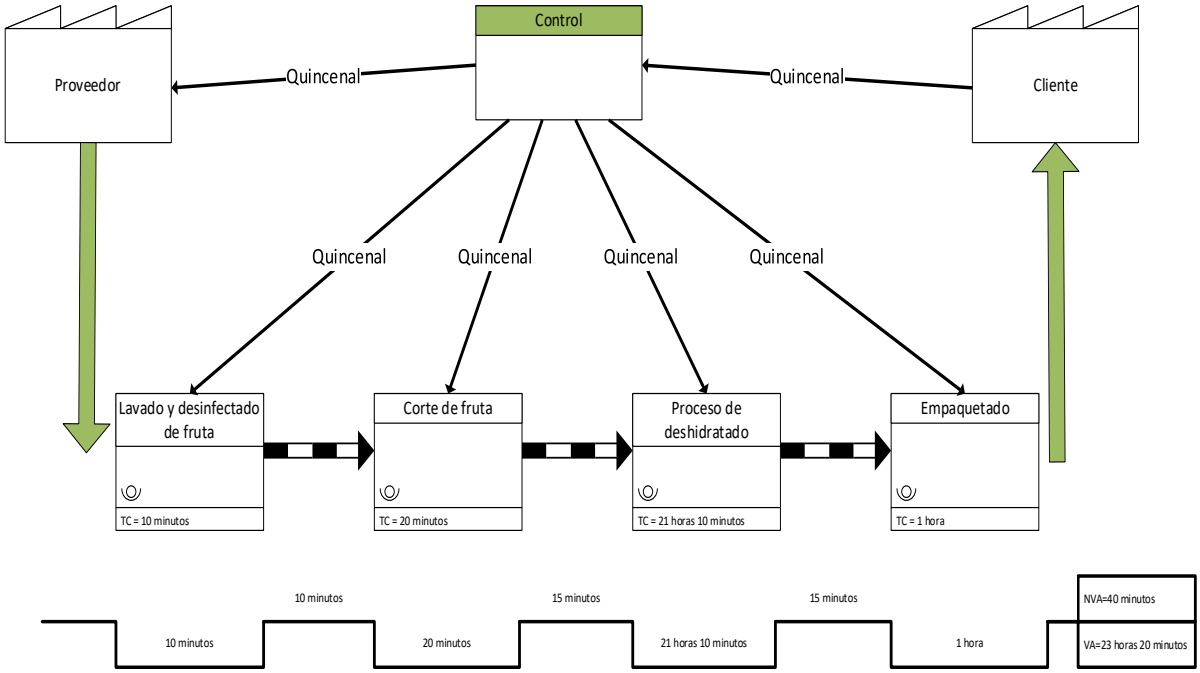


Figura 1: Proceso de deshidratado de frutas a cielo abierto con estructura metálica

Como se muestra en el VSM de la figura 1 se realiza un lote de producción cada 15 días, ya que se lleva a cabo para la realización de prácticas de los alumnos de Procesos Industriales Área Manufactura identificando un tiempo total de 40 minutos de actividades que no agregan valor al producto. Sin embargo, también se identificó que el tiempo del proceso de deshidratado es muy alto, y se plantea

una mejora a dicho deshidratador respecto de los materiales, de los cuales está estructurado, razón por la cual, se decide llevar a cabo el cambio de materiales del deshidratador como acción de mejora.

El deshidratador solar de la Universidad Tecnológica de Tlaxcala donde se realizó el trabajo de mejora era de lámina galvanizada de calibre de 1.8 mm, 1 metro de ancho por 2 metros de largo, con vidrio templado de 6 mm de espesor en la parte superior con abertura en la parte inferior y otra en la parte superior por donde circula el aire húmedo de forma natural, como se muestra en la figura 2. El cambio de materiales del deshidratador, tiene como alcance el reducir el tiempo de proceso únicamente. En la figura 2 se muestra el deshidratador de lámina galvanizada con estructura metálica a los lados y en la parte superior cristal templado por donde entran los rayos solares, en el cual se realizaron actividades de mejora.



Figura 2: Deshidratador con estructura metálica.

A continuación, se muestran los cambios en los materiales utilizados para la mejora del deshidratador

Tabla 1: Relación de materiales y características de cada etapa del deshidratador

Primer diseño: Deshidratador con estructura metálica galvanizada.	
Materiales del deshidratador metálico	Características
Estructura	Metálica (Fierro Galvanizado)
Vidrio templado	6mm. de espesor, parte superior
Lámina galvanizada	1.8mm. de calibre a los lados del deshidratador
Malla de fierro capacidad	5 kilos de capacidad
Fruta (manzana Golden)	Rodajas de 3mm.

Segundo diseño: Deshidratador con vidrio a los lados	
Materiales del deshidratador con vidrio a los lados	Características
Estructura	Metálica (Fierro Galvanizado)
Vidrio templado	6mm. de espesor, parte superior
Vidrio templado	6mm. de espesor y a los lados.
Malla de fierro	5 kilos de capacidad
Fruta (manzana Golden)	Rodajas de 3mm.

Tercer diseño: Deshidratador de acero inoxidable	
Materiales para el deshidratador grado alimenticio	Características
Estructura	Acero inoxidable
Cama de poliuretano	10mm. de espesor
Vidrio templado	6mm. de espesor en la parte superior y a los lados
Malla de acero inoxidable	de 5 kilos de capacidad
Fruta (manzana Golden)	Rodajas de 3mm.

3. Cambio de lámina galvanizada por vidrio templado 6mm.

Debido a que se identificó en el deshidratador que tenía a los lados lámina galvanizada con alto tiempo de proceso de 24 horas, se decidió cambiar la lámina galvanizada de los lados del deshidratador por vidrio templado de 6mm. de espesor, para permitir la entrada de luz solar y aumentar la capacidad de conservación del calor.

Para este estudio no se realizaron pruebas de coeficiente de transmisión de calor y humedad, ya que es propio para otro estudio, pero si se consideró las características de los materiales utilizados en las diferentes modificaciones de construcción del deshidratador como se muestra en la tabla 1, así como las características de la fruta (manzana). Las rodajas son de 3 mm de espesor con cascara, colocadas de forma horizontal en la malla del deshidratador donde se realiza el proceso de forma natural. Para llevar el proceso de deshidratado el equipo tiene una abertura en la parte frontal y otra en la parte posterior por donde circula el aire caliente para eliminar la humedad de la fruta, como se muestra en la figura 3. El proceso de deshidratado se llevó a temperatura ambiente entre 16 a 28 grados centígrados. También en la figura 3 se muestra el cambio de la lámina galvanizada por cristal de 6mm de espesor.

 ISSN 2007-8102

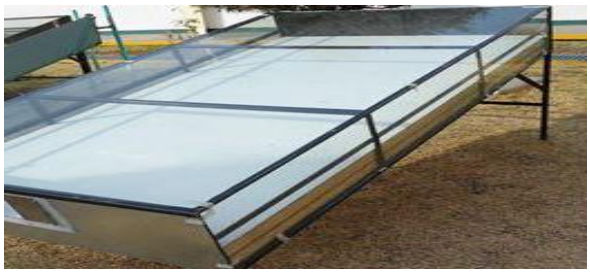


Figura 3: Deshidratador recubierto de vidrio a los lados

4. Estructura de acero inoxidable

Otra de las mejoras que se le hizo al deshidratador aparte del vidrio a los lados, se le coloco una cama de poliuretano en la parte inferior y se le cambio la estructura metálica por estructura de acero inoxidable con reforzamiento en la parte superior y una agarradera también de acero inoxidable con la finalidad reducir el tiempo de proceso y mejorar la calidad del producto final, como se muestra en la figura 4.



Figura 4: Proceso de deshidratado de fruta aprovechando los rayos solares

Después de realizar los cambios de mejora como la lámina galvanizada de los lados por cristal de 6mm, la cama de poliuretano y el cambio de estructura de lámina metálica por una estructura de acero inoxidable grado alimenticio se realizó nuevamente el mapeo de proceso con la finalidad de conocer los resultados finales.

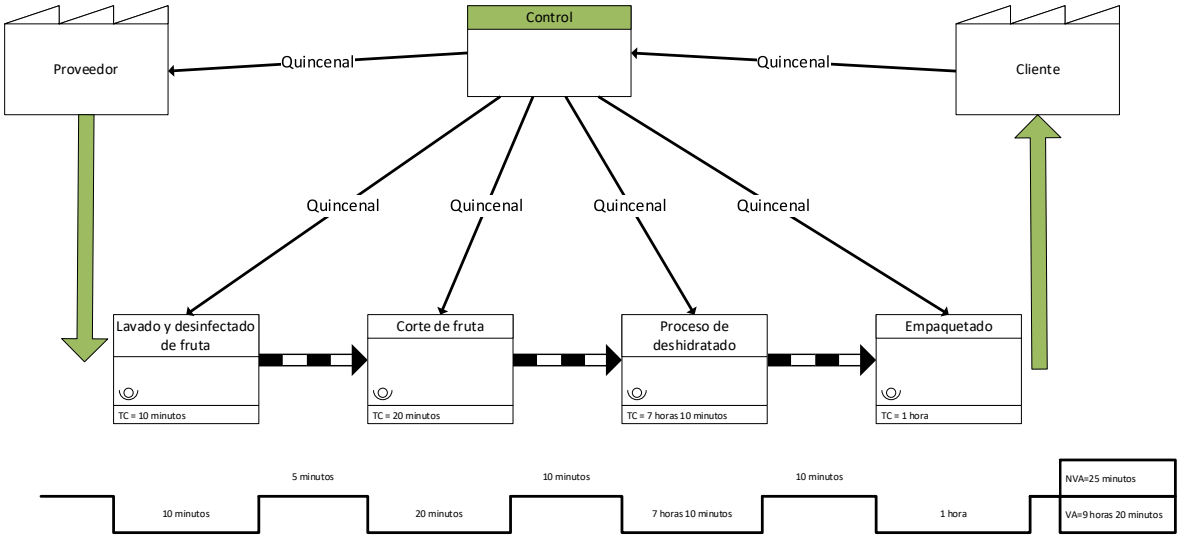


Figura 5: Proceso de deshidratado de frutas a cielo abierto con deshidratador de acero inoxidable

En este mapeo de proceso VSM de la figura 5 se identificó las actividades que no agregan valor al producto que son muy similares al mapeo inicial del deshidratador de lámina galvanizada de la figura 1, sin embargo el tiempo de deshidratado con las modificaciones de cambio de cristal, por lámina galvanizada a los lados del deshidratador, la implementación de la cama de poliuretano y la nueva

estructura de acero inoxidable fueron factores determinantes en la reducción del tiempo de proceso del deshidratado, pasando de 24 horas como se describe en el VSM inicial de la figura 1 a 10 horas del deshidratador de acero inoxidable identificado en el mapeo de proceso de la figura 5.

Resultados y discusión

Las actividades para mejorar los tiempos del proceso de deshidratado solar, se reflejaron en las mejoras realizadas, así mismo se identificaron las actividades que no agregan valor, sin embargo después de realizar el proceso de deshidratado con el deshidratador de lámina galvanizada se identificaron los tiempos con promedio de 24 horas, esto debido a que la lámina no permitió la entrada de los rayos solares a los lados del deshidratador, además de que no tenía un material refractario para conservar el calor. Con la implementación de los cristales a los lados, la cama plana de poliuretano y la estructura de acero inoxidable mejoro considerablemente los tiempos de proceso, llegando a obtener la fruta deshidratada en un tiempo de 10 horas. Cabe aclarar que durante las primeras 4 horas del proceso se elimina hasta el 83% al 87% de masa [4] de la fruta, en las restantes 6 horas se pierde hasta el 95% de masa con temperatura que alcanza a los 50 a 60 grados centígrados. Después de alcanzar el 95% de reducción de masa ya no tiene ningún efecto el proceso de deshidratado y en ese momento es cuando finaliza.

También se hizo una evaluación de las temperaturas del deshidratador antes y después de las actividades de mejora que se muestran en la tabla 2. Se registraron los promedios de las temperaturas en grados centígrados con 21 lecturas en el interior del deshidratador, alcanzando una temperatura de 50 a 61 grados centígrados; temperatura suficiente para lograr un buen deshidratado en las frutas [1].

Tabla 2. Promedio de temperaturas

Con estructura metálica μ_1	Con vidrios y sin estructura metálica a los lados μ_2	Poliuretano, vidrios y acero inoxidable μ_3
50.67	53.33	55.33
51.67	55.00	56.33
52.00	58.67	56.67
49.67	58.33	58.67
52.00	61.00	60.00
53.00	60.33	61.33
53.67	59.00	61.00

Con estas lecturas se realizó un análisis de medias para verificar si hubo mejoras de las temperaturas sobre las modificaciones realizadas. Para hacer este estudio se realizó con la siguiente metodología.

Planteamiento de la hipótesis

Para hacer el planteamiento de la hipótesis se hizo la siguiente pregunta ¿Hubo mejoras en el proceso de deshidratado de frutas con las modificaciones kaizen realizadas?

Ho; $\mu_1 \leq \mu_2 \leq \mu_3$
H1; $\mu_1 > \mu_2 > \mu_3$

Se definió el nivel de significancia del 0.05, “nivel que se utiliza para proyectos de investigaciones”. [5].

Cálculo del estadístico de prueba F

Se calculó el estadístico de prueba F (ANOVA) con las temperaturas promedio obtenidas del deshidratador que se muestra en la tabla 2, así como el software Minitab, los resultados se muestran en la tabla 3.

 ISSN 2007-8102

Tabla 3. *ANOVA*

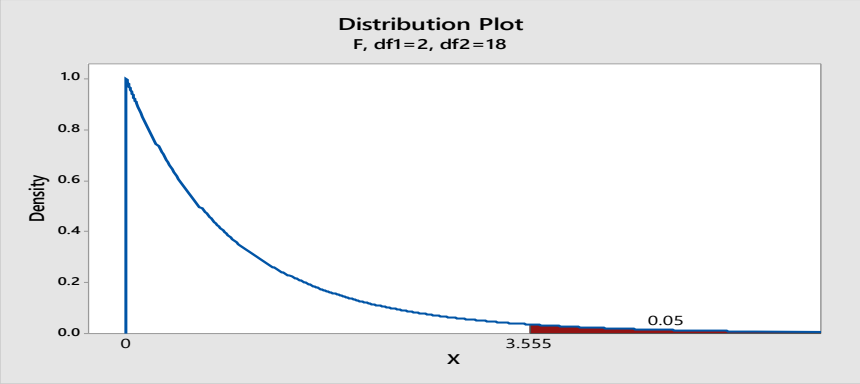
Fuentes de variación	SS	gl	MS	Fo	F alfa	Valor p
Tratamientos (t)	192.24	2	96.12	18.75	3.55	0.00
Error (E)	92.27	18	5.13			
Total	284.50	20				

Como se puede observar en la tabla 3 el resultado del estadístico de prueba F_0 =18.75 mientras que el punto crítico F_α = 3.55, lo que significa que existe significancia en los resultados del análisis ANOVA, con estos resultados hay evidencia significativa para tomar una decisión.

Antes de tomar la decisión se determinó el punto crítico de forma gráfica.

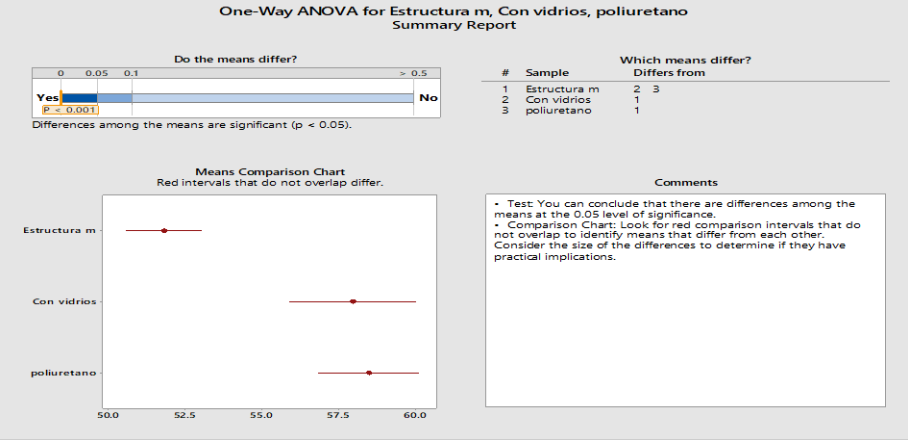
Punto crítico

Se determinó el punto crítico con 2 grados de libertad en el numerador y 18 grados de libertad en el denominador a un nivel de confianza del 95%. El resultado se muestra en la gráfica 1.



Grafica 1: Punto crítico

También se determinó de forma gráfica el valor P (probabilidad) para aceptar o rechazar la hipótesis nula Ho. En la gráfica 2 se muestra el valor de P= 0.001 es decir, las diferencias entre las medias.



Grafica 2: Comparación de medias

Son significativas, ya que P= 001 < del nivel de significancia P_α=0.05. En la gráfica 2 se muestra que hay diferencia entre las muestras y gráficamente se observa que los cambios de vidrio por metal y la implementación del poliuretano mejoro considerablemente las temperaturas del deshidratador.

Toma de decisión

Se tomó la decisión contestando la pregunta del planteamiento de la hipótesis ¿Hubo mejoras en el proceso de deshidratado de frutas con las modificaciones kaizen realizadas? De acuerdo a los resultados del estadístico de prueba F se encontró que el valor del estadístico F_o= 18.75 como se muestra en la tabla 3 ANOVA y el valor del punto crítico Fα=3.555.

Con estos valores se puede concluir que se rechaza la hipótesis nula H_0, y se acepta la hipótesis alternativa H_1, es decir, existe significancia en los resultados obtenidos y podemos afirmar que, si funcionaron las mejoras kaizen con el cambio de vidrios por lámina de metal, así como la implementación de poliuretano en la parte inferior del deshidratador, y eso mejoró el tiempo de proceso de deshidratado considerablemente de 24 horas a 10 horas a cielo despejado. Desde el punto de vista comercial de convertir un alimento fresco a un procesado (deshidratado) se añade valor agregado al producto [1]

Trabajo a futuro

Para los investigadores que estén interesados en mejorar el proceso de deshidratado de frutas, consideraremos otras variables como coeficiente de transmisión de calor (de los materiales), y humedad relativa, espesor de la fruta, uniformidad de corte, identificación de las épocas del año cuando los rayos solares son más intensos, inclinación del deshidratador o bien diseñando un nuevo tipo de deshidratador con nuevos materiales, lo que no es recomendable es deshidratar a cielo nublado, ya que el tiempo de deshidratado es muy alto.

Conclusiones

Para la realización de este proyecto de mejora, se formó el equipo de trabajo con los miembros del cuerpo académico y con alumnos de la carrera de Procesos Industriales Área Manufactura, se diseñó el mapeo del proceso antes y después de las mejora kaizen , se identificó altos tiempo del proceso de deshidratado, se realizaron pruebas con el deshidratador de lámina metálica a cielo despejado con 24 horas de proceso , así como pruebas con el deshidratador con cubierta a de vidrio a los lados con un tiempo de 15 horas en promedio, y con el nuevo deshidratador de acero inoxidable con cubierta de vidrio a los lados y poliuretano como material refractario, logrando un tiempo promedio de 10 horas por ciclo de deshidratado. Con este resultado se logró reducir un 58% de tiempo de proceso. Una de las ventajas del proyecto es el aprovechamiento de la energía solar en días soleados y el costo de combustible es prácticamente cero. Con estas actividades de mejora también se fomenta la participación del personal y el trabajo en equipo entre los profesores y los alumnos como cultura de calidad y competitividad en el trabajo.

Para lograr estos resultados se cambió la lámina metálica de los lados del deshidratador por vidrio de 6 mm, además de que se le implemento una cama de poliuretano en la parte inferior como material refractario. También se cambió la estructura metálica por estructura de acero inoxidable. Se hizo una evaluación de temperaturas al deshidratador contestando la pregunta que se planteó en el planteamiento de la hipótesis. ¿Hubo mejoras en el proceso de deshidratado de frutas con las modificaciones kaizen? Se encontró que el estadístico de prueba es F_o= 18.75> del punto crítico Fα=3.555 con este resultado se demuestra que si existen mejoras en la conservación de las temperaturas al llevar a cabo las actividades de la metodología kaizen implementadas en este proyecto.



Figura 5: **Deshidratado de frutas**



Figura 6: Fruta deshidratada

Después del proceso de deshidratado se logra la obtención de fruta, lista para ser consumida como se muestra en la figura 6. Los resultados obtenidos nos indican que los cambios implementados si funcionaron ya que mejoraron las temperaturas y los tiempos de proceso.

Agradecimientos

Los miembros del cuerpo académico agradecemos al Mtro. José Luis González Cuellar rector de Universidad Tecnológica Tlaxcala por las facilidades otorgadas en las instalaciones y el equipo para la realización de este proyecto.

Referencias

[1] J. V. G. Rodriguez, Estrategia Tecnológica Sustentable para Deshidratar Frutas, Verduras y Legumbres, España: Palibrio, 2012.

[2] M. Imai, Kaizen, México: Grupo Editorial Patria, 2012.

[3] J. M. Juran, Planificación para la Calidad, Madrid: Ediciones DIaz de Santos, 1990.

[4] A. García, S. Muñiz, A. Hernández, L. M. González y D. Fernández, «Análisis comparatico de la cinética de la deshidratación osmótica y por flujo de aire caliente de la piña,» *Revista de Ciencias Tecnicas Agripecuarias,* vol. 22, nº 1, pp. 62-69, 2013.

[5] D. A. Lind, W. G. Marchal y R. D. Mason, Estadistica Aplicada a los Negocios y la Economia, 11 ed., Bogota, Colombia: Alfaomega, 2004.

[6] W. E. Deming, Calidad, Productividad y Competitividad, Madrid: Ediciones Diaz de Santos, 1989.

[7] K. Ishikawa, ¿Qué es el Control Total de la Calidad?, México: Grupo Editorial Norma, 1997.

Estandarización y control de sustancias químicas: Caso de estudio en una empresa de arneses eléctricos.

J. Chávez Medina[1], N. A. Santiesteban Lopez[2], V. G. Luna Fernandez[2], G. M. Mora Beltrán[1], W. Ortiz Martínez[1.]*

Dirección de Ingeniería Industria, Universidad Politécnica de Puebla, Tercer Carril del Ejido "Serrano" s/n San Mateo Cuanalá. Juan C. Bonilla, Puebla, Pue. México

[2]Facultad de Administración, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, Av. San Claudio y 22 Sur, Sin Número, Col. Jardines de San Manuel, Puebla, Pue. México

asantiesteban2@hotmail.com

***Área de participación**: Ingeniería industrial.*

Resumen

El presente trabajo de investigación fue realizado en la empresa de autopartes automotrices, la cual tiene presencia en México, Estados unidos, Brasil, China y Alemania. En una auditoría interna llevada por ISO 14001 al departamento de EHS, fueron encontradas 9 no conformidades en el sistema de gestión ambiental, que evidenciaban la falta de control y del seguimiento de calidad de acuerdo con su programa establecido en el apartado de manejo de sustancias químicas. A inicios del año 2019, comenzó a adoptar el Sistema Globalmente Armonizado que involucraba la migración del rombo de seguridad a los pictogramas. Para ello se realizó un mapeo de todas las áreas que manejan sustancias químicas, así como el etiquetado, almacenaje y validación de las hojas de seguridad, con el objetivo de estandarizar y controlar las sustancias químicas en base al sistema de gestión ambiental de la ISO 14001 aplicando la metodología PDCA

***Palabras clave**: ISO 14001, hojas de seguridad, sustancias químicas, PDCA.*

Abstract

This research work was carried out at the automotive auto parts company, which has a presence in Mexico, the United States, Brazil, China and Germany. In an internal audit carried out by ISO 14001 to the EHS department, 9 non-conformities were found in the environmental management system, which evidenced the lack of quality control and monitoring according to its program established in the section on handling chemical substances. At the beginning of the year 2019, it began to adopt the Globally Harmonized System that involved the migration of the security diamond to the pictograms. For this purpose, a mapping of all the areas that handle chemical substances was carried out, as well as the labeling, storage and validation of the safety sheets, with the aim of standardizing and controlling chemical substances based on the environmental management system of ISO 14001. applying the PDCA methodology.

***Key words**: ISO 14001, safety sheets, chemical substances, PHVA.*

Introducción

Actualmente las empresas se han enfocado en las sustancias químicas, ya que hoy en día forman parte fundamental de la vida diaria y de todo lo que le rodea, éstas son usadas en prácticamente la mayoría de las actividades del ser humano, siendo los procesos industriales uno de los más fuertes y representativos, ahora bien así como resultan en gran manera beneficiosas [1], bajo condiciones poco idóneas o con un manejo inadecuado así como una errónea disposición de éstos, pueden convertirse en una fuente de riesgos importantes para la misma salud e incluso para el medio ambiente [2], dichas sustancias se pueden llegar a encontrar en el aire, el agua y el suelo de manera natural (un ejemplo, arsénico en el agua), ya sea porque son emitidas por actividades de extracción y/o explotación, como lo es en el caso de la industria minera, pero el panorama en general es que cada sector industrial está asociado a un grupo específico de contaminantes químicos y por ende residuos peligrosos [3].

Llegados a este punto, acorde con la NOM-052-SEMARNAT-2005, se menciona los residuos peligrosos en cualquier estado físico por sus características corrosivas, reactivas, inflamables, tóxicas y biológico-infecciosas (CRETIB), representan un peligro para el medio ambiente y su equilibrio, así como al resto de la población en general [4], por lo tanto es de suma importancia que todos los procedimientos, criterios y características que pueden ayudar a identificar de manera eficiente y adecuada los riesgos de dichas sustancias sea algo primordial, esto anterior con el objetivo de identificar de manera propicia si un residuo es peligroso o no.

Debido a lo anterior, queda claro el por qué la importancia de contar con un sistema de gestión ambiental, regido bajo la ISO 14001, esto con la finalidad de dar a conocer los peligros a los cuales podrían estar expuestos los usuarios de dichas sustancias y por ende, tomar las medidas de control correspondientes para minimizar afecciones futuras a la salud así como hacia el medio ambiente y poblaciones aledañas; la correcta implementación de un sistema que nos permita identificar, evaluar y etiquetar sustancias peligrosas, nos garantiza el acceso a la información de todos los posibles riesgos que conlleva el usar determinadas sustancias [5], a su vez, permite a las empresas contar con un plan de respuesta a emergencias oportuno en base a los riesgos de cada sustancia, así como la prevención de incidentes con éstas [6]. Debido a lo anterior el objetivo de la presente investigación es controlar y estandarizar el manejo de las sustancias químicas peligrosas dentro de la empresa del sector automotriz en base al sistema de gestión ambiental de la ISO 14001:2015; a partir de esta sección se denominará “empresa A” o “empresa del sector automotriz” debido a un contrato de confidencialidad. La definición de lo que es un sistema integrado de gestión ha ido recibiendo diferentes aportes y/o modificaciones desde el año 1998 [7], hoy en día es muy común que en cada norma ISO se haga hincapié al liderazgo, la política de las altas direcciones y el compromiso, todo esto para que la implementación sea eficaz. un sistema integrado de gestión queda identificado por la pérdida de identidad de los subsistemas [8], lo cual podríamos interpretar como el proceso de la unión de diferentes sistemas con el objetivo de volverse en uno solo pero más eficaz, esto para lograr los objetivos que estén relacionados con la satisfacción de una gran variedad de grupos interesados. Uno de los movimientos que en la actualidad ha ido tomando importancia en las empresas, es la implantación de sistemas de gestión ambiental basados en la norma ISO 14001:2015 [9]; Para lo cual se define un sistema de gestión ambiental como una parte del sistema de gestión empresarial que abarca desde la estructura de la empresa, la planificación de todas las actividades, los procesos y procedimientos establecidos, sus responsabilidades y los recursos con los que cuentan para el desarrollo, la implementación, su revisión y por consiguiente mantener la política ambiental de la planta [10]. Un correcto enfoque sistemático a la gestión ambiental, puede brindar información a las altas directrices para lograr y crear con éxito opciones a largo plazo para la contribución al desarrollo sustentable, todo mediante la prevención o mitigación de todos los impactos ambientales de la empresa, efectos potencialmente adversos de las condiciones ambientales [11, 12]; resumiendo un sistema de gestión ambiental (MSA, por sus siglas en inglés) considera varios aspectos en los cuales se consideran implicaciones para todas las políticas ambientales previamente establecidas, así como los sistemas de control de calidad y las estrategias que llevarán al cumplimiento en materia de legislación y la reducción de todos aquellos impactos ambientales [13, 14] De la misma manera, dentro del Sistema de Gestión Ambiental se encuentra el denominado SGA (Sistema Globalmente Armonizado), el cual ofrece un conjunto de criterios armonizados sobre los peligros adversos de las sustancias químicas [15], dichos criterios se encuentran establecidos en las hojas de seguridad (MSDS) y en sus correspondientes etiquetas; tuvo su origen a partir del capítulo 19 de la agenda 21 y posteriormente aprobada en la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el medio ambiente y el desarrollo [16]. Hoy en día, el sistema globalmente armonizado debe ser utilizado mundialmente, esto fue decretado en el año 2002 durante la cumbre mundial sobre el desarrollo sostenible, donde se hizo la invitación a los países a aplicar el sistema lo más antes posible [17] y su aplicación de dicho sistema se ha iniciado, teniendo como referencia a varios países que lo han incorporado, Venezuela, Estados unidos, Brasil, Colombia, Perú, Chile, Canadá y México [1].

Contextualización de la empresa.

La “empresa A” es un proveedor internacional de la industria automotriz con más de 60 plantas en todo el mundo. Operando en Norteamérica desde 1976, esta empresa familiar fabrica sistemas de interiores, arneses, sistemas de gestión eléctricos y componentes plásticos para los fabricantes de automóviles a nivel mundial en el segmento Premium. Con productos exclusivos de interiores, La

 ISSN 2007-8102

"empresa A" crea carácter dentro del interior de un automóvil: El trabajo artesanal en su totalidad crea soluciones de interiores de lujo de los estándares más demandantes. También asegura la comodidad de los conductores con sus complejos y personalizados sistemas de arneses. La combinación de competencias centrales interior, eléctrica, electrónica y movilidad electrónica hacen lo único en la industria; da soporte a todos los proyectos de vehículos desde la primera idea hasta la entrega en serie. Esta es una filosofía que requiere un dominio perfecto de toda la cadena de procesos, desde el concepto inicial, al desarrollo y proceso de producción. Unifican diseño, adquisición, los más modernos procesos de simulación, diseño de herramientas, desarrollo de procesos, producción, tecnología de pruebas e inspección, y a la precisa entrega en secuencia de los productos (Ver Tabla 1)

Tabla 1. Información general de la "empresa A".

Número de empleados	4673
Tamaño	32,400 m2
Procesos	Corte, subensamble , high voltage . módulos . foam. KSK
Clientes	Volkswagen, Audi

Metodología

En concordancia con el sistema de gestión ambiental de la ISO 14001:2015, la metodología bajo la que se rige es la mejora continua (círculo PDCA), por lo tanto, se dividió en 4 fases: Planear, Hacer, Verificar y Actuar, el cual se enuncia a continuación.

Fase de planear.

En esta primera etapa se hizo la identificación de los impactos y aspectos ambientales, por cada área de la empresa. Se comenzó a hacer el análisis de los impactos ambientales significativos de cada espacio en la que se usan sustancias químicas, esto con la finalidad de facilitar el mapeo de sustancias químicas por área que posteriormente se llevaría a cabo, así como detectar qué tipo de equipos usan en su proceso y si éstos representan algún impacto negativo hacia el medio ambiente. Dentro del área de logística se encuentran dos almacenes donde se tienen sustancias químicas siendo: el almacén de indirectos y el almacén de foaming (siendo éste el que contiene una de las sustancias más peligrosas dentro de la planta), también se contempla los usos de los montacargas, los cuales, podrían representar cierto impacto negativo, esto debido al ácido de las baterías que éstos usan. En el área FOAM se utiliza (dentro del proceso) el isocianato (químico corrosivo y reactivo) que como anteriormente se había comentado, es uno de los más peligrosos dentro de los procesos productivos de la planta, por lo tanto, en conjunto con el almacén de foaming de logística, es una de las áreas donde es prioridad comunicar los riesgos e implicaciones del uso de dichas sustancias. El área de MPT Service, es denominada el departamento de mantenimiento a equipos, tanto para el mantenimiento preventivo como para el correctivo, se usan casi los mismos químicos, a su vez, el volumen utilizado no es demasiado, pero la mayoría son aerosoles que, denominados en el CRETIB, en su mayoría son explosivos.

Prosiguiendo con las áreas dentro de la fase de planear se puede mencionar que el departamento de mantenimiento a líneas es más extenso, ya que en él se abraca desde el área de Workshop (mantenimiento/estructuras), Toolroom, Toolroom KS-VK, Boardshop, laboratorio y metrología que, aunque dan mantenimiento a diferentes áreas, usan químicos similares, tal es el caso de ambos Toolroom, metrología y boardshop. Continuando con el análisis de las áreas, en la sección del comedor los químicos empleados no son en su mayoría altamente peligrosos, a excepción de los pesticidas, y no se tiene el control de dichos químicos (etiquetado, formatos de alta de químicos, etc.). Con la información que se recopiló, se realizó un mapeo de procesos, el cual fue primordial para identificar y detectar el área que utilizaba mayor cantidad de químicos, como se puede observar en la Tabla 2.

 ISSN 2007-8102

Tabla 2. Sustancias químicas documentadas.

No.	Áreas	Número de sustancias utilizadas (documentadas)
1	Almacén 833	20
2	Boardshop	2
3	Comedor	7
4	Facilily	105
5	Foam	14
6	Indirectos	13
7	Laboratorio	14
8	Metrología	3
9	Service	10
10	Toolroom	5
11	Toolroom Ks	11
12	Workshop	11
	Total	**215**

Aunado a la información de la Tabla 2, el área que más químicos maneja de acuerdo con los registros de EHS, es Facility, puede observarse en porcentajes con la Figura 1:

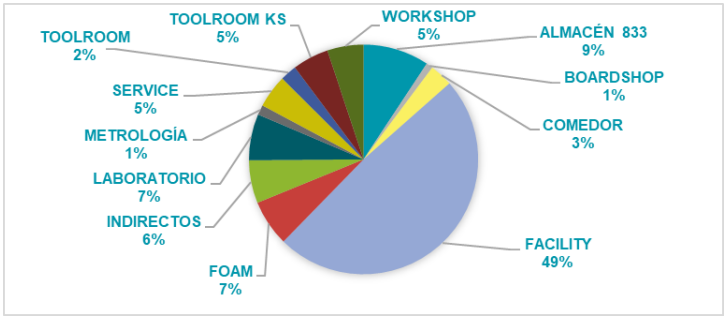


Figura 1. Gráfica de porcentaje de sustancias químicas por área.

El área que más químicos emplea de acuerdo con los registros de EHS, es Facility, la cual, representa el 49% del uso de químicos de toda la planta, en consecuencia, es el área de interés; lo que prosiguió fue realizar un listado de todas las sustancias químicas y se elaboró una comparativa que aún se usaban en las áreas, contra lo que se tenía documentado en el departamento de EHS, en la Tabla 3 y Figura 2, se puede apreciar el número real de sustancias que había en las áreas.

Tabla 3. Listado de sustancias químicas en piso.

No.	Áreas	Número de sustancias utilizadas (real en áreas)
1	Almacen 833	20
2	Boardshop	2
3	Comedor	7
4	Facilily	105
5	Foam	13
6	Indirectos	10
7	Laboratorio	15
8	Metrología	5
9	Service	10
10	Toolroom	10
11	Toolroom Ks	19
12	Workshop	9
	Total	**225**

 ISSN 2007-8102

Una vez obtenidos los datos se prosiguió a la siguiente fase para comenzar a implementar el sistema globalmente armonizado dentro de la planta.

Fase de Hacer

En esta fase se realizó una programación para capacitar a los encargados de cada área sobre el nuevo sistema y el procedimiento para la identificación de las sustancias, así como los nuevos formatos que se estarían usando, haciendo hincapié que era responsabilidad de todos y cada uno de los encargados de área, bajar la información a la demás plantilla de su departamento. En el etiquetado se tomó en cuenta los pictogramas y ya no el rombo de seguridad, donde se mencionan las indicaciones de peligro (frases H de peligro) y también se añadieron los consejos de prudencia que indican qué hacer al momento de manipular dicha sustancia, así como cada una de las restricciones, también actualizaron las hojas de seguridad con el nuevo sistema ya implementado y se hizo un listado de las sustancias que ya contaban con el SGA así como de las sustancias que se dieron de baja en la planta.

Una vez realizado lo anterior, se procedió a capacitar a todos los encargados de las áreas que manejaban sustancias químicas peligrosas, con la finalidad de explicarles el flujo y procedimiento que tenía cualquier químico al momento de ingresar, permanecer y salir de la planta; en dicha plática se abordaron temas como el nuevo y correcto etiquetado de las sustancias, la introducción de los pictogramas y la eliminación del rombo de seguridad, solo por mencionar algunos puntos. Es importante mencionar que las responsabilidades se asignaron por niveles, iniciando por el supervisor de cada departamento que utilice sustancias químicas, seguido por el responsable de seguridad e higiene, posteriormente los técnicos que se encargan de capturar la información de dichas sustancias en cada área y finalmente los empleados que usan los químicos en sus actividades diarias.

Una vez que se impartió la capacitación y se creó un nuevo flujo de las sustancias dentro de la empresa, se creó un formato nuevo para el registro de las sustancias (nuevo KV), en el cuál, se pretendió que todos los químicos usados en un área específica se vieran reflejados en el formato.

Fase de Verificar

En la fase de verificar se comenzó con la migración al nuevo formato del KV, así como la actualización del documento para dar de alta algún químico nuevo, cada área tenía la responsabilidad de llenar dichos formatos, dependiendo de que químicos aún seguían estando vigentes, por ejemplo, el área de Boarshop así realizó el llenado de dicho documento.

En este sentido, la actualización del formato de alta de químicos comenzó a llevarse a cabo inmediatamente después de la capacitación sobre sustancias peligrosas a las áreas, en dicho formato se consideran los peligroso de incendio y/o explosión, así como para la piel, inhalación y el posible riesgo ambiental, en este documento se tomó a consideración lo de un posible cambio de químico (sustitución) por algún otro menos dañino, de igual manera las personas involucradas debían de firmar dicha liberación, encargado del área (persona que requería el ingreso de la sustancia a la planta), coordinador de seguridad industrial, coordinador de medio ambiente y finalmente el doctor de la planta.

Una vez que los formatos fueron implementados en las áreas, se hizo otro recuento de las sustancias peligrosas, para verificar que tanto la información en el nuevo KV coincidiera con la que se encontraba en las respectivas hojas de seguridad (Ver tabla 4), cabe destacar que todas y cada una de las sustancias dentro de la planta debían de estar etiquetadas, así su hoja de seguridad determina que no hay algún riesgo hacia la salud o el medio ambiente, pero el 2018 en el área de Foam se consideraba al Elastofoam (componente de poliol) como una sustancia química peligrosa (Ver Tabla 4)

 ISSN 2007-8102

Tabla 4. Identificación de sustancias químicas peligrosas y no peligrosas.

No.	Áreas	Número de sustancias químicas peligrosas	Número de sustancias químicas no peligrosas
1	Almacén 833	15	0
2	Boardshop	2	0
3	Comedor	2	9
4	Facilily	47	3
5	Foam	11	2
6	Indirectos	7	3
7	Laboratorio	13	1
8	Metrología	4	1
9	Service	7	1
10	Toolroom	8	1
11	Toolroom Ks	4	0
12	Workshop	8	1

Dado que las hojas de seguridad se actualizaron, por consiguiente, algunas sustancias cambiaron en cuanto al riesgo de peligrosidad y, por ende, algunas de ellas se dejaron de considerar como sustancias químicas peligrosas, entre ellas, como ya se había mencionado. Habiendo hecho esto, se estima que al menos 250 kilos al año de Elastofoam (componente de poliol) son dispuestos como residuo peligroso, por lo tanto, al no ser peligroso, se puede disponer de distinta manera y más económica con el proveedor PASA, dado que el costo de disposición de cada tambo lleno es de $495 pesos, en promedio actualmente se estaban desechando 117 tambos anualmente, dicho en números, anualmente se disponían $57,915 pesos, lo cual podemos interpretar como una disminución de gastos hacia la empresa, de igual manera se le realizó un estudio CRIT con la finalidad de cerciorarse que efectivamente dicha sustancia no representaba riesgo alguno hacia la salud o el medio ambiente, aunado a lo anterior

Fase de Actuar

Finalmente, como parte de la mejora continua, para asegurar que la estandarización y control de las sustancias seguiría igual después de la finalización del proyecto, se hizo una programación mensual de la revisión de los químicos y las gavetas que los contenían, dicha programación se hizo hasta el mes de noviembre del año 2020. Para asegurar que la persona que vaya a revisar las gavetas y los químicos lo haga de manera adecuada, se hizo una lista de verificación que deberá ser llenado en cada revisión programada por la persona encargada de EHS.

Discusión de Resultados

De acuerdo a lo que se realizó en las últimas dos fases de éste proyecto (Verificar y actuar), se dieron de baja 85 sustancias químicas en toda la planta, de igual manera se identificaron 128 sustancias como peligrosas y 22 como no peligrosas, entre ellas, cabe destacar al Elastofoam, el cual, al retirarse de las sustancias químicas peligrosas, se calculó un ahorro de $57,915 pesos anuales; por lo tanto, se actualizaron 150 hojas de seguridad y se realizaron el mismo número de etiquetas, logrando estandarizar la identificación de los peligros de cada uno de los químicos, así como la comunicación de riesgos por el manejo de éstos. Adicional se realizó una capacitación de tres sesiones para todas las áreas que manejaban sustancias químicas y posteriormente se llevó a cabo la migración a los nuevos formatos de revisión de químicos, así como el alta de éstos, en un total de trece áreas, con la participación de más de veinte personas. Finalmente se hizo un cronograma con las futuras revisiones de los KV mes con mes, así como una lista de verificación con la finalidad de servir como guía al

momento de revisar las gavetas y los químicos que se encuentren en éstas y de esta manera, mantener el estándar del etiquetado, almacenamiento y control de dichas sustancias. Es importante señalar que hay estudios que referentes a control y manejo de sustancias químicas como [18], el cual plantea una propuesta de integración del sistema globalmente armonizado, con el estándar OHSAS 18001 y la Norma ISO 14001, en el proceso de abastecimiento de sustancias químicas peligrosas para gerencia refinería Barrancabermeja de Ecopetrol, o como [19], donde expone sobre la Ley de Control de Sustancias Químicas en Japón, o como [20], el cual menciona en su investigación sobre un sistema de gestión por procesos para la evaluación del desempeño ambiental a partir de la implementación de diagnósticos PHVA, sin embargo, existe poca evidencia de estudios sobre la aplicación de la metodología PDCA considerando la norma ISO 14001, a pesar de lo cual, se puede afirmar que la aplicación de la metodología empleada (PDCA), está en concordancia con autores que han aplicado de la misma forma en la industria manufacturera para mejorar la calidad principalmente pero sin considerar ISO 14001, para casos de estudio como los realizados por [21, 22, 23, 24] entre otros.

Conclusiones

Es importante llevar un control de las sustancias químicas, así como lo menciona la Norma Oficial Mexicana NOM-018-STPS-2015, ya que nos da una perspectiva de todos y cada uno de los posibles riesgos a los que se exponen el personal operativo de la empresa, el tener un buen sistema de identificación de químicos, permitirá tener el control total de las sustancias que ingresan y salen de la planta, así como contar con un sistema estandarizado aplicado en éstos, por lo tanto, de acuerdo a lo que se realizó en el presente trabajo, como un mapeo de las áreas que usan sustancias químicas peligrosas de manera que se identificaron 128 sustancias peligrosas de 13 áreas diferentes. Se verificó la documentación de liberaciones de químicos ya que los documentos utilizados para la liberación y alta de químicos se encontraban desactualizados y llenados de manera incorrecta, por lo tanto, se implementó un nuevo formato que al mismo tiempo permitía evaluar la peligrosidad de la sustancia en cuestión y/o una posible sustitución. Se migraron hojas de seguridad de acuerdo al Sistema Globalmente Armonizado desechando todas aquellas que aún tenían el rombo de seguridad y en algunos casos se dieron de baja dichos químicos. Se realizaron un total de 150 etiquetas de identificación de químicos de acuerdo al Sistema Globalmente Armonizado para la correcta identificación de todos los químicos en la planta. Se implementaron formatos de liberación y registro de sustancias químicas peligrosas.

Referencias.

[1] M. Moreno. “Revisión del sistema globalmente armonizado de clasificación y etiquetado de productos químicos implementado en la empresa Propal” Santiago de Cali: Universidad autónoma de Occidente. 2014.

[2] C. A. Mendoza. LAS SUSTANCIAS QUÍMICAS EN MÉXICO. PERSPECTIVAS PARA UN MANEJO ADECUADO. Revista Internacional de Contaminación Ambiental, 33(4). Recuperado de https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=370/37055174019. 2017.

[3] PNUMA.). “Global chemicals outlook. Hacia una gestión racional de las sustancias químicas. Informe de síntesis para los responsables de la toma de decisiones”, Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente. Informe, Ginebra, Suiza. 2012.

[4] SEMARNAT. “NORMA Oficial Mexicana NOM-052-SEMARNAT-2005, Que establece las características, el procedimiento de identificación, clasificación y los listados de los residuos peligrosos”, México. Diario Oficial de la Federación, recuperado de http://www.dof.gob.mx/normasOficiales/1055/SEMARNA/SEMARNA.htm, 2005.

[5] D. C. Castro. “Implementación de un Sistema de Evaluación, Identificación y Comunicación de los riesgos y controles asociados a las Sustancias Químicas”. 2017.

[6] A. Sierra, L. Meléndez, A. Ramírez-Monroy y M. Arroyo. La química verde y el desarrollo sustentable. RIDE 5 (9), 15. 2014.

[7] M Bugdol, y P Jedynak, “Integration of standardized Management System. En M. Bugdol, y P. Jedynak, Integrated Management System”, Suiza: Springer International Publishing, pp. 193. 2015.

[8] A. Rodríguez y M. Pérez, Integración de los sistemas de gestión de calidad, ambiental y seguridad y salud en el trabajo en una entidad pública del orden nacional del sector hacienda. Signos: Investigación en sistemas de gestión, 10(2), 141-157. 2018.
[9] A. Ruiz, y M Batista. “Integración de los sistemas de gestión de calidad, ambiental y seguridad y salud en el tr.abajo en una entidad pública del orden 1 nacional del sector hacienda”, Argentina: AENOR. 2017.
[10] A. García, L. González, L., Pérez, y M. Hernández “Método para la implementación de un sistema de gestión ambiental aprovechando un sistema de gestión de la calidad previamente implantado”, Revista de Arquitectura e Ingeniería, vol. 9, no.2, pp.1-10. 2015.
[11] F. Fraguela, L. Carral, G. Iglesias, A. Castro, y M. Rodríguez. “La integración de los sistemas de gestión. Necesidad de una nueva cultura empresarial”, España: Universidad de A Coruña, 2016.
[12] J. L. Fernández, V.García, M. C. Morales, y M. N Soto “Guía para la aplicación de UNE-EN ISO 14001: 2015”, AENOR Ediciones, 2015.
[13] B. C. S Peixe, A. C. Trierweiller, A. C. Bornia, R. Tezza, y M.D.S. Lucila. “Factors related to the maturity of environmental management systems among brazilian industrial companies”, Rae, vol. 59, no.1, 2019.
[14] N. Acuña, L. Figueroa, y M. J. Wilches. “Influencia de los sistemas de gestión ambiental ISO 14001 en las organizaciones: Caso estudio empresas manufactureras de barranquilla”, Ingeniare. Revista Chilena De Ingeniería, vol. 25, no.1, 2017.
[15] F. B. Ayoví, “Manual de gestión y control ambiental”, Acierto Gráfico. 2016.
[16] F. Castro. “Discurso en la CNUMAD. Cumbre Mundial de Medio Ambiente y Desarrollo. Brasil”, 1992.
[17] Cumbre de Johannesburgo. “Informe de la Cumbre Mundial sobre el Desarrollo Sostenible”, 2007.
[18] Y. M. Saavedra y C, J. A. Orozco “Propuesta de integración del sistema globalmente armonizado, con el estándar OHSAS 18001 y la Norma ISO 14001, en el proceso de abastecimiento de sustancias químicas peligrosas para gerencia refinería Barrancabermeja de Ecopetrol SA”. 2017.
[19] T. Osada, R. Tanaka, K. Nishi y T. Suzuki,“The electronic submission on the Chemical Substances Control Law in Japan: the electronic systems using XML and database system for the great volume of the document required for the notification of new chemical substances”, Joho Kanri, vol.44, no.2, pp.104–112. 2001.
[20] A. M., Jiménez, J. O. Ferreira, N. A., León y D. E., Martínez. “Sistema de gestión por procesos para la evaluación del desempeño ambiental a partir de la implementación de diagnósticos PHVA”, Producción Más Limpia, vol. 11, no. 1, pp. 150–161. 2016.
[21] B. N Carboni, N. N. De la Cruz, y N Castellares. “Aplicación de la metodología PHVA para incrementar la productividad en una empresa conservera de pescado”, INGnosis Revista de Investigación Científica, vol. 5, no.2, pp.92-105. 2019.
[22] A. Meseguer, “The social dimension of quality management: analysis of an organization based on EFQM model”. 2017.
[23] P. Gupta. “Más allá de PDCA-A Nueva Gestión de Procesos”, Progreso de la calidad, vol. 39, no. 7, pp.45-53. 2006.
[24] R. Maruta “Maximizar la productividad del trabajo del conocimiento: un tiempo limitado y un ciclo PDCA visualizado por actividad”, Gestión de Conocimientos y Procesos, vol.19, no.4, pp. 203-214. 2012.

Diseño de un modelo básico para incrementar la productividad en la micro y pequeña empresa

E. E. Corona Mayoral[1], A. Torreblanca Zorrilla[1], D. del C. Gamboa Olivares[1], N. del C. Tenorio Prieto[2], A. de J. Patlani Aguilar[3]*
[1]Departamento de Ingeniería industrial, Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Veracruz, Ave. Miguel Ángel de Quevedo 2779, Col Formando Hogar, C.P. 91897, Veracruz, Ver. México.
[2]Departamento de Sistemas y Computación, Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Veracruz, Ave. Miguel Ángel de Quevedo 2779, Col Formando Hogar, C.P. 91897, Veracruz, Ver. México.
[3]Alumno de la Licenciatura en Ingeniería Industrial, Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Veracruz, Ave. Miguel Ángel de Quevedo 2779, Col Formando Hogar, C.P. 91897, Veracruz, Ver. México.
**coronaelsaelena@gmail.com; elsa.cm@veracruz.tecnm.mx*

***Área de participación**: Ingeniería Industrial*

Resumen

El Objetivo de este trabajo es proponer un modelo de gestión de la productividad en la micro y pequeña empresa (mype) para lo cual se realizó un estudio empírico exploratorio, que incluyó el análisis documental de los modelos más empleados de productividad. El modelo planteado considera dos niveles o ciclos, uno estratégico que considera la propuesta de valor y la estrategia de negocios y otro continuo que considera el análisis de la situación actual, las propuestas factibles, el plan de implementación de las mejoras y la evaluación de resultados. Se incluye el diseño de un instrumento para el diagnóstico de la situación actual, probado con un alfa de Cronbach de 0.9471 en 21 mypes.

***Palabras clave**: Modelo, Mype, Productividad.*

Abstract

The objective of this work is to propose a model to increase productivity for micro and small business (SME) for which an empirical-exploratory study that included the documentary analysis of the most used models of productivity. The model proposed considers two levels or cycles, one strategic that considers the value proposition and business strategy and another continuous that considers the analysis of the current situation, the feasible proposals, the plan of implementation of improvements and the evaluation of results. Included is the design of an instrument for the diagnosis of the current situation, tested with a Cronbach alpha of 0.9471 in 21 SMEs.

***Key words**: Model, Productivity, SMEs.*

Introducción

Las micro y pequeñas empresas (mypes) [1], representan a nivel nacional el segmento de la economía en México que aporta el mayor número de unidades económicas (99.4%) y que contiene el mayor número de personal ocupado (61.2%) [2]; sin embargo, la esperanza de vida al nacimiento de los negocios a nivel nacional es de 7.8 años [3], de ahí la relevancia de atender a este sector fortaleciendo su desempeño. En particular en el estado de Veracruz en donde se tiene que la esperanza de vida al nacimiento de los negocios es de 5.9 años, lo que indica que se encuentra debajo de la media nacional.

Por otra parte, Porter [4] considera a la productividad como el principal determinante del nivel de vida de un país en el largo plazo, la ONU refuerza esta opinión al declarar que la disminución de la productividad influye negativamente en el nivel de vida y los salarios [5]. México, preocupado por impulsar la reactivación económica como lo propone en el Plan Nacional de Desarrollo [6], podría hacerlo a partir del impulso de la productividad.

Actualmente existen varios modelos para medir la productividad [7], modelos para realizar un diagnóstico en la mype [8] [9] que traen como consecuencia un aumento en la productividad, modelos para el mejoramiento de la productividad [10] [11], pero son escasos lo que consideran aspectos estratégicos en su construcción. Es por ello que en el presente trabajo se propone un modelo para el incremento de la productividad en la mype que considere la propuesta de valor del negocio, así como la estrategia genérica que emplea lo que daría un propósito estratégico a las medidas a considerar.

Metodología

Se realizó un estudio empírico-exploratorio, en primer lugar, se analizaron los modelos de productividad más importantes encontrados mediante un estudio documental, posteriormente se propone un modelo de productividad a partir del método empírico y por último se elabora el instrumento de investigación para conocer los problemas que tienen las MyPEs (diagnóstico) por los que tienen baja productividad, siendo este un cuestionario compuesto por tres secciones: una primera sección con los datos del Negocio y del encuestado, la segunda sección compuesta por 50 preguntas cerradas con una escala Likert con 5 categorías de respuesta. La tercera sección compuesta por 17 preguntas abiertas con respuestas requeridas del tipo cuantitativo que podrán arrojar resultados tangibles y de seguimiento.

El instrumento para el diagnóstico se aplicó y probó utilizando muestreo por conveniencia [12] en 21 mypes, del municipio de Veracruz obteniendo un alfa de Cronbach de 0.9471 catalogado como excelente de acuerdo a George y Mallery [13] y Kaplan y Saccuzzo [14] que consideran valores entre 0.9 y 0.95 para la investigación aplicada**.**

Resultados y discusión

Análisis de los modelos de productividad

Como resultado de la investigación documental de los principales modelos de productividad [15] [16] se obtiene una tabla comparativa (ver Tabla 1) en relación a la alineación del modelo con la estrategia de negocios y la propuesta de valor, así como su área funcional de estudio observándose que solamente el Modelo de Integral de Productividad los considera.

Tabla 1. Modelos de productividad alineados a la estrategia de negocios y a la propuesta de valor.

MODELO	EN QUE CONSISTE	ALINEACION DEL MODELO CON LA ESTRATEGIA DE NEGOCIOS DE LA EMPRESA/ LA PROPUESTA DE VALOR	AREA FUNCIONAL DE APLICACIÓN DEL MODELO 1= Infraestructura 2= Mercadotecnia 3=Fabricación 4= Inv. y desarrollo 5= Recursos humanos 6= admón. de materiales					
			1	2	3	4	5	6
Kendrick-creamer 1965	Mide y analiza medidas de productividad total y parcial	No/no			x		x	x
Graig-Harris	La productividad es una medida de la eficiencia del proceso	No/no			x		x	x
APC American Productivity Center	Relaciona rentabilidad con productividad, y el factor de recuperación del precio	No/no	x		x		x	x
Modelo de productividad Total (MPT) Sumanth	Modelo integrador basado en una medida de Productividad total y en 5 medidas parciales de productividad	No/no	x	x	x	x	x	x
Modelo de Taylor-Davis	Modelo de productividad el factor total. Considera la totalidad de los insumos en función de los objetivos	No/no	x	x	x		x	x

Modelo Gestión Tecnológica de la productividad. Lombana et al.	Modelo ampliado de productividad total. Mide factores tangibles e intangibles de la productividad.	No/no	x	x	x		x	x
Modelo de crecimiento económico Solow	Propone un crecimiento económico no solo a partir del trabajo y del capital sino de la materia prima. Considera la productividad marginal de los factores	No/no			x		x	x
Modelo integral de la productividad. Medina Fernández	Busca la optimización de la productividad, considerando los objetivos estratégicos empresariales y el análisis y mejoramiento de la propuesta de valor para el cliente.	no/si	x	x	x	x	x	x

Fuente: elaboración propia con información de diferentes autores.

Modelo de productividad propuesto

Medina [16] encuentra que las empresas que operaban un plan estratégico tenían mejores resultados en productividad especialmente en sus resultados financieros [16] aunado ello a la revisión de la literatura, se diseña empíricamente el modelo para incrementar la productividad en la mype (Figura 1).

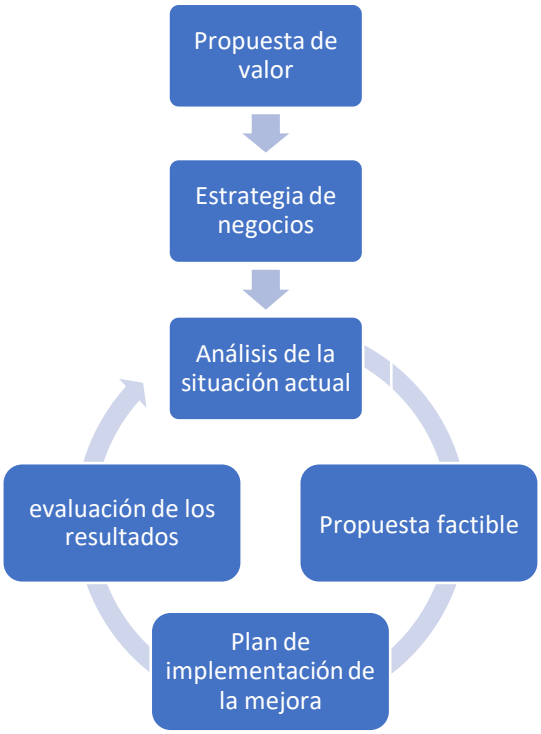


Figura 1.- Modelo de gestión de la productividad. Creación propia.

El modelo propuesto consta de 6 etapas las cuales se detallan a continuación:
Etapa I. *Propuesta de valor*: Reconocer o en su caso elaborar la propuesta de valor. La propuesta de valor es el elemento que hace que un cliente se incline por una u otra empresa mediante la solución a un problema o satisfaciendo una necesidad del cliente, constituye una serie de ventajas que una empresa ofrece a los clientes [17], estos beneficios son diseñados por la empresa en función de un profundo análisis de las necesidades del cliente. Definir la propuesta de valor es importante para alinear los recursos y actividades al logro de la misma. Osterwalder y Pigneur en su libro “Diseñando la propuesta de Valor” [18] explican de una manera clara y breve su diseño.

Etapa II. *Estrategias genéricas*: Reconocer o en su caso determinar el tipo de estrategia genérica adecuada para la empresa alineada a la propuesta de valor. Las estrategias competitivas son un factor fundamental para determinar la forma en que las empresas van a competir en los mercados [19]. Porter en su libro Estrategia

competitiva: define tres tipos de estrategias genéricas a nivel negocios: bajo costo, diferenciación y concentración [20]. Para Porter la estrategia competitiva involucra posicionar a una empresa para maximizar su ventaja competitiva, creando valor para los compradores [20]. Al igual que para la propuesta de valor, es importante definir la estrategia genérica a fin de lograr el adecuado uso de los recursos y la correcta implementación de las actividades.

Es a través de las estrategias genéricas a nivel negocios como la empresa puede hacer frente a las fuerzas de la competencia y conseguir una ventaja competitiva sostenible que le permita superar a las firmas rivales, la ventaja competitiva crece en función del valor que una empresa es capaz de generar es decir lo que los compradores están dispuestos a pagar [21] y los compradores estarían dispuestos a pagar más en función del cumplimiento de sus necesidades reflejadas en la propuesta de valor. De ahí que la propuesta de valor y la estrategia de negocios deben de estar alineadas.

Etapa III. *Análisis de la situación actual:* Aplicar el cuestionario (Instrumento diagnóstico) de acuerdo a la estrategia genérica y obtener los resultados por departamento funcional. Por su importancia se amplía el tema en "Diseño de la prueba diagnóstico" en el siguiente apartado.

Etapa IV. *Propuesta factible*: Analizar las propuestas de mejora. Las propuestas de mejora se analizan bajo el enfoque de costo-beneficio seleccionado aquellas que disminuirán los costos en mayor medida. Snell cataloga al análisis costo beneficio como una técnica formal y sistemática [22], aunque no del todo objetiva [23], pero suficiente.

Etapa V*. Plan de mejora:* Elaborar el plan de mejora con las actividades y tiempos requeridos para lograr la propuesta de mejora. Para tal fin, Sumanth propone más de 50 técnicas para el mejoramiento de la productividad [24].

Etapa VI. *Evaluación de resultados:* La técnica utilizada para la evaluación del Plan de mejora [25] es: Diseñar un plan de evaluación en base a los objetivos e indicadores, ejecutar el plan de evaluación, realizar un informe sobre la evaluación indicando las ventajas y desventajas, de los resultados obtenidos del Plan de mejora.

El modelo de esta manera considera dos niveles o ciclos, uno estratégico que considera la propuesta de valor y la estrategia de negocios y otro continuo que considera el análisis de la situación actual, las propuestas factibles, el plan de implementación de las mejoras y la evaluación de resultados.

Diseño de la prueba diagnóstico

De acuerdo a lo anteriormente referenciado en este artículo, para Porter, un incremento en la calidad permite proponer un precio de venta mayor y/o gastar menos en costos relacionados con una mala calidad. La eficiencia permite tener menores costos y la innovación precios de venta mayor al proponer un producto novedoso o costos menores al emplear maquinaria o procesos productivos innovadores que reduzcan el uso de los factores de la producción en el corto o largo plazo. Una estrategia genérica de bajo costo potencia la eficiencia y la calidad y una estrategia de diferenciación, la innovación y la capacidad de satisfacción del cliente. Es a través de la calidad, la eficiencia y la innovación como la productividad puede incrementarse.

Desde esta perspectiva se diseña el cuestionario diagnóstico siguiendo tres ejes fundamentales: calidad, innovación y eficiencia soportados por la ISO 9001:2015 y por el Manual de Bogotá [26]. El cuestionario es de 50 preguntas relativas a los departamentos funcionales de administración de materiales (5), fabricación (10), investigación y desarrollo (3), infraestructura (14), mercadotecnia (9) y recursos humanos (9). El abordaje se realiza desde calidad con 30 preguntas, eficiencia con 18 y dos preguntas de innovación. De esta manera dependiendo la estrategia genérica que la microempresa tenga son los bloques de preguntas a los cuales se les dará mayor importancia (calidad, innovación o eficiencia) ver Tabla 2, así también se conoce el departamento funcional a las que las acciones a tomar pertenecen mejorando así el uso de los recursos (Tabla 3).

Tabla 2. Algunas preguntas correspondientes al bloque genérico denominado calidad

Bloque de la ventaja competitiva	Depto. funcional	No.	pregunta
Calidad	mercadotecnia	1	¿Se conocen las necesidades del cliente?
Calidad	mercadotecnia	3	¿Existe un mecanismo de retroalimentación del cliente relativa al producto y/o servicio?
Calidad	mercadotecnia	11	¿El cliente firma de conformidad por el producto y/o servicio?
Calidad	fabricación	15	¿Se cuenta con diagramas de proceso?
Calidad	Investigación y desarrollo	18	¿El producto es de fácil fabricación de acuerdo al diseño?
Calidad	Administración de materiales	28	¿Hace un análisis para la selección de los proveedores?

Fuente: elaboración propia

Tabla 3. Algunas preguntas correspondientes al departamento funcional de Recursos Humanos

Bloque de la ventaja competitiva	Depto. funcional	No.	pregunta
Eficiencia	Recursos humanos	19	¿Cuenta con un programa de seguridad industrial?
Eficiencia	Recursos humanos	22	¿El personal conoce el manejo, operación y cuidado de los equipos?
Calidad	Recursos humanos	34	¿Se tienen documentadas las competencias que deben tener los trabajadores?
Calidad	Recursos humanos	35	¿Se hace una selección del personal en base a las competencias requeridas?

Fuente: elaboración propia

Resultados del cuestionario

De las 21 empresas estudiadas: cinco tienen definida su propuesta de valor, seis trabajan con una estrategia genérica de bajo costo, tres con una estrategia de diferenciación y 12 no tiene una estrategia clara. Las empresas con una estrategia genérica alineada a su propuesta de valor son dos. Se prueba el cuestionario (diagnóstico) diseñado para monitorear la productividad desde el enfoque de la estrategia competitiva; como solo dos empresas tienen alineada su estrategia competitiva a la propuesta de valor se optó por aplicar el cuestionario completo a las 21 mypes del municipio Veracruz (alfa de Cronbach de 0.9471) para conocer su desempeño para incrementar la productividad independientemente de la estrategia genérica teniéndose el resultado siguiente: el promedio de años de operación de empresas es de 12.34 años, con un promedio de 5.38 trabajadores. De acuerdo a los datos obtenidos, la mayor parte de los encuestados cuenta con estudios de bachillerato 48%.

La cantidad de pedidos atendidos es de 91.52% y el porcentaje de utilización de la capacidad instalada es del 51%. Se observa que están más preocupados por aspectos de calidad, de manera ocasional a frecuentemente, que por la innovación (raramente). Se tiene que solo 41% de las mejoras identificadas son implementadas, siendo las innovaciones de producto y nuevos procesos las más recurrentes (15 y 11 respectivamente) Figura 2.

 ISSN 2007-8102



Figura 2. Negocios encuestados por tipo de innovación que han realizado en el último año.



Figura 3. Desempeño de los departamentos funcionales

Otro abordaje de la productividad se hizo desde el ámbito de los departamentos funcionales implicados. Teniéndose que los problemas son generados principalmente por asuntos relativos al recurso humano al obtener una calificación promedio pobre en el desempeño: 3.0 ver Figura 3.

Por otra parte, al analizar las paradas de producción y los pedidos atendidos se observa que las empresas que no cumplieron satisfactoriamente con la cantidad de pedidos solicitados (6 empresas) son aquellas que presentan 2 diferentes causas de paradas en la producción: por suministro de materia prima y fallas en equipo, Figura 4, sin embargo, analizando a más detalle se tiene que la *falta de operarios*, (75% de las empresas que tiene este problema provocan incumplimiento en la entrega de pedidos) y la *puesta a punto del equipo*, (100% de las empresas que tiene este problema provocan incumplimiento en la entrega de pedidos) son las principales razones.



Figura 4. Razones por las que hay paradas en la producción

Se pudo apreciar que en general siguen un plan básico de administración: El 86% tiene un programa de producción, el 67% cuenta con manuales y/o procedimiento de calidad (aunque no necesariamente declarado) y el 77 % promueve actividades de innovación.

El modelo de gestión de la productividad propuesto considera dos niveles o ciclos, uno estratégico que considera la propuesta de valor y la estrategia de negocios y otro continuo que considera el análisis de la situación actual, las propuestas factibles, el plan de implementación de las mejoras y la evaluación de resultados. Es un modelo de gestión de la productividad que alinea los objetivos estratégicos de la mype con una metodología que propone la mejora continua.

Lo anterior a diferencia de los diferentes autores analizados en donde se identificó que cada modelo tiene un área de aplicación específica en la empresa, exceptuando el modelo Integral de productividad [16] que busca la optimización de la productividad, considerando los objetivos estratégicos empresariales y el análisis y

mejoramiento de la propuesta de valor para el cliente. Medina encuentra que las empresas que operaban un plan estratégico tenían mejores resultados en productividad especialmente en sus resultados financieros [16].

Trabajo a futuro

Se formula la hipótesis a probar en un estudio posterior: La aplicación del modelo básico propuesto incrementará la productividad estratégica, definiéndose ésta última como una productividad alineada a la propuesta de valor y a la estrategia de negocios de la mype.

Por otra parte, se tiene convenio con la Cámara Nacional de Comercio de Veracruz para la aplicación del modelo en sus agremiados, así como el apoyarlos en capacitación, este proceso se atrasó debido a la pandemia del covid-19.

Conclusiones

1. Son pocos los modelos que consideran la planeación estratégica en su construcción. Sólo el modelo Integral de productividad [16] busca la optimización de la productividad considerando los objetivos estratégicos empresariales y el análisis y mejoramiento de la propuesta de valor para el cliente.
2. Confiar exclusivamente en medidas de productividad parcial y/o total sin considerar a la empresa como un todo y sus pretensiones puede conducirnos a sobreestimar un factor o a perder el enfoque y el direccionamiento de la empresa.
3. No hay una alineación entre la propuesta de valor y la estrategia genérica de las mypes estudiadas (91%). Peor aún 76% no tienen una propuesta de valor definida.
4. Aspectos relativos al recurso humano (adecuada selección de personal, carencia de una descripción de puestos, escasa capacitación y falta de estrategias para prevenir errores humanos) son los de más pobre desempeño en las mypes encuestadas (obtuvo un promedio de 3 de 5 de la escala Likert).
5. La falta de operarios (75% de las empresas que tiene este problema) y aspectos relativos al equipo (100% de las empresas que tiene este problema) provocaron incumplimiento en la entrega de pedidos de las mypes encuestadas.
6. Para la elaboración del cuestionario diagnóstico, no se obtuvieron datos de ingresos por venta y en general relativos a información sensible del negocio para evitar la predisposición del mismo dada la inseguridad que vive el país.
7.- El modelo es utilizado en un estudio mediante convenio de colaboración con CANACO- Veracruz para el mejoramiento de la productividad de cinco empresas en un periodo de un año haciendo el seguimiento, prueba y de ser necesario ajuste al mismo.

Agradecimientos

Al Programa para el Desarrollo del Personal Docente (Prodep) por el financiamiento del proyecto de investigación, así como a las 21 mypes del municipio conurbado de Veracruz, que permitieron el acceso a sus instalaciones para llevar a cabo la misma.

Referencias

[1] SEGOB , «Diario Oficial de la Federación,» 30 junio 2009. [En línea]. Available: http://dof.gob.mx/website/index.php?year=2009&month=06&day=30. [Último acceso: junio 19 2019].

[2] INEGI, «Micro, pequeña y gran empresa,» 2009. [En línea]. Available: https://www.inegi.org.mx/contenidos/programas/ce/2009/doc/minimonografias/m_pymes.pdf. [Último acceso: 17 junio 2019].

[3] INEGI, «Demografía de los negocios en México. Documento metodológico,» INEGI, 2016. [En línea]. Available: http://internet.contenidos.inegi.org.mx/contenidos/Productos/prod_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/nueva_estruc/702825088286.pdf. [Último acceso: 19 junio 2019].

[4] M. E. Porter, Ser competitivo, Barcelona: Deusto, 2009.

[5] ONU, «Objetivos de desarrollo sostenible,» 10 enero 2020. [En línea]. Available: https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/economic-growth/.

[6] Gobierno de México, «PND 2019-2024,» 2019. [En línea]. Available: https://www.gob.mx/cenace/acciones-y-programas/plan-nacional-de-desarrollo-2019-2024-195029.

[7] O. A. Moreno Villegas, «Productividad y desarrollo económico,» Universidad de Sonora, Sonora, s/f.

[8] N. Braidot, H. Formento y J. Nicolini, «Desarrollo de una metodología de diagnóstico para empresas PyMEs industriales y de servicios: Enfoque basado en os sitemas de administración para la Calidad Total,» Instituto de Industria, Argentina, 2003.

[9] P. E. Trigueros Estrada, «Diagnóstico Empresarial de las MIPYMES de agro-servicios ubicados en Asunción Mita y el Progreso, Jutiapa,» Universidad Rafael Landívar, Jutiapa, 2014.

[10] C. A. Gonzáles Flores, «Propuesta de un modelo de Gestión Estratégica del pedido en una asociación mediante consorcio de Mypes del sector metalmecánic de Villa El Salvador para la mejora de la competititvidad y un crecimiento sostenido,» Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, Perú, 2019.

[11] P. Godoy Azpeitia, «Mejora de la productividad para pymes y autónomos,» Universidad Comillas, Madrid, 2015.

[12] J. Casal y E. Mateu, «Tipos de muestreo,» *Epidem. Med. Prev.,* vol. 1, pp. 3-7, 2003.

[13] D. George y P. Mallery, SPSS for windows step by step: A simple guide and reference, Boston: Allyn & Bacon, 2003.

[14] R. M. Kaplan y D. P. Saccuzzo, Psychological testing: Principles, applications, and issues., Monterey, California: Cole Pub. Co., 1982.

[15] R. H. Lombana Sosa, W. Suárez Gaitán y C. N. Vega Santamaría, «Diseño e implementación de un modelo de productividad para la pymes metalmecánicas de Bogotá.,» *Clepsidra,* vol. 10, nº 19, pp. 149-169, 2014.

[16] J. E. Medina Fernández, «Modelo Integral de productividad, aspectos importantes para su implementación.,» *EAN,* nº 69, pp. 110-119, julio-diciembre 2010.

[17] A. Osterwalder y Y. Pigneur, Generación de modelos de negocios, primera ed., T. Clark, Ed., Barcelona: Centro Libros PAPF, S.L.U., 2011, p. 285.

[18] A. Osterwalder, Y. Pigneur, G. Bernarda y A. Smith, Diseñando la propuesta de valor, Barcelona: DEUSTO, 2015.

[19] E. Castro Monge, «Las estrategias competitivas y su importancia en la buena gestión de las empresas,» *Ciencias Económicas,* vol. 28, nº 1, pp. 247-276, 2010.

[20] M. E. Porter, Estaregia Competitiva: Técnicas para el análisis de los sectores industriales y de la competencia, México: Patria, S.A. de C.V., 2000, p. 394.

[21] M. Porter, Estrategia Competitia: Técnicas para el análisis de los sectores industriales y de la competencia, México, D.F.: Continental, 1985.

[22] M. Snell, Cost-Benefit Analysis, second ed., Thomas Telford, London., 2010.

[23] H. Cervone, «Using cost benefit analysis to justify digital library projects,» *OCLC Systems & Services: International digital library perspectives,* vol. 26, nº 2, pp. 76-79, 2010.

[24] D. J. Sumanth, Ingeniería y Administración de la productividad, México: Mc Graw-Hill, 1990.

[25] D. X. Proaño Villavicencio, V. Gisbert Soler y E. Pérez Bernabeu, «Metodología para elaborar un plan de mejora continua,» *3C Empresa,* vol. Edición Especial, pp. 50-56, 22 diciembre 2017.

[26] RICYT/OEA, «Manual de Bogotá,» 2001.

[27] SE, INADEM, BANCOMEXT, INEGI, «boletín de prensa núm. 285/16,» 13 julio 2016. [En línea]. [Último acceso: 18 juno 2019].

[28] J. E. Medina Fernández, «Modelo integral de productividad, aspectos importantes para su implementación.,» *EAN,* Vols. %1 de %2julio-diciembre, nº 69, pp. 110-119, 2010.

[29] D. J. Sumanth, Ingeniería y Adinistración de a productividad, México: Mc Graw Hill, 1990.

[30] A. Osterwalder y Y. Pigneur, «BusinessModelGeneration.com,» [En línea]. Available: https://inaem.aragon.es/sites/default/files/TALLER_5_Generacion_de_Modelos_de_Negocios.pdf. [Último acceso: 31 agosto 2020].

Elaboración del modelo de negocios de un snack nutritivo aplicando Design Thinking y Lean Canvas

E. E. Corona Mayoral[1], M. S. Aguirre Marín[2], M. del R. Bustos Ríos[2], A. Valdés Hernández[1], B. Conde Carreño[3]*

[1]Departamento de Ingeniería Industrial, Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Veracruz, Ave. Miguel Ángel de Quevedo 2779, Col Formando Hogar, C.P. 91897, Veracruz, Ver. México.

[2]Alumna de la Licenciatura en Ingeniería Industrial, Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Veracruz, Ave. Miguel Ángel de Quevedo 2779, Col Formando Hogar, C.P. 91897, Veracruz, Ver. México

[3]Departamento de Ciencias Económico-administrativas, Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Veracruz, Ave. Miguel Ángel de Quevedo 2779, Col Formando Hogar, C.P. 91897, Veracruz, Ver. México.

**coronaelsaelena@gmail.com; elsa.cm@veracruz.tecnm.mx*

***Área de participación**: Ingeniería Industrial*

Resumen

En este artículo se presenta la aplicación de la metodología Lean Canvas para elaborar el modelo de negocios de un snack nutritivo. El estudio se divide en tres fases: Análisis de datos, Design Thinking y Mapa de Empatía y Lean Canvas. Primero se determina el mercado necesitado como uno constituido por las personas con diabetes tipo II, luego se profundiza en el conocimiento del cliente y sus necesidades mediante el Mapa Empatía, se propone un snack nutritivo elaborado con Amaranto, Quinoa, Estevia, Moringa y Huevo; y posteriormente se desarrolla el producto mediante Design Thinking. Los prototipos se someten a opiniones de consumidores sobre su sabor y aspecto, se cuenta con la asesoría de un chef, dos nutriólogas, una doctora y tres profesores investigadores para opiniones y estudios relativos al producto. Se realiza una prueba sensorial del producto final en 105 personas, también una encuesta a 287 personas para corroborar la demanda, precio y puntos de venta.

***Palabras clave**: Design Thinking, Lean Canvas, Mapa de empatía, Snack*

Abstract

In this article we present the application of the Lean Canvas method to develop the business model of a nutritious snack. We divide the study into three phases: Data Analysis, Design Thinking and Empathy Map and Lean Canvas. First, we determinate the market in need as one made up by people with type II diabetes, then we deepened in the client's knowledge and their needs through the Empathy Map, we propose a nutritious snack made with Amaranth, Quinoa, Stevia, Moringa and Egg, and later, we develop the product through Design Thinking. We submit the prototypes to consume opinions on their taste and appearance, with the advice of a chef, two nutritionists, a doctor and three research professors for opinions and studies related to the product. We carry a sensory test of the final product out on 105 people, and a survey of 287 people to corroborate the demand, price and points of sale.

***Key words**: Design Thinking, Empathy Map, Lean Canvas, Snack*

Introducción

La diabetes tipo II, también llamada diabetes mellitus [1], es una enfermedad crónica que tiene lugar cuando el páncreas no realiza adecuadamente sus funciones o el organismo no aprovecha adecuadamente la insulina [2]. Tiene diferentes causas, entre ellas el estilo de vida y los genes [3]. La diabetes mellitus II es una de las mayores causas de muerte en México (segundo lugar), aunque de acuerdo al Instituto Mexicano del Seguro Social es la causa de los primeros dictámenes de invalidez [4], tan solo el costo anual de la atención de la diabetes oscilaba en el 2013 en los $179 mil millones de pesos, más costos por pérdida de ingresos y productividad debido a muerte prematura y discapacidad estimados en $183 mil millones de pesos [5]. Una de las consecuencias de la diabetes es el aumento del apetito [6], que aunado a la falta de tiempo y a los bajos precios hace que se de preferencia al consumo de comida rápida [7] que puede favorecer a la obesidad y al incremento de enfermedades crónicas, entre ellas la diabetes [8], generándose así un círculo vicioso.

Es en este escenario en donde surgen los snacks, un alimento ligero que es consumido entre comidas y que viene en paquete [9], el concepto de snack ha cambiado de uno poco saludable (papas fritas, galletas, golosinas, etc.) a tener una imagen de producto sano [10], es decir, aquellos constituidos por alimentos o ingredientes saludables (con vitaminas, minerales, fibra, grasas saludables, hidratos de carbono complejos y proteínas vegetales) que pueden ayudarnos a complementar la dieta. En el mercado existen diferentes snacks nutritivos, no así snacks específicos para diabéticos tipo II, con necesidades definidas, en donde los ingredientes y porciones deben de cuidarse.

Lo anterior, da origen a la elaboración de una propuesta de modelo de negocios Lean Canvas (L.C.), para **un snack saludable** que represente de manera simplificada la lógica del negocio [11], permitiendo visualizar las debilidades y fortalezas principales del proyecto [12]**;** utilizando como herramientas el Design Thinking, que se centra en las necesidades humanas, su análisis, prototipado y testeado [13] y el mapa de empatía para desarrollar el perfil del cliente con rapidez [14]. El Lean Canvas es una herramienta que ha sido poco explotada para el negocio de los snacks, algunas publicaciones encontradas enfocadas al L.C. son relativas a las bebidas energizantes [15], productos alimenticios con vegetales marinos [16], a la propuesta de negocios de un restaurante móvil [17], de una cadena de cafés [18], de una panificadora gourmet [19], a una empresa de transportes [20], entre otros.

Metodología

Se realizó un muestreo por conveniencia a 287 personas siendo los instrumentos usados para la recolección de la información: la lluvia de ideas para determinar la idea inicial y punto de partida del proyecto, la entrevista no estructurada para conocer las necesidades del cliente, además, se aplicó un cuestionario a 287 personas con diabetes mellitus tipo II, obesidad o sobrepeso mayores de 20 años pertenecientes al estado y municipio de Veracruz. Se realizaron entrevistas de profundidad a expertos para conocer los beneficios del producto y las proporciones adecuadas y fuentes secundarias para explorar sobre la competencia en el mercado.

El tipo de investigación es aplicada ya que utiliza las herramientas del Lean Canvas, Design Thinking y Mapa de Empatía para la elaboración de una propuesta de un modelo de negocios. El alcance del estudio se limita a la propuesta del modelo de negocios en sí mismo. El proyecto se dividió en cuatro fases de la siguiente manera:

Fase I. Análisis de datos

Se analizaron problemas existentes en el entorno justificados a partir del conocimiento del plan nacional de desarrollo, el análisis de macrotendencias y los sectores estratégicos proporcionados en la convocatoria del Evento Nacional Estudiantil de innovación tecnológica 2019 y se determinó el mercado necesitado, aquel que tiene necesidades por explorar para definir al perfil del cliente y, mediante una lluvia de ideas y tomando en consideración la posibilidad de obtención de la información, conocimiento de los clientes, de los competidores, acceso los recursos necesarios y a la redes de contacto disponible para apoyar el proyecto surgió la propuesta que sería el punto de partida del estudio siendo esta propuesta la elaboración de té de moringa. Se realizó una búsqueda de información en internet y se observó que existen más de diez marcas de té de moringa en el mercado por lo que se exploró la posibilidad de elaborar una galleta de moringa.

Fases II. Design Thinking y mapa de empatía

Aunque existen diferentes teorías y metodologías para el desarrollo de productos: OTSM (Teoría General del Pensamiento Poderoso), QFD (Quality Function Deployment), TRIZ (teorija rezhenija izobretatelskih) entre otras, se optó por seguir la propuesta de la Universidad Austral de Chile [21] que emplea el moderno proceso creativo Design Thinking (DT) en ves del paradigma tradicional. Por otra parte se propone el uso del DT ya que considera todo el espectro de actividades de innovación con un espíritu de diseño centrado en el hombre, en el que se debe conocer lo que las personas quieren y necesitan en sus vidas, y lo que les gusta o disgusta de la forma en que determinados productos se hacen, se empacan, se comercializan, se venden o responden al servicio post venta [22].

La metodología del Design Thinking está constituida por cinco fases: Empatizar, Definir, Idear, Prototipar y testear [23]. El mapa de empatía es una de las herramientas que se puede usar en la fase de Empatizar [24], en ella se considera comprender la experiencia de la otra persona sin pasar directamente por esa experiencia a través de conocer lo que piensa-siente, lo que ve, lo que oye y lo que dice-hace la persona.

Fase III. Lean Canvas

El modelo Lean Canvas fue creado por Ash Maurya quien hizo una modificación al modelo de Osterwalder (canvas) optimizándolo para start-ups, compañías nuevas en proceso de desarrollo y en búsqueda de mercados, más útil en emprendimientos en etapas tempranas como el aquí desarrollado. Una vez identificado el mercado (clientes), el problema, la solución y la propuesta de valor a través de la herramienta Design Thinking y mapa de empatía, se trabajaron los bloques faltantes del modelo: la ventaja competitiva, los canales de distribución, se definieron los indicadores que ayudarán a tomar las decisiones y por último se determinó la estructura de costos y el flujo de ingresos.

Resultados y discusión

Fase I. Análisis de datos

A partir del análisis del presente (problemas de entorno, estatales, nacionales), el análisis de tendencias (macrotendencias) y del interés de los emprendedores, se determinó el mercado necesitado como uno relacionado con el área de la salud, y se establecieron tres propuestas, propiciando así la creatividad de los emprendedores: Un bloqueador a base de sábila: dado que la exposición al sol es uno de los principales riesgos asociados a la aparición de cáncer en la piel, 90% de los casos es una patología relacionada con el sol [25]. Un jabón a base de aceite usado: se investigó que el aceite de cocina además de ser uno de los más utilizados también contamina el suelo y el agua, un litro de aceite contamina mil litros de agua [26]. Y por último un té de moringa: ya que en México la segunda causa de muerte es por diabetes [27] y se ha encontrado evidencia de que la moringa contribuye a la prevención y tratamiento de la diabetes mellitus [28].

A partir de las propuestas, los cinco miembros del equipo que desarrolla el proyecto, realizaron un análisis empírico de las ideas (Tabla 1), usando valores de cero a tres, donde tres significa mayor medida. Se selecciona como punto de partida el té de moringa. El mercado necesitado se acotó a ser uno que involucrara a la alimentación de una persona diabética y con ello en mente se realizó el mapa de empatía.

Tabla 1. Evaluación de las ideas más prometedoras.

Las 3 ideas más prometedoras son:	Bloqueador solar a base de sábila.	Té de moringa.	Jabón a base de aceite usado.
¿En qué medida conoce y comprendes a los clientes?	1	2	1
¿En qué medida conoces y comprendes a los competidores?	0	1	0
¿En qué medida tienes acceso a los recursos que necesitarás?	1	3	2
¿En qué medida tu red de contactos puede apoyarte?	1	2	2
Total 12 puntos	3	8	5

 ISSN 2007-8102

Fase II. Design Thinking y Mapa de empatía

Se desarrollaron las 5 etapas del Design Thinking con los resultados siguientes: La primera etapa *Empatizar* se realizó mediante el mapa de empatía con la información obtenida de entrevistas no estructuradas a familiares y amigos con diabetes (Figura 1). El *problema* se definió como la necesidad de comer alimento saludable, portable y de bajo costo. El *producto* propuesto cambia de la propuesta inicial de un té de moringa a un snack nutritivo en presentación barra para personas que padecen diabetes Mellitus tipo II y personas con obesidad o sobrepeso a base de ingredientes naturales, libre de conservadores.

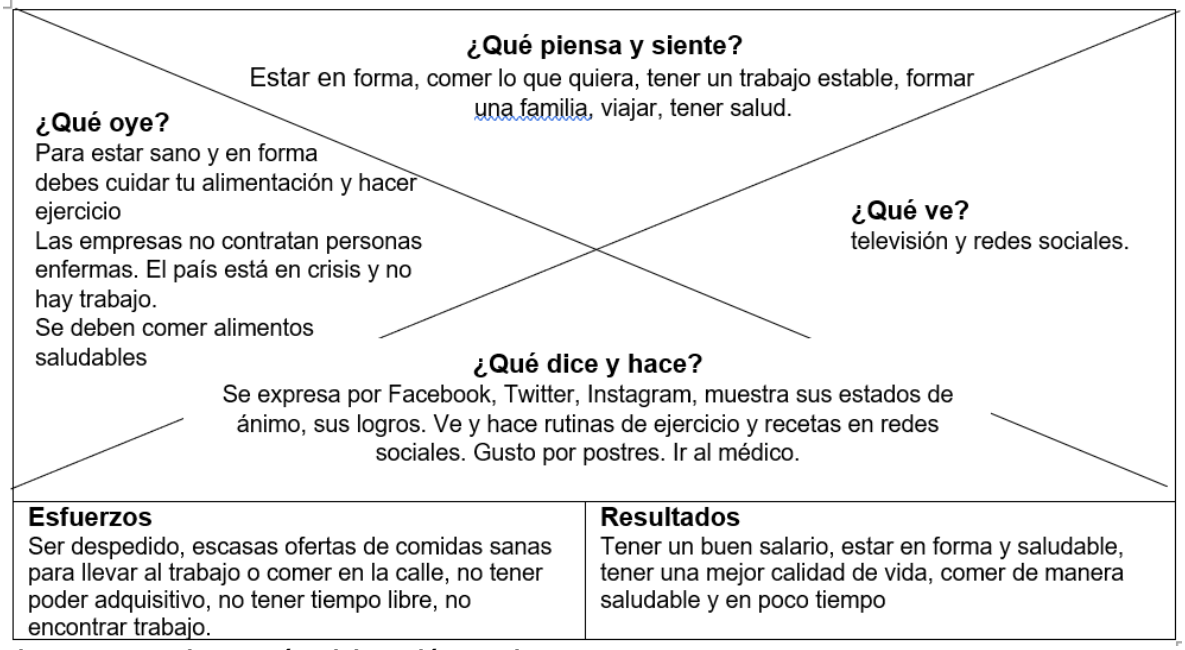


Figura 1. Mapa de empatía. Elaboración propia.

Para la elaboración el producto se realizaron entrevistas de profundidad a dos nutriólogas y un Chef, así como a investigadores para conocer las semillas que se podrían utilizar con sus propiedades y efectos, además de como combinarlos de manera que quedara como galleta o barra con un sabor agradable. Se realizaron diversos *prototipos* del producto para determinar las dimensiones del mismo, así como el sabor y textura (Figura 2), se realizaron estudios de cálculo de humedad, bromatológicos, microbiológicos y vida de anaquel (Figura 3), se *testearon:* cada uno de los prototipos fue sometido a opiniones de familiares y compañeros a cerca de su sabor y su aspecto. Se hizo una investigación de barras existentes en el mercado y su aportación en calorías (Figura 4). Para lograr el objetivo se contó con el asesoramiento de un chef y dos nutriólogas. Se realizó una prueba sensorial en 105 personas con el producto final, gustándole a 89 personas y a 16 no.

	IMAGEN	DESCRIPCIÓN
PROTOTIPO 1		Se tenían definidos los ingredientes, pero no la cantidad y el tiempo de horneado con exactitud. Comentarios del prototipo El sabor era realmente desagradable y el centro seguía crudo. **Ingredientes:** Amaranto, Quinoa, Estevia, Moringa, Leche, Huevo Horneado ----------→ 140° por 40min. Producto de **80gr.**

 ISSN 2007-8102

PROTOTIPO 2		Comentarios del prototipo: Los ingredientes de mayor cantidad fueron la quinoa y el amaranto. Se bajó la dosis de la moringa y se estableció la cantidad de stevia hasta que tuviera mejor sabor. Comentarios del prototipo Sabia mejor, pero seguía cruda en el centro y tampoco tenía buen aspecto. La textura era blanda como pan. **Ingredientes:** Amaranto, Quinoa, Estevia, Moringa y Huevo Horneado ----------→ 140° por 40min. Producto de **65gr.**
PROTOTIPO 3		Su aspecto era más delgado, pero seguía sin tener buena forma, al no ser uniforme algunas partes quedaban más horneadas que otras. Comentarios del prototipo: El sabor mejoró y su textura era más sólida como galleta. **Ingredientes:** Amaranto, Quinoa, Estevia, Moringa y Huevo Horneado ----------→ 165° por 30min. Producto de **40gr.**
PRODUCTO FINAL		Buscando formas y herramientas que ayudarán a perfeccionar los detalles se logró obtener un producto con las propiedades necesarias. Comentarios del prototipo: aspecto agradable y sabor delicioso. **Ingredientes:** Amaranto, Quinoa, Estevia, Moringa y Huevo Horneado ----------→ temperatura y tiempo protegidos. Producto de **25gr.**

Figura 2. Prototipos realizados.

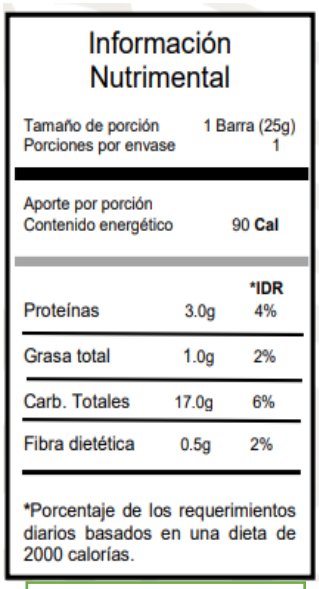
ESTUDIOS	DESCRIPCIÓN
Estudios microbiológicos	Se realizaron pruebas de Coliformes Totales (Agar bilis rojo violeta, 35 ℃, 48 horas) así como cuenta de Hongos y Levaduras (Agar Papa y dextrosa PDA, 25 ℃ 5 días) y los resultados obtenidos se apegaron a la especificación sanitaria NOM-247-SSA1-2008
Cálculo de Humedad	El contenido de humedad se calculó por el método oficial OAC 32.1.03. (2006), y se expresó en términos de porcentaje en base seca (% bs), comparándose los resultados con el promedio de barras similares en el mercado
Actividad de agua	Se calculó mediante un medidor de actividad de agua aw AquaLab PRE el cual tiene un sensor de punto de rocío, utilizándolo como método de referencia para cuantificar dicho resultado. Se examinaron un total de tres barras incluyendo la barra propuesta y dos barras con características similares encontradas en el mercado, donde se compararon los resultados de cada una de ellas.
Cálculo de Humedad	El contenido de humedad se calculó por el método oficial OAC 32.1.03. (2006), y se expresó en términos de porcentaje en base seca (% bs), comparándose los resultados con el promedio de barras similares en el mercado.
Estudio de vida de anaquel	Para este estudio se utilizó el método de vida de anaquel acelerada con temperaturas de 37 ℃ - 38 ℃ por un tiempo de 21 días. Realizando observaciones visuales cada tercer día de la aparición superficial de hongos y/o levaduras, así como cambio de color. Para poder así predecir el comportamiento de la barra propuesta y anticiparse a su evolución en las condiciones habituales de almacenamiento y distribución.
Diseño de etiquetas	El diseño de la etiqueta de este alimento se realizó siguiendo las especificaciones generales de etiquetado para alimentos NOM-051-SCF1-2010.

Figura 3. Estudios realizados.

 ISSN 2007-8102



178 calorías | 236 calorías | 180 calorías



Información Nutrimental

Tamaño de porción	1 Barra (25g)	
Porciones por envase	1	
Aporte por porción		
Contenido energético	90 **Cal**	
		*IDR
Proteínas	3.0g	4%
Grasa total	1.0g	2%
Carb. Totales	17.0g	6%
Fibra dietética	0.5g	2%

*Porcentaje de los requerimientos diarios basados en una dieta de 2000 calorías.

Barra propuesta 90 calorías

Figura 4. Barras existentes en el mercado y su aportación calórica.

FASE III. Lean Canvas

<table>
<tr>
<td rowspan="2">Problem / Need

Las personas con debates tipo II, por su enfermedad necesitan comer alimentos saludables específicos que puedan ingerir incluso cuando no estén en casa en porciones definidas.</td>
<td>Solution

snack nutritivo en presentación barra.</td>
<td rowspan="2">Unique Value Proposition

Un snack nutritivo en presentación barra para personas que padecen diabetes Mellitus tipo II y personas con sobrepeso y/u obesidad a base de ingredientes naturales, libre de conservadores que ayuda a regular los niveles de glucosa en la sangre, provocando una sensación de saciedad, siendo una alternativa económica, de fácil portabilidad y consumo.</td>
<td>Competitive Advantage

Snack nutritivo a base de ingredientes naturales, libre de conservadores.</td>
<td rowspan="2">Customer Segments

Personas que padecen diabetes Mellitus tipo II, sobrepeso u obesidad en un rango de 20 años en adelante.</td>
</tr>
<tr>
<td>Key Metrics

Tráfico web.
Aumento de distribuidores.
Aumento de pedidos.</td>
<td>Channels (Marketing and Communication)

▪ Interacción en redes sociales: Facebook, Twitter e Instagram
▪ Página web
▪ Correo electrónico
▪ YouTube
▪ Tiendas naturistas
▪Supermercados ▪ Farmacias
▪ Venta online</td>
</tr>
<tr>
<td colspan="3">Cost Structure

▪ Adquisición de materias primas e insumos.
▪ Pago de sueldos y salarios.
▪ Promoción y publicidad.
▪ Maquinaria.
▪ Mueblería.
▪ Costos directos e indirectos de la planta de producción.</td>
<td colspan="2">Revenue Streams

▪ Venta de barras (snack nutritivo).
▪ Financiamiento mediante instituciones privadas.</td>
</tr>
</table>

Figura 5. Lean Canvas.

Con el Design Thinking y el mapa de empatía se tuvieron analizados los bloques de: Problema, Solución, Propuesta de valor y Ventaja competitiva que conforman el Lean Canvas (Figura 5). En este punto se realizó una encuesta para corroborar la demanda tomando una muestra de 287 personas todas ellas presentan una de las tres condiciones de padecer diabetes y/o sobrepeso u obesidad, encontrándose como resultado que el 73% consume barras nutritivas, y que de ellos (18%) les resulta muy importante el que tengan buen sabor por lo que se cuidó este aspecto en la elaboración de los prototipos y el producto final. También se encontró que el 100 % de los que consumen barras nutritivas están dispuestos a consumir una con las características e ingredientes que el producto propuesto siendo las redes sociales el principal medio por el que les gustaría recibir información del producto (68%) y las tiendas de conveniencia como punto de adquisición del producto (43%) a un precio de $16 (73%), también la encuesta reflejó la demanda probable dado un consumo de una a dos barras a la semana (46%).

Trabajo a futuro

Actualmente se están terminando los estudios necesarios para solicitar la patente del producto.

Conclusiones

En la actualidad, las pequeñas y medianas empresa son de vital importancia en el mercado mexicano, ellas representan más del 42% del PIB del país, generando el 78% de empleos. Uno de los problemas que tienen es el no contar con una estructura de modelo de negocios que los oriente para administrar sus recursos de ahí la importancia de este trabajo en el que de manera explícita se detalló la metodología para la detección de un problema, un mercado necesitado, el diseño del producto y el modelo de negocios a través de las herramientas: mapa de empatía, Design Thinking y Lean Canvas que proporcionan una metodología fácil, práctica y acorde a las necesidades del cliente.

Agradecimientos

Nuestro agradecimiento al Chef Francisco Ríos Aguilar, a la Dra. Patricia Ríos Pérez por compartir sus conocimientos y experiencia de la diabetes y sus sugerencias en cuanto a los ingredientes del snack, a las nutriólogas Lic. Susana Quintero Pereda y Lic. Diosma Villalobos, las cuales determinaron que por las propiedades del producto, este era recomendable consumirlo en caso de padecer diabetes y/u obesidad y a los M. en C. Javier de la Cruz Medina, a la Dra. Patricia G. Mendoza García y a la Dra. Mirna Leonor Suárez Quiroz por su asesoría y colaboración para los estudios de cálculo de humedad, bromatológicos, microbiológicos y vida de anaquel.

Referencias

[1] Sanitas, «Diabetes Mellitus o de tipo 2: qué es, causas y síntomas.,» 2020. [En línea]. Available: https://www.sanitas.es/sanitas/seguros/es/particulares/biblioteca-de-saluf/diabetes/son004004wr.html. [Último acceso: 30 mayo 2020].

[2] OMS, «Organización Mundial de la Salud,» 8 junio 2020. [En línea]. Available: https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/diabetes. [Último acceso: 18 junio 2020].

[3] National Institute of diabetes and digestive and kidney Diseases, «Síntomas y causas de la diabetes,» nviembre 2016. [En línea]. Available: https//www.niddk.nih.gov/health-information/informacion-de-la-salud/diabetes/informacion-general/sintomas-causas. [Último acceso: 5 junio 2020].

[4] J. Gerardo, «Factores de riesgo como elementos explicativos de la prevalencia de diabetes tipo 2 en la población mexicana,» Universidad Autónoma del estado de Hidalgo, Hidalgo, 2019.

[5] Federación Mexicana de Diabetes, «¿Qué es la diabetes mellitus tipo 2?,» 02 mayo 2018. [En línea]. Available: Federación Mexicana de Diabetes, A.C. : http://fmdiabetes.org/riesgo-cardiovascular-diabetes-mellitus-tipo-2/. [Último acceso: 25 mayo 2020].

[6] Mayo Clinic, 16 marzo 2019. [En línea]. Available: https://www.mayoclinic.org/es-es/diseases-conditions/type-2-diabetes/symptoms-causes/syc-20351193. [Último acceso: 12 06 2020].

[7] D. M. Cabrera, «Repercusiones de la comida rápida en la sociedad,» *Transtornos de la conducta alimentaria*, vol. 6, pp. 635-659, 2007.

[8] O. H. Chávez y S. F. Díaz, «Consumo de comida rápida y obesidad, el poder de la buena alimentación en la salud,» *RIDE Revista Iberoamerica para la Investigación y el Desarrollo Educativo,* vol. 4, nº 7, pp. 176-199, 2013.

[9] G. Chacón Orduz, A. Muñoz Rincón y G. Quiñónez Mosquera, «Descripción del mercado de los snacks saludables en Villavicencio, Meta,» *Libre Empresa,* vol. 2, nº 14, pp. 33-45, 2017.

[10] E. Madera Bravo, M. d. C. Martínez Moreno, B. Caballero Santos y J. M. Fernández Ginés, «Snacking, un nuevo concepto de comida,» *Tecnifood,* nº 101, 2015.

[11] M. Llamo Irigoín y M. F. Olivos Mio, «Propuesta de modelo de Negocio basado en Lean Canvas para la empresa Don Mixto Restaurant, Chiclayo 2017,» Universidad Católica de Santo Toribio de Mogrovejo, Chiclayo, 2018.

[12] E. Flores Aguilar, «Diseño de un Centro para Emprendedores en un Escuela Profesional de Ingeniería aplicando el Modelo Lean Canvas,» *Formación Universitaria,* vol. 12, nº 6, pp. 151-166, 2019.

[13] M. Serrano Ortega y P. Blázquez Ceballos, Design Thinking. Lederea el presente. Crea el futuro., España: ESIC, 2015.

[14] D. Gray, S. Brown y J. Macanufo, Game strorming, México: Deusto, 2014.

[15] A. C. Silva Capa, J. C. Dáz Dávila y L. E. Montoya Rendón, «Lean Canvas aplicado a una idea de negocios de una bebida energizante en el municipio de Pasto-Nariño,» Red universitaria metropolitana de Bogotá, Bogotá, 2018.

[16] N. R. Araneda Reyes, «Diseño de un modelo de negocio, de productos en base a la innovación de productos alimenticios con vegetales marinos,» Repositorio Académico, Chile, 2017.

[17] M. Huchiyama Ruiz y V. M. Julca Hernández, «Diseño y propuesta de un modelo de negocio de un restaurante movil basado en el método running Lean en la ciudad de Chiclayo,» Universidad Católica de Santo Toribio de Mogrovejo, Perú, 2016.

[18] A. M. Velásquez Vásquez, «Plan de negocio para cadena de cafés en Santiago, Chile,» Universidad de Chile, Santiago de Chile, 2017.

[19] C. Zapata Rojas, «Estudio de prefactibilidad técnica y económica para la creación de una empresa panificadora gourmet con servicio delivery basado en la metodología Lean Canvas,» Universidad Andrés Bello, Santiago de Chile, 2018.

[20] G. Marco Calafat, «Desarrollo de una nueva unidad de negocio en una empresa de transportes,» Universidad Politécnica de Valencia, Valencia, 2018.

[21] G. Manoli Sanhueza y M. González Marín, «Uso de los Modelos Design Thinking y canvas en cursos de innovación y emprendimiento,» de *XXIX CONGRESO CHILENO DE EDUCACIÓN EN INGENIERÍA*, Chile, 2016.

[22] T. Brown, «Design Thinking,» *Harvard Business Revew,* nº 6, 2008.

[23] R. Steinbeck, «Building Creative Competence in Globally Distributed Courses Through Design Thinking,» *Comunicar,* vol. 37, nº 19, pp. 27-35, 2011.

[24] M. Castillo Vergara, A. Alvarez Marín y R. Cbana Villca, «Design thinking: Como guiar a estudiantes, emprendedores y empresarios en su aplicación,» *Ingeniería Industrial,* vol. XXXV, nº 3, pp. 301-311, 2014.

[25] CONSEJO GENERAL DE COLEGIOS OFICIALES FARMACÉUTICOS, «Cáncer de piel,» CONSEJO GENERAL DE COLEGIOS OFICIALES FARMACÉUTICOS, España, 2019.

[26] O. R. Fennema, Química de los alimentos, Zaragoza, Esapaña: Acribia, S.A., 1992.

[27] Federación Mexicana de Diabetes A.C., «Estadísticas en México,» Federación Mexicana de Diabetes A.C., México, 2018.

[28] F. Padilla Santamaría y J. Cruz Balderrabano, «Extractos de hojas de Moringa oleífera en la prevención y tratamiento de la diabetes mellitus,» *Revista Cubana de Medicina Natural y Tradicional,* vol. 1, nº 2, 2016.

[29] Instituto Nacional de Estadística Geografía e informática, «Principales causas de mortalidad por recidencia habitual,» 2016. [En línea]. Available: http://dgsa.uaeh.edu.mx:8080/bibliotecadigital/bitstream/handle/231104/2100/Factores%20de%20riesgo%20como%20elementos%20explicativos%20de%20la%20prevalencia%20de%20diabetes%20tipo%202.pdf?sequence=1&isAllowed=y. [Último acceso: 30 mayo 2020].

[30] Forbes, «Diabetes en México cuesta 3,872 mdd,» 7 abril 2016. [En línea]. Available: https://www.forbes.com.mx/diabetes-mexico-cuesta-3872-mdd/. [Último acceso: 29 05 2020].

Optimización de la adicción de polvo de zinc al proceso de cementación mediante regresión lineal

J.E. Valtierra Olivares[1], L. G. Moles Pérez[1], M. A. Corona Arroyo[1], J.C. Baltazar Vera [1], I. López Báez[1]*

[1]Departamento de Minas, Metalurgia y Geología, Universidad de Guanajuato, Ex-Hacienda San Matías s/n; C.P. 36000, Guanajuato, Gto.

*valtierra.je@ugto.mx

***Área de participación**: Ingeniería Industrial*

Resumen

El presente proyecto se realizó en el sector minero en una planta de Lixiviación, la cual permite la recuperación de oro (Au) y plata (Ag) de los minerales a partir de soluciones cianuradas. Dentro de la planta se encuentra el proceso de cementación, en este proceso es donde se recupera el oro y la plata en forma de precipitación, utilizando polvo de zinc. Para optimizar la cantidad de polvo de zinc que se adiciona al proceso de cementación, se desarrolló un modelo de regresión lineal, donde las variables de estudio son la Cabeza doré (es la suma de las leyes de oro y plata contenido en el mineral que entra al procesos de concentración) en miligramos por litro (mg/l) y la cantidad de polvo de zinc (Zn) en gramos por minuto (grs/min). El resultado que se obtiene es que si existe una relación de dependencia entre las variables, las cuales permiten optimizar la cantidad de polvo de zinc que se adiciona en el proceso de cementación.

***Palabras clave**: Optimización, Regresión lineal, Proceso de Cementación.*

Abstract

This project was carried out in the mining sector in a leaching plant, which allows the recovery of gold (Au) and silver (Ag) from minerals from cyanide solutions. Inside the plant is the cementation process, in this process is where gold and silver are recovered in the form of precipitation, by adding zinc powder. To optimize the amount of zinc dust that is added to the cementation process, a linear regression model was developed, where the study variables are the Doré Head (it is the sum of the gold and silver grades contained in the mineral that enters to concentration processes) in milligrams per liter (mg / l) and the amount of zinc powder (Zn) in grams per minute (grs / min). The result obtained is that there is a dependency relationship between the variables, which allow optimizing the amount of zinc powder added in the cementing process.

***Key words**: Optimization, Linear Regression, Cementation Process.*

Introducción

La lixiviación es el proceso en el cual se produce la disolución de una sustancia que se encuentra en fase sólida, y está pasa a una fase líquida. La lixiviación se utiliza con el propósito de recuperar metales a partir de un mineral determinado. Para llevar a cabo la lixiviación, es necesario que la fase sólida y líquida esté en contacto, de esta manera, el mineral de interés se solubiliza trasportándose de una fase a otra Macheno y Muñoz [3]. Esta separación se complementa posteriormente a través de procesos de filtración o sedimentación, finalizando con una etapa de cementación para obtener un precipitado el cual ya es comercialmente vendible.

El proceso de cementación (Merrill-Crowe) es donde se recupera el oro y plata a partir de soluciones cianuradas mediante la precipitación, es aquí donde se agrega el zinc en polvo y sales de plomo. Cuando el mineral tiene contenidos altos de plata se usa este tratamiento. El proceso está dividido en cuatro etapas: clarificación, desoxigenación, precipitación y filtración. Su finalidad es extraer de la solución rica, los metales preciosos en forma sólida, lo que se logra agregando

polvos o virutas de algún agente reductor, usualmente zinc, que cristaliza la plata y oro mediante reacciones óxido-reducción.
La plata y el oro, al reducirse, se cementan alrededor de la partícula de zinc, mientras éste se disuelve al oxidarse. Dicho proceso, normalmente opera de una manera eficiente, pero en ocasiones y por razones desconocidas, los metales preciosos no precipitan de manera eficiente Chi, Fuerstenau y Marsden [5].

El zinc es un metal blanco-plateado y quebradizo, conocido desde la antigüedad y habitualmente se encuentra en la naturaleza en forma de compuesto como óxidos, sulfuros y silicatos. Este metal tiene un peso molecular de 65.38 g/mol, y su estructura cristalina es hexagonal. Tiene una gravedad específica de 7.14, una temperatura de fusión y de ebullición de 693 k y 1179 k, respectivamente. Es insoluble en agua, pero soluble en ácidos y agentes alcalinos Perry y Green [4].

La regresión lineal simple es una herramienta práctica para el análisis, aunque el proceso sea aparentemente largo. En este contexto, Montgomery y Runger [1], mencionan que se considera un solo regresor (variable de regresión) o predictor *x*, y una variable dependiente o variable de respuesta *y*. Se supone que la relación entre *y* y *x* es una recta y, que la observación *y* en cada nivel de *x* es una variable aleatoria. De acuerdo Pulido y Torres [2], cuando se desea ajustar un modelo lineal a los valores de estudio, el método de regresión más empleado es el de mínimos cuadrados. Este método es óptimo si los residuos tienen una distribución normal.

Metodología

Para el presente estudio, se realizó el monitoreo de la adición de polvo de zinc en gramos por minuto (variable dependiente) en diferentes cantidades, y la ley de cabeza doré en miligramos por litro (variable independiente), la muestra de doré proviene de la etapa de lixiviación, esta se realiza por medio de cortadores automáticos, los cuales la toma la muestra cada 15 minutos, formando así, compasitos. Estos son analizados en tiempo real en la línea por un equipo de fluorescencia de rayos X (XRF), de esta manera, se tiene el control del proceso.

Se utiliza un análisis de regresión lineal el cual permite establecer un modelo matemático que relaciona las variables, así como la fuerza de esa relación. Se realizó un análisis estadístico de las variables de estudio para determinar si tiene un comportamiento de una distribución normal. Después se realizó los análisis de correlación y de regresión para determinar las asociaciones entre las variables estudiadas.

Resultados y discusión

Estadística descriptiva de las variables de estudio

Se realiza la toma de datos de los gramos de zinc que se adiciona al proceso de cementación por minuto, y los datos de cabeza doré en miligramos por litro, por privacidad y seguridad de la empresa no se pueden mostrar información de la misma. Los resultados de las variables de estudio se muestran en la Tabla 1. En la tabla se observa que ambas variables de estudio tiene valores de asimetría y curtosis que se encuentra entre un rango de 2 a -2 lo que indica que si puede aceptar como una distribución normal, para afirmar este supuesto, se realiza la prueba de Anderson-Darling y en ambos resultados son menores de 0.75, por lo que se confirma, que se está trabajando con variables que tienen una distribución normal.

Tabla 1. Resultados de la estadística descriptiva de las variables de estudio.

Variable	N	Media	Desviación estándar	Asimetría	Curtosis	Prueba AD
Ley de cabeza	37	24.153	2.372	-0.49	-0.7	0.584
Polvo de Zinc	37	55.23	5.408	-0.58	-0.3	0.622

 ISSN 2007-8102

Gráfica de dispersión

Después, se realiza una gráfica de dispersión de las variables con el objetivo de ver la tendencia lineal, ver figura 1. En la figura se observa que si existe una relación lineal entre la variable dependiente de polvo de Zinc (grs/min) y la variable independiente Doré en (mg/l).

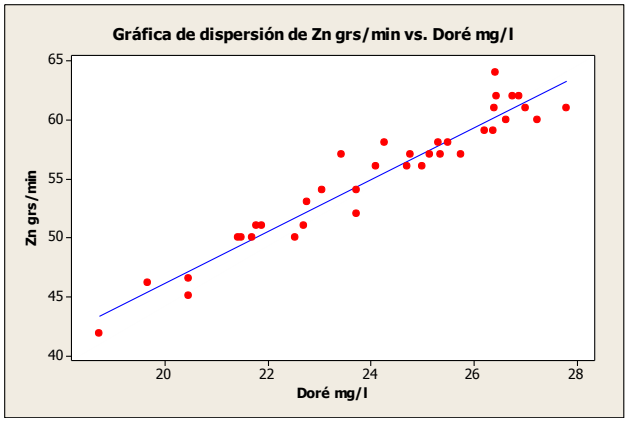


Figura 1. Gráfica de dispersión de Zinc (grs/min) y Doré (mg/l).

Análisis de correlación

El termino correlación literalmente significa relación mutua; de este modo el análisis de correlación mide e indica el grado en el que los valores de una variable se relaciona con los valores de otra. Este grado o intensidad de relación entre dos variables se conoce como r de Pearson en honor al matemático Karl Pearson, ver Ecuación (1).

$$r = \frac{n\sum xy - \sum x \sum y}{\sqrt{n\sum x^2 - (\sum x)^2} * \sqrt{n\sum y^2 - (\sum y)^2}} \quad (1)$$

Siendo:

n = número de observaciones.

y = valor de la variable dependiente.

x = valor de la varable independiente.

El resultado que se obtiene de la correlación de Person es r = 0.963, lo que indica que se tiene una relación de dependencia lineal fuerte entre las variables de estudio. Con este resultado positivo se puede continuar realizando el análisis de regresión lineal.

Modelo de Regresión Lineal

El modelo de regresión lineal simple se muestra en la ecuación (2).

$$y = \beta_0 + \beta_1 x + \epsilon \quad (2)$$

En Anderson [8] el modelo lineal donde *y* es una función lineal de *x* ($\beta_0 + \beta_1 x$) más ϵ, esto representa el error y demuestra la variación de *y* que no se explica en la relación lineal. A esta expresión se le asocian con las siguientes hipótesis:

1.- La expresión del error es una variable aleatoria con media igual a cero; E(ϵ)=0.

2.- La varianza de $\boldsymbol{\epsilon}$, mostrada por el símbolo σ^2, es igual para todos los demás valores de *x*. Esto indica que la varianza de *y* es igual a la varianza de σ^2 y también es la misma para los valores de *x*.

3.- La siguiente hipótesis es que los valores son independientes entre ellos, esto se interpreta de que un valor de *x* no se relaciona con otro valor de x; de esta manera, el valor de *y* para un valor de *x* no se relaciona con otro valor de *x*.

4.- Otra hipótesis es que el error, $\boldsymbol{\epsilon}$, es una variable aleatoria con un comportamiento de distribución normal.

El valor de $\boldsymbol{\beta_0}$ y $\boldsymbol{\beta_1}$ no se conocen y es necesario que se calculen con los datos de la muestra. Los coeficientes se calculan con los valores de la muestra los cuales son conocidos como regresores (b_0 y b_1), ver Ecuación (3).

$$\hat{\boldsymbol{y}} = \boldsymbol{b_0} + \boldsymbol{b_1 x} \quad (\mathbf{3})$$

Método de mínimos cuadrados

En el método de mínimo cuadrados se usa los valores de la muestra para conocer las características de la recta mediante el valor mínimo de la suma de los cuadrados de las desviaciones, esto se demuestra en la Ecuación (4).

$$\boldsymbol{min} \sum (\boldsymbol{y_{i-}} \hat{\boldsymbol{y}}_{\boldsymbol{i}})^{\mathbf{2}} \quad (\mathbf{4})$$

Donde:

y_i = es el valor real de la variable dependiente para cada observación .

$\hat{\boldsymbol{y}}_{\boldsymbol{i}}$ = es el valor calculado de la variable dependiente para cada observación.

$$\sum (\boldsymbol{y_{i-}} \hat{\boldsymbol{y}}_{\boldsymbol{i}})^{\mathbf{2}} = \sum [\boldsymbol{y_i} - (\boldsymbol{b_0} + \boldsymbol{b_1 x_i})]^{\mathbf{2}} \quad (\mathbf{5})$$

Minimizar el miembro derecho de la Ecuación (5) requiere hacer las derivadas parciales de la formula con respecto a los coeficientes de regresión $\boldsymbol{b_0}$ y $\boldsymbol{b_1}$ e igualar a cero las dos derivadas. Al terminar con este proceso se obtiene las Ecuaciones 6 y 7, conocidas como ecuaciones normales Walpole, R. y Myers [9].

$$\sum \boldsymbol{y_i} = \boldsymbol{n b_0} + \boldsymbol{b_1} \sum \boldsymbol{x_1} \quad (\mathbf{6})$$

$$\sum \boldsymbol{x_i y_i} = \boldsymbol{b_0} \sum \boldsymbol{x_i} + \boldsymbol{b_1} \sum \boldsymbol{x_i}^{\mathbf{2}} \quad (\mathbf{7})$$

Donde n es el tamaño de la muestra.

Al realizar las operaciones algebraicas del sistema de ecuaciones anteriores se obtienen los valores para b_0 y b_1. Se utiliza un programa para hacer los cálculos y el análisis de datos.

El resultado del modelo de regresión lineal se muestra en la Ecuación (8), en ella se muestra que la pendiente de la recta tiene una inclinación positiva, lo que significa que entre mayor sea el valor de la cabeza doré, mayor deberá ser la cantidad de polvo de zinc. El coeficiente b_1 tiene una valor de 2.21 lo que indica un cambio entre la variable dependiente polvo de zinc con respecto a un cambio en la variable independiente de cabeza doré 2.20, los resultados se observan en la Tabla

 ISSN 2007-8102

2. El valor del estadístico de la prueba t para β_1 es de t =21.02, este valor es mayor que el valor de tabla de T (36,0.05)=2.0423, por lo tanto es estadísticamente significativo.

$$\boldsymbol{Zinc}\left(\frac{\boldsymbol{grs}}{\boldsymbol{min}}\right) = \mathbf{2.21} + \mathbf{2.20}\ \boldsymbol{Dor}\acute{\mathbf{e}}\left(\frac{\boldsymbol{mg}}{\boldsymbol{l}}\right) \quad (\mathbf{8})$$

Tabla 2. Coeficientes de regresión.

Predictor	Coeficiente	SE Coeficiente	T
Constante	2.21	2.535	0.87
Zinc	2.1952	0.1044	21.02

Análisis de regresión

Para evaluar de la ecuación de regresión encontrada, se requiere hacer una prueba de bondad de ajuste a la recta, con el objetivo de determinar si la relación entre ambas variables de estudio es estadísticamente significativa y sustentar las hipótesis con respecto al error.

Para el i-ésima valor de la muestra observada, la desviación estándar entre el valor real de la variable dependiente y_i y el valor calculado de la variable dependiente $\hat{y}_i$, se considera la i-ésima observación residual, lo que significa el error que se genera al utilizar $\hat{y}_i$ para poder estimar y_i.

La suma de los cuadrados de los residuales se minimiza por el método de mínimos cuadrados. Otra forma de como se le conoce es suma de los cuadrados del error (SSE) ver la Ecuación (9). El valor que se obtiene de la SSE es la representación del error que se puede cometer al utilizar la de ecuación del modelo de regresión para estimar los valores de la variable dependiente en la muestra.

$$\boldsymbol{SSE} = \sum(\boldsymbol{y_i} - \boldsymbol{\hat{y}_i})^{\mathbf{2}} \quad (\mathbf{9})$$

También se considera importante el valor de la medida del error relacionado que se utiliza para estimar y_i, se conoce como la suma total de cuadrados (SST), ver la Ecuación (10).

$$\boldsymbol{SST} = \sum(\boldsymbol{y_i} - \boldsymbol{\bar{y}})^{\mathbf{2}} \quad (\mathbf{10})$$

Para conocer cuánto se alejan los valores de $\hat{y}_i$ calculados en la línea de regresión de los valores de $\bar{y}$, se realiza otra suma de cuadrados. Se conoce como suma de cuadrados debido a la regresión (SSR), ver Ecuación (11).

$$\boldsymbol{SSR} = \sum(\boldsymbol{\hat{y}_i} - \boldsymbol{\bar{y}})^{\mathbf{2}} \quad (\mathbf{11})$$

Existe una relación entre las tres sumas, ver ecuación (12).

$$\boldsymbol{SST} = \boldsymbol{SSR} + \boldsymbol{SSE} \quad (\mathbf{12})$$

Se utilizan las tres sumas de los cuadrados para determinar una medida para la prueba de bondad de ajuste de la ecuación de regresión. La ecuación podría tener un ajuste perfecto si cada valor real de la variable independiente estuviera alineado con la línea de regresión. En esta situación la diferencia de $y_i - \hat{y}_i$ sería igual a cero, por lo tanto SSE=0. De la Ecuación (12) se obtendría que SST=SSR y por lo tanto SSR/SST sería igual a 1.

 ISSN 2007-8102

$$\boldsymbol{r^2 = \frac{SSR}{SST}} \quad (\mathbf{13})$$

La relación SSR/SST se conoce como el coeficiente de determinación r^2, ver Ecuación 13. Este coeficiente determina el porcentaje de variación de los valores de la variable dependiente que se puede explicar con la ecuación de regresión Levin y Rubin [10].

Se puede observar en la Tabla 3, los resultados del coeficiente de determinación con un valor de $r^2 = 92.7\%$. Esto revela que la ecuación de regresión explica en 92.7% los valores observados de la cantidad de polvo de zinc añadido según los valores de cabeza doré, para que sea un buen modelo de predicción o pronostico debe tener un valor de r^2 mayor al 75%.

Tabla 3. Estadístico de la regresión.

Estadísticas de la regresión	Valor
S	1.4862
r^2	92.7%
$r^2\ ajustado$	92.4%

Prueba de hipótesis

En la ecuación de regresión lineal se espera que el valor medio de y con respecto a la función lineal de x, ver Ecuación (14). Por lo tanto, si $\beta_1 = 0$, entonces el valor de $E(y) = \beta_0$. En esta situación el valor medio de y no está relacionado con el valor de x y se determina que no hay una interacción lineal entre ambas variables. Por el contrario, si el valor de β_1 es diferente de cero, se puede determinar que ambas variables si interactúan entre ellas. Para demostrar si existe una relación entre las variables es necesario hacer una prueba de hipótesis para demostrar si el valor de β es igual a cero.

$$\boldsymbol{E(y) = \beta_0 + \beta_1 x} \quad (\mathbf{14})$$

Estimar la varianza de σ^2

La varianza de $\in$, se conoce como la varianza de los valores de y con respecto a la recta de la regresión lineal. Por lo tanto, la suma de los residuales al cuadrado, SSE, es un valor observado de la variación real con respecto a la recta de la regresión. En la suma de cuadrados se establece un número que se conoce como grados de libertad. En esta situación la SSE solo tiene n-2 grados de libertad. Esto se debe a que solo se calculan los parámetros de β_0 y β_1. Por lo tanto el error cuadrado medio (s^2) se estima de σ^2, ver Ecuación (15).

$$\boldsymbol{s^2 = \frac{SSE}{n-2}} \quad (\mathbf{15})$$

Desviación estándar de la estimación

El error típico o desviación estándar del estimado se calcula como la raíz cuadrada de la varianza del estimado, ver Ecuación (16).

$$\boldsymbol{s = \sqrt{\frac{SSE}{n-2}}} \quad (\mathbf{16})$$

 ISSN 2007-8102

La significancia de la relación de la regresión entre *x* y *y* se realiza mediante la prueba F. En la Tabla 4, muestra el valor del estadístico de prueba F es de 441.71, el cual es mayor al valor de tablas de F (0.05,1,35) =4.13, por lo tanto, se concluye que si es estadísticamente significativo.

Tabla 4. Análisis de varianza.

Fuente	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Promedio de los cuadrados	Valor de F
Regresión	1	975.7	975.7	441.71
Residuos	35	77.31	2.21	
Total	36	1053.01		

El análisis de los residuos

Por medio del análisis de los residuales se puede demostrar que los supuestos del modelo de regresión con relación al error de *y* se pueden analizar observando algunas gráficas. En la Figura 2, se muestra la gráfica de residuales en ella se observa que todos los valores de x representados mediante puntos, tiene un patrón igual a lo largo de la línea horizontal, con esto se puede concluir que la modelo de regresión lineal representa muy bien la relación entre ambas variables.

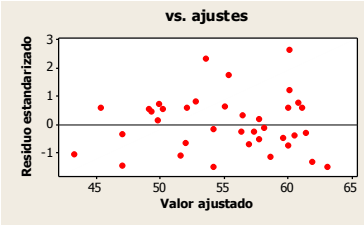


Figura 2. Grafica de residuales.

La gráfica de residuales estandarizados se utiliza para demostrar si hay valores atípicos. Para conocer si el error se comporta como una distribución normal, se evalúa que los valores de los residuales se encuentre entre un rango de ±dos desviaciones estándar. Se concluye que se cumple con esta condición.

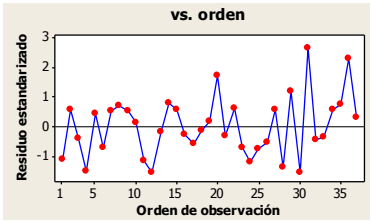


Figura 3. Grafica de residuales estandarizados.

En la gráfica de probabilidad normal, ver Figura 4, también se observa que los valores residuales tiene un comportamiento normal, con esto se validar el supuesto de que el error tiene una distribución normal.

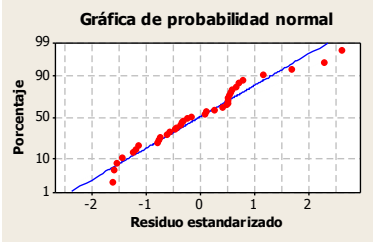


Figura 4. Grafica de probabilidad normal de los residuales estandarizados.

Trabajo a futuro

Se pretende utilizar el mismo estudio de regresión lineal a otros proveedores de polvo de Zinc, con el objetivo de comparar y analizar el costo-beneficio en el proceso de cementación.

Conclusiones

Con este estudio se pudo demostrar que si existe una dependencia lineal entre las variables de estudio, la variable dependiente polvo de zinc y la variable independiente cabeza doré, lo cual permitió desarrollar un modelo matemático que permita optimizar la cantidad de polvo de zinc que se tiene que estar adicionar al proceso de cementación.

Se demuestra que mediante una ecuación de regresión lineal se puede conocer el comportamiento que tendrán las variables, lo cual permitirá pronosticar los valores de la variable de respuesta al manipular la variable e control bajo ciertas condiciones de trabajo con un alto nivel de confianza, esto permitirá hacer los ajustes necesarios al proceso de cementación.

Referencias

[1] D. C. Montgomery, y G. C. Runger, *"Probabilidad y estadística aplicada a la Ingeniería"* México: Limusa, 2003.

[2] E. L. Pulido y J.C. Torres, "Análisis comparativos de tres métodos de regresión: mínimos cuadrados, no paramétricos basada en rangos y mínima desviación absoluta, usando métodos de simulación". Tesis de Maestria. Universidad Nacional de Colombia, Colombia, 1997.

[3] P. L. Manchenoso, y A. E, Muñoz, "Recuperación de oro de soluciones Post-lixiviación con cianuro de Sodio mediante cementación con cinc y adsorción de carbón activado". Tesis licenciatura, Colegio de Ciencias e Ingenierías, Universidad San Francisco de Quito, Quito, Ecuador, 2009.

[4] R. H. Perry, and D. W. Green. *Chemical Engineer's Handbook*. 8th. ed., New york: McGraw-Hill. 2008.

[5] G. Chi, M.C. Fuerstenau. And J. O. Marsden. "Study of Merrill-Crowe processing. Part I: Solubility of zinc in alkaline cyanide solution," International Journal of Mineral Processing, vol. 49, pp. 171-183, april 1977.

[6] J. E. Hagel, "Microscopia de menas", Universidad de Concepción, Instituto de Geología Económica Aplicada. 1994.

[7] R. Walton. "Zinc cementation", Developments in Mineral Processing, vol. 15, pp.589-601, Gold Ore Processing, Adams M.D. ed. 2005.

[8] D. Anderson, D., Sweeney, and T. Williams, *T. Estadística para administración y economia*, 7th, ed. México:Thomson, 2001.

[9] R. Walpole, R. and R. Myers, *Probabilidad y estadística para ingenieros*. México: Prentice Hall, 1999.

[10] R. Levin, and D. Rubin. *Estadística para administradores y economía*. 7th, ed . México: Pearson Educación, 2004.

Integración de Nuevos Modelos en Planta Automotriz Alemana mediante la aplicación de Ingeniería Industrial.

F.A. Poblano Ojinaga[1], E.R. Pineda Armendáriz[2], A.E. Poblano Ojinaga[3], B. Pedroza Figueroa[4], K.R. Castillo Almanza[5]*
[1,2,4,5] Departamento de Ingeniería Industrial. Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico de la Laguna. Blvd. Revolución y Av. Instituto Tecnológico de la Laguna s/n. C.P. 27000, Torreón, Coahuila, México.
[3]Departamento de Ciencias Económico-Administrativas, Tecnológico Nacional de México /Instituto Tecnológico de la Laguna. C.P. 27000. Torreón, Coahuila, México.
**a_poblano@yahoo.com*

***Área de participación**: Ingeniería Industrial.*

Resumen

Actualmente, el mercado mundial reivindica innovación y vanguardia aplicada en el diseño y producción de vehículos con el fin de satisfacer las necesidades mundiales, que tienden a adquirir vehículos deportivos utilitarios (SUV). Para la planta automotriz alemana, significa descubrir cómo integrar la producción de nuevos modelos al proceso existente. Este proyecto se desarrolló con el propósito de incorporar nuevos modelos en la gama SUV a través de herramientas de Ingeniería Industrial como auditoría de procesos, balanceo de línea y simulación, alcanzando un cumplimiento del 82%, ajustando el tiempo de proceso a 1.79 min (tiempo menor al tiempo tacto de 1.8 min), así como reducción de desperdicios y monitoreo de estándares ambientales, obteniendo un ahorro de $ 116,270.11 en la compra de nuevas herramientas. Luego de aplicar los métodos, se observó que se cumple el plan de producción, la reducción de costos y se cumplen las especificaciones requeridas por cada país.

***Palabras clave**: Simulación, Auditoría de procesos, Manufactura Lean, Seis Sigma.*

Abstract

Nowadays, the world market claims innovation and vanguard applied in the vehicles design and production in order to satisfy worldwide needs, which tend toward to acquire Sports Utility Vehicles (SUV).For the German automotive plant, it means figuring out how to integrate the new models production into the existent process. To this effect, in the current study a complete program is developed for the purpose of incorporating new models in the SUV range through industrial engineering tools as process auditing and simulation, reaching an 82% fulfillment; line balancing, adjusting the process time to 1.79 min and 0.96 min (below takt time of 1.8 min); as well as scrap reduction and monitoring environmental standards, obtaining a cost saving of $116,270.11 in purchasing new tools. After applying the methods, it was observed that the production plan is achieved, the costs are reduced and the required specifications by each country are accomplished.

***Key words**: Simulation, Process auditing, Lean manufacturing, Six Sigma.*

Introducción

Hoy en día es imposible imaginar un mundo sin transporte, sin embargo, en la prehistoria, la forma de moverse no siempre fue como se conoce. El verdadero nacimiento y parteaguas de la industria automotriz se ve reflejado en dos grandes eventos históricos: el Fordismo y Toyotismo, los cuales marcan el inicio y evolución de la producción en serie a partir de la década de los cincuentas y sesentas del siglo XX, de acuerdo con Báez [1].

Como se menciona en el libro Salud mental y el sistema de producción citado anteriormente [1], la empresa Ford fue la primera en poner en el mapa la manufactura vehicular al implementar el uso de la línea de montaje o la producción en bandas móviles, dando paso a la producción masiva en serie, disminuyendo costos de producción y dejando de lado la fabricación de forma artesanal.

Por otro lado, también contenido en el libro, se encuentra la aportación de la empresa Toyota al final de la segunda guerra mundial, la cual propone una producción ajustada, con maquinaria flexible para productos variados, la reducción de los defectos y la integración de los procesos de fabricación. Siendo estos dos acontecimientos de gran impacto, las diferentes empresas automotrices empezaron a incursionar en el ensamblaje en serie de autos, sistema de ensamble que aún es utilizado en la actualidad. Con las necesidades y exigencias del mundo globalizado, la industria automotriz debe adaptarse a ellas para sobrevivir.

Por estas constantes necesidades de cambio que las tendencias guían hacia la producción de autos SUV (Sport Utility Vehicle), acrónimo que se le da a las "camionetas que combinan elementos de autos todo terreno y automóviles de turismo" [2]. Que, además, cuenta con características especiales como ser ligera, con capacidad de remolque, construida en plataformas de tracción delantera, integral o en las 4 ruedas y con espacio cómodo; combinando las cualidades más representativas de los autos en uno solo.

La planta automotriz donde se implementaron las mejoras, cuenta con diversas líneas de ensamble compartidas por más de un modelo de producción, es por eso que el objetivo fue integrar los nuevos modelos de autos sin alterar la programación existente y cumpliendo con los requisitos y legislaciones de cada país.

Metodología

La metodología que se utiliza en este proyecto es la Manufactura esbelta. Los principales objetivos de la Manufactura Esbelta son implantar una filosofía de Mejora Continua que le permita a las compañías reducir sus costos, mejorar los procesos y eliminar los desperdicios ocasionados por actividades que no aportan valor al producto para aumentar la satisfacción de los clientes y mantener el margen de utilidad, de acuerdo con Vargas [3]. Se aplicaron varias de sus herramientas y métodos, entre los principales destacan:

La metodología 6 sigma es una técnica enfocada en monitorear y mejorar la calidad, reduciendo los defectos en el rango de 6 sigma, lo que se traduce en 3.4 partes de defectos máximos por millón de productos producidos, el cual se basa en la metodología DMAIC (Definir, Medir, Analizar, Mejorar, Controlar)[4]

El método de mejora continua fijado en 5 pilares fundamentales conocidos como las 5M, que reciben su nombre por hacer referencia al método, maquinaria, mano de obra, medio ambiente y materia prima, como menciona Candelaria [5], siendo parte del diagrama de Ishikawa para localizar la causa raíz de un problema.

La herramienta para la medición del trabajo consiste en la determinación del tiempo que requiere completar un proceso, actividad, tarea o paso específico, así como eliminar o mejorar elementos innecesarios que podrían afectar la calidad del producto o la productividad en general, según Andrade et al [6].

La simulación, que es la representación de la realidad mediante un modelo matemático que reacciona bajo condiciones dadas permitiendo que el participante activo interactúe y explore los efectos de las decisiones tomadas sobre el funcionamiento del mismo sin alterar la realidad [7].

Las auditorías, que son consideradas en la industria actual como proceso de control que verifica el grado de cumplimiento de documentación y procesos, durante las cuales se busca, según Álvarez y Bermúdez [8], mejorar la eficiencia mediante el perfeccionamiento de los procedimientos; proporcionar análisis y recomendaciones; y evaluar la efectividad de la aplicación de las políticas.

Desarrollo de la metodología.

Paso 1. Determinación de tolerancias.

Determinación de tolerancias del llenado de clima mediante los requerimientos ambientales y de seguridad establecidos por la compañía como permisibles, lo cual surge por la introducción de nuevos modelos. Antes de determinar el cálculo de los niveles de sigma, cabe mencionar que dicho nivel se determina calculando cuántas desviaciones estándar caben entre los límites de especificación del proceso, como mencionan Socconini y Reato [9], los cuales generan distintos defectos producidos por millón de oportunidades (DPMO) como se muestra en la Tabla 1. Niveles de sigma.

Tabla 1. Niveles de sigma.

Si el DPMO es	El rendimiento es	El nivel de sigma es
690,000 o más	30.9 %	1
308,000	62.9 %	2
66,800	68.3 %	3
6,210	99.4 %	4
320	99.98 %	5
3	99.9997 %	6

Para ello, con el análisis del proceso y los requerimientos mediante Excel, se concluye que debe basarse en el cálculo de 3 Sigma (66,800 DPMO) ya que las características del gas refrigerante cambian según las condiciones de temperatura donde se encuentre, provocando que el gramaje de llenado no sea homólogo entre los países. Lo anterior se realizó tomando muestras en la línea de producción actual y filtrando los resultados de acuerdo a los límites de las nuevas tolerancias para compararlo con el método de la botella que consiste en llenar a presión una botella simulando el auto y así comprobar si se obtiene el gramaje deseado con la presión establecida, para después ajustar las tolerancias según 3 Sigma en la línea de producción.

Paso 2. Participación y ejecución de auditorías.

Por la naturaleza del producto, requiere continuas auditorías tanto internas como externas por políticas de calidad y seguridad. Para ello es necesario contar con un método de recolección de documentos. Se inició llenando una bitácora con la información actual, después se hizo una base de datos virtual con la documentación requerida para posteriormente desarrollar una matriz con el cumplimiento, en base a los estándares de la empresa, que fue entregada a mantenimiento.

Paso 3. Desarrollo de la distribución la planta.

Desarrollo de los planos de distribución de planta - Layout de las naves de ensamblaje, mediante Diseño Asistido por Computadora (CAD), en los que se incluyen las características de las herramientas utilizadas para las operaciones, así como la secuencia de ensamble, el número de operadores requeridos y el tiempo tacto (Takt Time).

Paso 4. Simulación del proceso de ensamble.

La simulación del proceso de ensamble que tiene como objetivo reducir tiempos muertos del personal de ingeniería encargado de cada equipo o instalación durante el recorrido del auto por la línea de producción. Para ello se tomó como referencia el desarrollo del Layout, el tiempo tacto, los horarios de producción, las instalaciones y equipos, además de los tactos necesarios para el ensamble completo. Se realizó la simulación en computadora, se revisó su efectividad y se distribuyó a las áreas involucradas.

 ISSN 2007-8102

Paso 5. Toma de tiempos y movimientos de la secuencia de producción actual.

Toma de tiempos y movimientos de la secuencia de producción actual para ser comparada contra las operaciones que se deben integrar con los nuevos modelos, lo cual se analizó en la nave piloto siguiendo el ensamble correcto del auto nuevo. Posteriormente se balancearon las operaciones de la línea y se presentó una propuesta para el montaje de faros, así como de las partes bajas del auto mediante el método de las 5M que se muestra a continuación en la Figura 1. Método 5M aplicado a integración de montaje del piso trasero del auto.

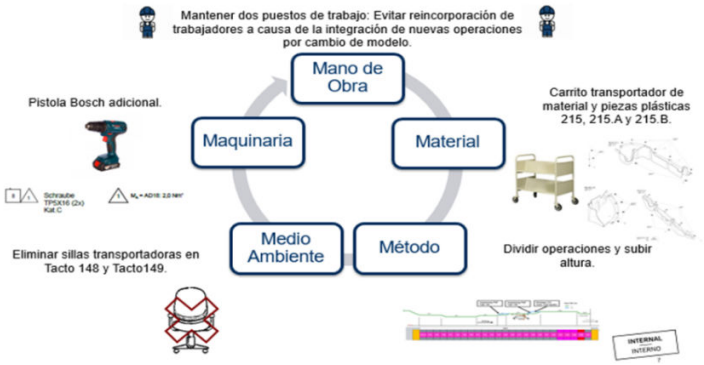


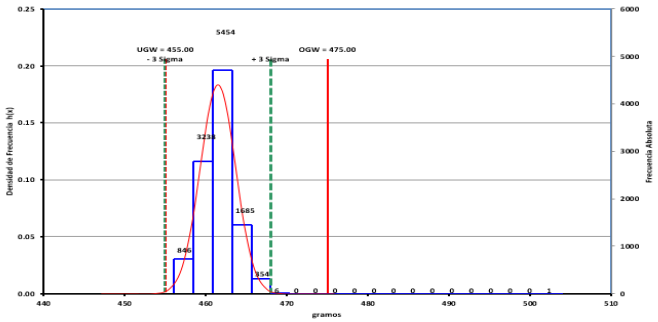
Figura 1. Método 5M aplicado a integración de montaje del piso trasero del auto.

Resultados y discusión

Los resultados obtenidos durante el proyecto fueron satisfactorios ya que se consiguieron implementar nuevos sistemas y métodos de apoyo como se muestra a continuación:

Sigma

El estudio 3 Sigma dio como resultado los nuevos límites de llenado de gas refrigerante de acuerdo a los requerimientos, así como un formato en Excel como base para futuras muestras de procesos variados tanto de llenado como de otras pruebas. La representación gráfica de los valores obtenidos se muestra en la Gráfica 1. Valores del llenado de gras refrigerante.



Gráfica 1. Valores del Método llenado de gras refrigerante.

Estudio de tiempos y movimientos

El estudio de tiempos y movimientos trajo múltiples resultados como fueron:

 ISSN 2007-8102

1. Método de montaje y optimización de herramientas.

Se integraron las nuevas operaciones de ensamble de piso trasero de acuerdo a la secuencia de ensamblado agregando únicamente un operador, en vez de tres, tras haber llevado a cabo el balanceo de línea. Las cuales se muestran en la Figura 2. Integración de operaciones de montaje de revestimientos CO2 de piso trasero.

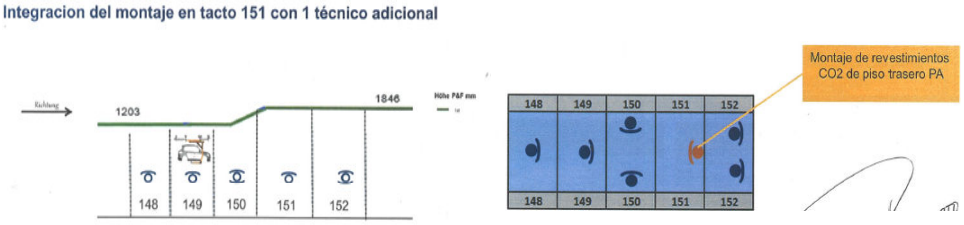


Figura 2. Integración de operaciones de montaje de revestimientos CO2 de piso trasero.

El método de montaje de los faros nuevos, que se observa en la Figura 3. Método de montaje de nuevos faros, optimiza las operaciones y cumple con el tiempo tacto, aun con la sujeción adicional a comparación del proceso de montaje de los antiguos faros.

Secuencia	1	2	3	4	5
Serie	A	C	E	D	
PDM	C	D	A	B	E
Propuesta	A	B	C	D	E

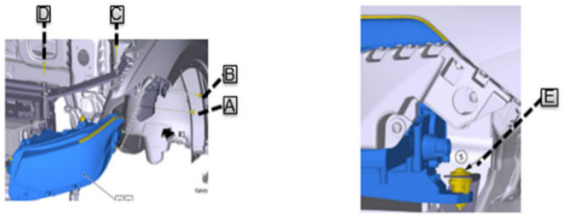


Figura 3. Método de montaje de nuevos faros.

Siguiendo las disposiciones ambientales, se remplazaron las herramientas con batería de nueva generación, alcanzando un ahorro de $116,270.11, debido a que los componentes de la vieja batería eran más costosos y próximamente prohibidos por las leyes. Esto se explica en la Tabla 2. Reemplazo de herramientas.

Tabla 2. Reemplazo de herramientas.

COTIZACIÓN			
DESCRIPCIÓN	GENERACIÓN	PIEZAS REQUERIDAS	TOTAL
EXACT LION 300-TI	Nueva	8	$120,835.28
EXACT LION 12-700 TI	Nueva	11	$166,148.51
		19	$286,983.79

COTIZACIÓN			
DESCRIPCIÓN	GENERACIÓN	PIEZAS REQUERIDAS	TOTAL
EXACT 30	Vieja	8	$249,377.04
EXACT 12	Vieja	11	$153,876.86
		19	$403,253.90

AHORRO= $116,270.11

2. Análisis de capacidad y cumplimiento de demanda en pegado de cristales.

Por el cambio de modelo se ajustó el volumen de producción de cada auto, la simulación dio como resultado el correcto acomodo de la producción para cumplir con la demanda y el tiempo tacto de 1.8 min., como se muestra en la Tabla 3. Análisis de capacidad de pegado de cristales.

 ISSN 2007-8102

Tabla 3. Análisis de capacidad de pegado de cristales.

ATN				
Tipo de Cristal	Tiempo Total	Vol. de producción (unidades/día)	Mezcla	Tiempo Ponderado
Medallon	0.9	0	0%	0
Parabrisas	1	0	0%	0
Medallon	0.9	110	19%	0.17
Parabrisas	1	110	19%	0.19
Medallon	0.8	0	0%	0
Parabrisas	1	0	0%	0
Medallon	0.76	480	81%	0.62
Parabrisas	1	480	81%	0.81
				1.79

SCA				
Tipo de Cristal	Tiempo Total	Vol. de producción (unidades/día)	Mezcla (% día)	Tiempo Ponderado
Laterales	1.12	0	0%	0
Triangulares	0.96	111	19%	0.18
Laterales	1.12	0	0%	0
Laterales	0.96	480	81%	0.78
				0.96

Simulación

1. *Layout* de herramientas y procesos actualizado.

El resultado obtenido es el Layout actualizado, Figura 4. Layout de nave de montaje, que contiene información completa de cada herramienta utilizada para el proceso de ensamble, desde categoría C hasta las que son de documentación. Así como mantenimiento a las instalaciones, costo y depreciación.

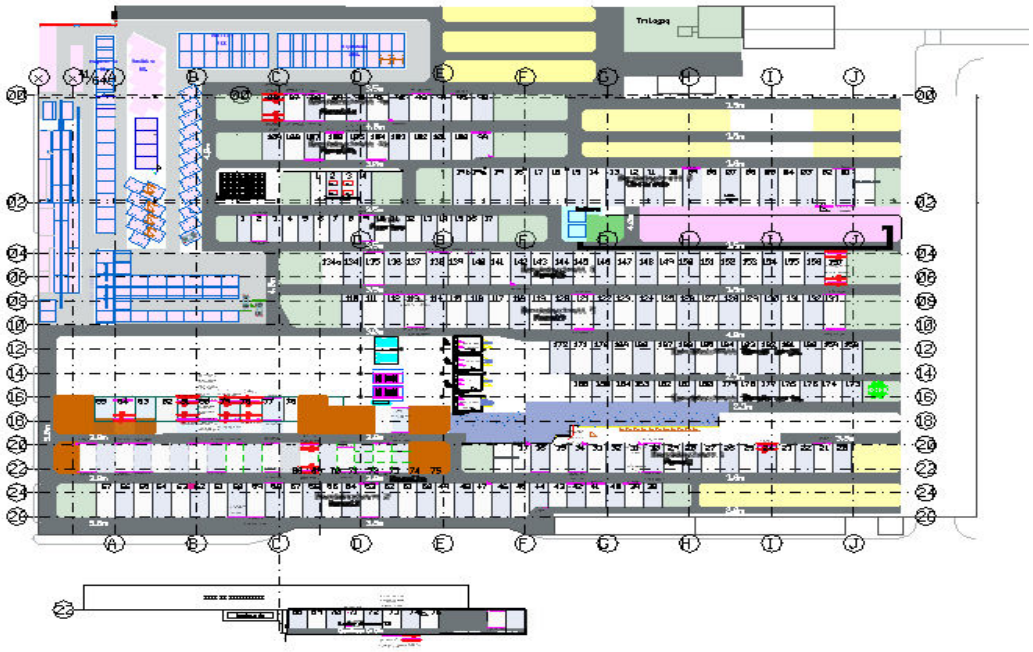


Figura 4. Layout de nave de montaje.

2. Simulación real del proceso de montaje.

Recopilación del proceso que sigue el auto de forma gráfica, que se puede observar en la Figura 5. Simulación de proceso de montaje con ayuda de Microsoft Excel, representando en la realidad la hora en que un auto determinado se encontrará en cada instalación, lo cual es un apoyo a logística y a los encargados de cada área para cumplir con la cadena de suministro Lean según Just in Time y Just in Sequence.

 ISSN 2007-8102

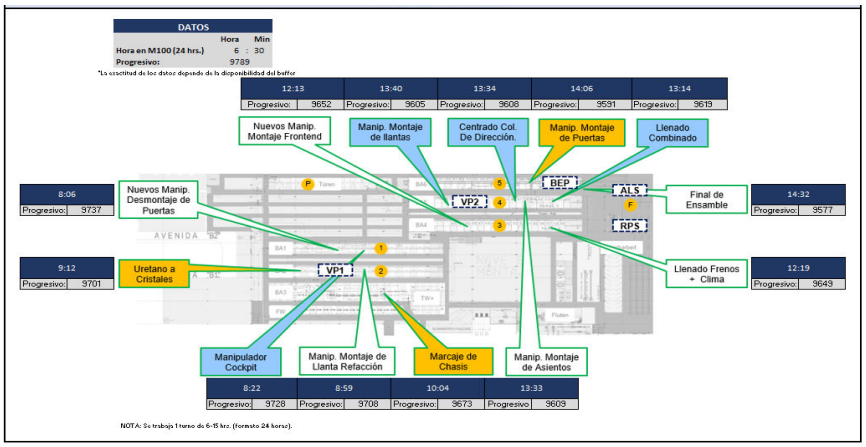


Figura 5. Simulación de proceso de montaje.

Auditorías

En el ámbito de las auditorías se logró alcanzar un cumplimiento de 82% en comparación del 20% que se tenía al inicio. Véase Figura 6. Cumplimiento con requerimientos de auditoría por mes. Cabe mencionar que el 18% restante se encuentra pendiente por el estatus del nuevo modelo.

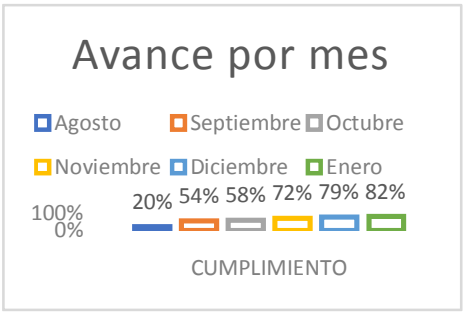


Figura 6. Cumplimiento con requerimientos de auditoría por mes.

Trabajo a futuro

Las actividades programadas del proyecto culminaron satisfactoriamente; sin embargo, es necesario monitorear cada uno de los hallazgos y actualizarlos por la etapa en la que se encuentran los proyectos de integración de los nuevos modelos (pre-series), donde aún no son los cambios definitivos, buscando generar mejoras significativas en el desempeño de las mismas antes de iniciar la producción en serie.

Conclusiones

El proyecto demostró la importancia de la ingeniería industrial a través de las herramientas y métodos de la manufactura esbelta, en los procesos como mecanismo estratégico fundamental para la toma de decisiones y para la correcta planificación de nuevos productos. Además logró su objetivo principal al aumentar el cumplimiento de las auditorías en 82%, así como alcanzar un ahorro de $116,270.11 en la adquisición de nuevas herramientas y mantener el tiempo de las máquinas de pegado de cristales en 1.79 min y 0.96 min (debajo del tiempo tacto de 1.80 min), cumpliendo con los volúmenes de producción y porcentaje de mezcla requeridos.

Con la introducción de un nuevo auto, o de nuevos modelos, debe modificarse por completo la línea de producción ya que la adaptación requiere no solo del correcto funcionamiento de los equipos e instalaciones para dicho producto, sino que, también debe mantener su producción en serie de los autos que ya se manufacturaban en esas naves. Por ello, es de vital importancia el empleo de herramientas ingenieriles para reducir o incluso eliminar errores o retrasos en la puesta en marcha que podría representar grandes pérdidas para la empresa. Sin embargo, con el desarrollo del proyecto se cumplió con el objetivo como se mostró en los resultados.

Agradecimientos

Agradecemos al TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO Campus la Laguna, en especial al Departamento de Ingeniería Industrial por el apoyo brindado para la publicación de este artículo.

Referencias

[1] J. Baéz. *Salud mental y el sistema de producción.* Bogotá, D.C., Colombia: Press, 2016 [En línea]. Disponible en: https://books.google.com.mx/books?id=4EvzDwAAQBAJ&pg=PA175&dq=la+historia+de+la+producci%C3%B3n+en+serie+toyotismo+y+fordismo&hl=es&sa=X&ved=2ahUKEwi9yLLV9eHrAhUPZKwKHcXbD8oQ6AEwAHoECAUQAg#v=onepage&q=la%20historia%20de%20la%20producci%C3%B3n%20en%20serie%20toyotismo%20y%20fordismo&f=

[2] Volkswagen de México S.A. de C.V. "¿Cuál es la diferencia entre un sedán, SUV o hatchback?" 2020. [En línea]. Disponible en: https://www.vw.com.mx/es/experiencia/tips/diferentes-tipos-de-autos.html

[3] J. Vargas *et al*. "Lean Manufacturing ¿una herramienta de mejora de un sistema de producción?". *Ingeniería Industrial. Actualidad y Nuevas Tendencias* , *vol. V, núm. 17, pp. 153-174, 2016.* [En línea]. Disponible en: https://www.redalyc.org/pdf/2150/215049679011.pdf

[4] R. Garza *et al.* "Aplicación de la metodología DMAIC de Seis Sigma con simulación discreta y técnicas multicriterio" *Revista de Métodos Cuantitativos para la Economía y la Empresa, vol. 22, pp. 19-35, diciembre, 2016.* [En línea]. Disponible en: https://www.redalyc.org/pdf/2331/233148815002.pdf

[5] R. Candelaria. "Mejora de Procesos con la Metodología Lean Six Sigma en Áreas de Nómina" Cd, Mx., México: Press 2017. [En línea]. Disponible en: http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/132.248.52.100/14873/Tesina.p df?sequence=1

[6] A. Andrade *et al.* "Estudio de Tiempos y Movimintos para incrementar la eficiencia en ua empresa de producción de calzado". *Inf. Tecnol,. vol.30, no.3, La Serena, jun. 2019.* [En línea] Disponible en: https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-07642019000300083

[7] J. Giraldo. "Simulación de Procesos de Negocios (BPSIM) como Soporte Didáctico en el Aprendizaje de la Gestión de Procesos de Servicio" *Formación Universitaria, vol. 9, núm. 1, pp. 99-108, 2016.* [En línea]. Disponible en: https://www.redalyc.org/pdf/3735/373544194011.pdf

[8] H. Bermúdez. *Auditoría y control: Reflexiones a la luz de la legislación*. Bogotá, D.C., Colombia: Press, 2016 [En línea]. Disponible en: https://books.google.com.mx/books?id=aSejDwAAQBAJ&pg=PA135&dq=que+es+una+auditor%C3%ADa+y+funcionamiento+pdf&hl=es&sa=X&ved=2ahUKEwiljbjYi-LrAhUOPa0KHT8YArkQ6AEwAXoECAYQAg#v=onepage&q=que%20es%20una%20auditor%C3%ADa%20y%20funcionamiento%20pdf&f=false

[9] L. Socconini. C. Reato. *Lean Six Sigma. Sistema de gestión para liderar empresas.* Barcelona, España: Press, 2019. [En línea]. Disponible en: https://books.google.com.mx/books?id=ODyeDwAAQBAJ&pg=PA150&dq=niveles+de+dpm o&hl=es&sa=X&ved=2ahUKEwjV5MDf0-HrAhVMgK0KHUG3BDgQ6AEwAXoECAUQAg#v=onepage&q=niveles%20de%20dpmo&f=false

Identificación de los factores de riesgos ergonómicos en un almacén de una empresa de giro comercial.

A. Barbosa Moreno[1], C.E. Mar Orozco[1], J.E. Bautista Orozco[2]*, C.A. López Decilos[2], D.E. Moreno Salvador[2]
[1]Departamento de Ingeniería Ingeniería Industrial, Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Ciudad Madero, Ave. 1° de Mayo 1510 col Los mangos, C.P. 89440, Ciudad Madero Tamaulipas, México
[2]Estudiante de Ingeniería Ingeniería Industrial, Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Ciudad Madero, Ave. 1° de mayo 1510 col Los mangos, C.P. 89440, Ciudad Madero Tamaulipas, México

*a.barbosa.moreno@gmail.com

***Área de participación**: Ingeniería Industrial*

Resumen
La identificación de los factores de riesgo ergonómico en un almacén es un tema de suma importancia, debido al impacto que dichas condiciones pueden generar en la salud de los trabajadores, lo alarmante de esto es que no se presenta alguna sintomatología a corto plazo, si no que va creando pequeñas molestias poco significativas que se agravan con el tiempo, hasta incapacitar al trabajador de sus actividades.

Este proyecto busca reducir las malas condiciones ergonómicas en los almacenes, haciendo uso de nuevas tecnologías que ayuden a disminuir los sobreesfuerzos y actividades repetitivas en los trabajadores. Además, se aplicaron normativas nacionales e internacionales para determinar que las actividades dentro del almacén se realicen de acuerdo a lo establecido en dichas normas y por medio de la metodología RULA se determinara si las posturas y el manejo manual de cargas son las adecuadas de acuerdo a las actividades realizadas en el almacén.

Entre los resultados obtenidos se encontró que la existencia de riesgos ergonómicos en el trabajo realizado y el alto porcentaje (80%) de los trabajadores que desconocen la existencia de los mismos.

***Palabras clave:** almacén, condiciones ergonómicas, posturas inadecuadas.*

Abstract
The identification of ergonomic risk factors in a warehouse is an issue of utmost importance, due to the impact that these conditions can generate on the health of workers, the alarming thing about this is that there are no short-term symptoms, if not that creates small insignificant annoyances that get worse over time, until the worker is incapacitated from his activities.

This project seeks to reduce poor ergonomic conditions in warehouses, making use of new technologies that help reduce overexertion and repetitive activities in workers. In addition, national and international regulations were applied to determine that the activities within the warehouse are carried out according to what is established in said regulations and through the RULA methodology it will be determined if the positions and manual handling of loads are adequate according to the activities carried out in the warehouse.

Among the results obtained, it was found that the existence of ergonomic risks in the work performed and the high percentage (80%) of the workers who were unaware of their existence.

***Keywords:** warehouse, ergonomic conditions, inadequate postures.*

Introducción
De acuerdo a Grooten y Johanssons [1], Anca y Anca [2] y Prevalia [3], la ergonomía puede ser vista como el estudio que involucra la relación entre el ser humano, la tecnología y su entorno, para diseñar productos y procesos encaminados a la adaptación del trabajo de acuerdo a las capacidades del trabajador; busca reducir la existencia de riesgos ergonómicos específicos.

En el 2013, Prevalia [3] – consultora especializada en prevención de riesgos laborales – afirmó que los riesgos ergonómicos son aquellos que pueden generar afectaciones en la salud del trabajador al interactuar en su entorno laboral, estos se desarrollan debido a las malas posturas, movimientos repetitivos y manipulación manual de cargas – conocidos como biofactores –, produciendo trastornos musculoesqueléticos – TME – en los trabajadores, lo cual conlleva a la generación de incapacidades y elevación de los costos económicos.

La Norma Oficial Mexicana – NOM – número 036 de la Secretaria de Trabajo y Previsión Social [4] – STPS – define los factores de riesgo ergonómico como: "aquéllos que pueden conllevar sobre esfuerzo físico, movimientos repetitivos o posturas forzadas en el trabajo desarrollado, con la consecuente fatiga, errores, accidentes y enfermedades de trabajo, derivado del diseño de las instalaciones, maquinaria, equipo, herramientas o puesto de trabajo." (p.3).

Las lesiones producidas por los riesgos ergonómicos aparecen de forma lenta y paulatina. Al principio se presentan síntomas como dolor y cansancio, que desaparecen después de realizar alguna labor, pero cuando se combinan los factores de riesgo y se mantiene el trabajo durante un determinado periodo, los síntomas se tornarán más serios y no desaparecerán aun estando en horas de descanso. Prevalia [3], Grooten et al [1] y Kamat, Zula, Rayme, Shamsuddin y Husain [5], afirman que es de suma importancia identificar dichos riesgos en el entorno en que se labora para poder realizar intervenciones y minimizarlos.

Taylor [6] declara que muchos de estos problemas pueden ser sobreesfuerzos, fatiga, atrapamientos, lesiones musculoesqueléticas e incluso enfermedades respiratorias, las cuales pueden estar relacionadas con movimientos repetitivos, personal no capacitado para el manejo de materiales, posturas forzadas, uso inadecuado de equipo de protección personal, falta de equipos motorizados y factores ambientales.

Suárez y Abreu [7] mencionan que todos estos problemas pueden causar o incrementar el número de incapacidades en el personal e incluso presentar otras afecciones; estas se ven reflejadas en la disminución de la productividad de la empresa.

Los almacenes han sido un punto importante para desarrollar investigaciones de diversos ámbitos de estudio, esto debido a que son un aspecto clave para las empresas, ya que dentro de ellos se realizan un sinfín de actividades como lo son el almacenamiento, la distribución e identificación de diversos productos con el fin de llevar un debido control del flujo de mercancías; generalmente dichas actividades están relacionadas con factores de riesgo ergonómico, y como se mencionó anteriormente, estos factores están relacionados con la repetitividad y el levantamiento de cargas pesadas.

Kamat et al [5], Mourtzis, Samithrakis, Zogopoulos y Vlachou, [8] y Chackelson, Santos y Errasti [9], afirman que para determinar las condiciones ergonómicas de un almacén no solo se deben tomar en cuenta estos factores de riesgo, si no también otras variables como lo son el diseño del almacén, picking y las tecnologías que están implantadas dentro del mismo para hacer más eficientes los procesos.

Kovács [10] menciona que el objetivo del diseño del almacén es maximizar el espacio, minimizar el movimiento del equipo y aumentar la eficiencia de las operaciones. Anca et al [2] y Mourtzis et al [8] afirman que actualmente existen tecnologías que pueden ser aplicables para el diseño de almacén, como es el caso de la realidad aumentada – RA – la cual se puede utilizar a través de varios dispositivos móviles como escáneres montados en la cabeza – pantallas o anteojos –, brazos o manos – smartwatches –, y ha demostrado ser una gran ventaja que le permite ser fácilmente utilizada, además, ser útil para reportar entradas y salidas dentro de las instalaciones de grandes almacenes.

Kamat et al [5], Grosse y Otto, Boysen, Scholl y Walter [11] declaran que si se ve desde el punto de vista ergonómico, el correcto diseño de las áreas de trabajo no solo se ve reflejado en el aumento de la eficiencia de las operaciones, sino también en el bienestar de los empleados ya que se está tomando en cuenta la medición antropométrica de los operarios y al abordar estas cuestiones se le da al trabajador una ajustabilidad en sus actividades, con lo cual se evitan molestias y lesiones relacionados con los riesgos ergonómicos.

Por otra parte Sánchez [12] y García [13] mencionan que, así como existen infinidad de riesgos que pueden afectar la salud del personal, también existe una gran cantidad de metodologías que toman en cuenta criterios como la repetitividad, duración de las actividades, pesos y otro sin fin de condiciones. El principal propósito de estas metodologías es ayudar a detectar y corregir la aparición de los TME, trayendo como beneficio mejores

condiciones de trabajo para los trabajadores, para ello es necesario elegir el método más acorde a los factores de riesgo presentes en el área de trabajo.

Según Carranza [14] existe una metodología que valora la fuerza, postura y repetitividad de las actividades que involucran las extremidades superiores del cuerpo, esta metodología es conocida como el Rapid Upper Limb Assessmen – RULA – y su principal función es dividir el cuerpo en dos grupos en los cuales se les asigna una calificación de acuerdo a un criterio establecido y a partir de ahí se puede realizar un plan de acción sobre la actividad que presente un riesgo y pueda producir algún TME.

Materiales y métodos

Para el desarrollo de este estudio se optó por utilizar una metodología convencional empleando el método RULA.

Se diseñará un cuestionario en el cual se mostrarán las partes del cuerpo y los trabajadores deberán indicar la zona en donde presenten dolor o malestar, esto con el objetivo de identificar donde se centran los principales malestares. Partiendo de esto, se procederá a observar las formas en que cada trabajador realiza sus operaciones y a determinar que procedimientos requieren ser evaluados.

Posteriormente se aplicará la metodología RULA para poder determinar si dichos malestares tienen relación con las posturas adoptadas.

Para ello se realizarán 12 observaciones en un periodo de 2 semanas a 14 trabajadores del área de almacén para poder tener un registro completo de las actividades realizadas.

Carranza [14] menciona que, en el RULA, se observan y puntean las posiciones de los segmentos corporales. Las puntuaciones son primero calculadas por separado para el brazo, antebrazo y muñecas -grupo A – el cual evalúa alrededor de 22 segmentos y cargas de entre 2 a más de 10 kg.; y el tronco, cuello y piernas (grupo B). Éstas son combinadas para obtener la puntuación final de la postura.

Pesos adicionales son otorgados a las posturas de acuerdo a las fuerzas o cargas manipuladas y a la ocurrencia de actividad muscular estática o repetitiva. Posteriormente estas puntuaciones son combinadas en tablas para expresar el riesgo en cuatro niveles con sus correspondientes acciones recomendadas.

Tabla 1. Evaluación Ergonómica de Puestos de Trabajo con aplicación de Método RULA. Espín C., Espín M. L. y Zambrano [15].

Nivel de acción 1
Una puntuación de 1 o 2 indica que la postura es aceptable si no se mantiene o repite durante largos periodos.
Nivel de acción 2
Una puntuación de 3 o 4 indica que podrían requerirse investigaciones complementarias y cambios.
Nivel de acción 3
Una puntuación de 5 o 6 indica que se precisan a corto plazo investigaciones y cambios.
Nivel de acción 4
Una puntuación de 7 indica que se requieren investigaciones y cambios inmediatos.

Resultados y discusión

En el desarrollo de este proyecto se identificaron y evaluaron tres actividades realizadas por los trabajadores del área de almacén con mayor potencial de impacto ergonómico, como lo son el levantamiento manual de objetos, el transporte manual de objetos y el arrastre manual o utilizando algún equipo - carretillas, diablitos -.

Los resultados muestran que las principales partes del cuerpo propensas a presentar algún trastorno musculoesquelético son los brazos, muñecas, cuello, tronco y piernas, esto debido a la repetitividad y sobre esfuerzos con la que los trabajadores realizan sus actividades diarias.

 ISSN 2007-8102

De acuerdo a la aplicación del método RULA, se obtiene una puntuación final de 5 para el levantamiento manual de objetos, herramienta y/o materiales donde existen movimientos repetitivos, el nivel de riesgo es medio por lo que es necesaria la actuación en esta tarea.

Para el transporte manual de objetos, herramientas y/o materiales de más de 3kg dio una puntuación final de 6 por lo que es necesaria la actuación y/o rediseño de la tarea ya que tiene un nivel de riesgo medio.

Y para la tarea de empuje y/o arrastre manualmente, o utilizando algún equipo como carretillas o diablitos; objetos, herramientas y/o materiales de más de 3 kg se obtuvo una puntuación final de 7 con un nivel de riesgo medio, se necesita la actuación inmediata con la finalidad de evitar lesiones musculoesqueléticas como hernias o el desarrollo de algún síndrome cervical por tensión.

Uno de los principales motivos por los cuales se presentan estos factores de riesgo es debido a la falta de equipo automatizado o herramental adecuado para la realización de las tareas en el área, así como la falta de capacitación adecuada sobre cómo realizar las actividades pertinentes al almacén - carga, descarga y manipulación de objetos pesados -.

A continuación, se presentan los resultados significativos del instrumento de medición:

En la figura 1 se muestra el conocimiento que poseen los trabajadores sobre los tipos de riesgos a los que están expuestos en sus puestos de trabajo, en donde se observa que el 20% de los trabajadores conocen los riesgos mientras que el 80% lo desconocen

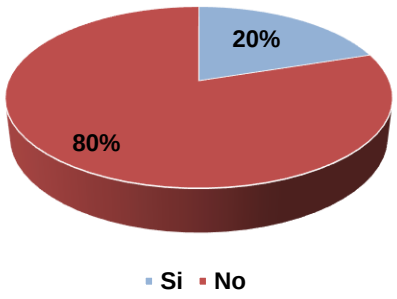


Figura 1 – Conocimientos de riesgos ergonómicos a los que están expuestos en su puesto de trabajo.

En la figura 2 se evidencia la falta de uso del equipo de protección personal por parte de los trabajadores, en la cual se encontró que solo el 60% hace uso del equipo proporciona, mientras que el 40% hace caso omiso del mismo.

 ISSN 2007-8102

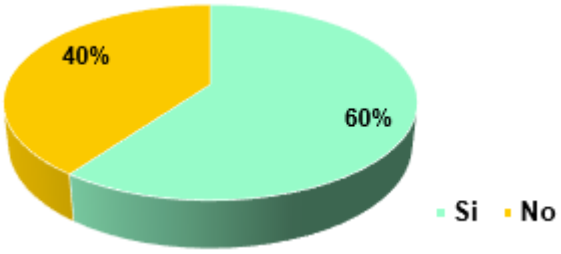


Figura 2 – Trabajadores que hacen uso del equipo de protección personal proporcionado.

En la figura 3 se aprecia la capacitación que se ha ofrecido en relación al manejo manual de materiales, en la cual se observa que solo el 40% de los trabajadores han recibido capacitación para el manejo manual de materiales y el otro 60% no ha tenido la capacitación necesaria para desempeña su trabajo adecuadamente.

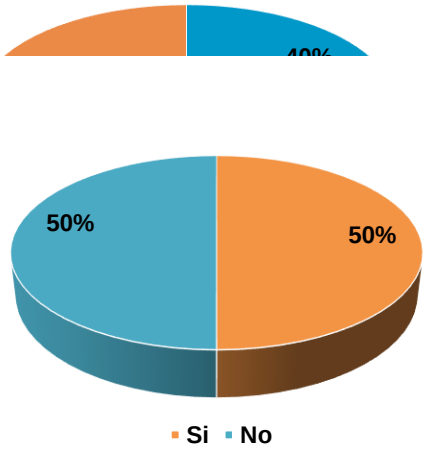


Figura 3 – Capacitación del personal para el manejo manual de materiales.

En la figura 4 se hace referencia a las molestias o dolores presentados al realizar las actividades laborales, en la cual se detectó que el 50% de los trabajadores han tenido molestia a la hora de realizar sus actividades en el trabajo y el otro 50% no han presentado dolor o molestia cuando realizan su trabajo

Figura 4 – Trabajadores con molestias al realizar sus actividades laborales.

Conclusiones

Los trabajadores realizan movimientos repetitivos constantemente en su jornada de trabajo, lo cual puede provocar grandes problemas ergonómicos como fatiga muscular y lesiones musculoesqueléticas, entre las cuales

se encuentras la tendinitis – inflamación de tendones -, lumbalgia – contractura de los músculos de la espalda baja -, síndrome del túnel carpiano – compresión de los nervios de la muñeca -, entre otras tantas enfermedades. Esto también es provocado por la falta de sistemas automáticos que pueden ayudar a realizar la tarea de una forma segura.

Por lo que las tareas realizadas dentro de un almacén pueden condicionar problemas ergonómicos si no se cuenta con la tecnología adecuada, un buen diseño del almacén y una capacitación constante a los trabajadores.

De acuerdo a lo anterior si hay existencia de riesgos ergonómicos en las actividades evaluadas

Sin embargo, se está a tiempo para realizar cambios en la realización de dichas actividades para que no genere incapacidades en los trabajadores y por consecuencia los costos relacionados con la misma.

Con los resultados obtenidos de la evaluación mediante la metodología RULA se logró identificar los factores de riesgo ergonómico: la frecuencia de los movimientos, las posturas de las articulaciones, la aplicación de fuerza para realizar la tarea y la duración de la tarea. En síntesis, se puede observar que los factores de riesgo ergonómico si afectan en la salud física de los trabajadores y en la realización de sus tareas laborales.

Referencias bibliográficas.

[1] W. J. A. Grooten y E. Johanssons, “Observational Methods for Assessing Ergonomic Risks for Work-Related musculoskeletal disorders. A Scoping Review”*, Rev Cienc Salud* vol. 16, pp. 8-38, 2018.

[2] M. Anca, y D. Anca, “Reducing ergonomic strain in warehouse logistics operations by using wearable computers”, *Procedia - Social and behavioral sciences*, vol. 238, pp. 1-8, 2018.

[3] S. L. U. Prevalia. (2019, 27 de marzo). Riesgos Ergonómicos y Medidas Preventivas en las Empresas Lideradas por Jóvenes Empresarios [Online]. Disponible: http://ajemadrid.es/2014/06/18/pautas-de-trabajo-seguras-para-jovenes-empresarios/

[4] Secretaria de Trabajo y Previsión Social. (2018). Norma Oficial Mexicana - Factores de riesgo ergonómico en el Trabajo - Identificación, análisis, prevención y control (NOM-036-1-STPS-2018) [Online]. Disponible: https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5544579&fecha=23/11/2018

[5] S. R. Kamat, N. E. N. Zula, N. S. Rayme, S. Shamsuddin y K. Husain, “The ergonomics body posture on repetitive and heavy lifting activities of workers in aerospace manufacturing warehouse”, *IOPscience,* vol. 210, no.1, pp. 1-13, 2017.

[6] J. Taylor. (2019, 13 de marzo). OSHA guidelines for ergonomics in the warehousing industry [Online]. Disponible: https://solusgrp.com/blog/osha-guidelines-for-ergonomics-in-the-warehousing-industry.html

[7] A. M. Suárez y F. A. Abreu, “Estudio de los factores de riesgos ergonómicos que afectan el desempeño laboral de los trabajadores en las industrias”, Tesis profesional, Universidad Católica del Cibao, La Vega, Republica Dominicana, 2013.

[8] D. Mourtzis, V. Samithrakis, V. Zogopoulos y E. Vlachou, “Warehouse design and operation using augmented reality technology: A papermaking industry case study”, *Procedia CIRP*, vol. 79, pp. 574-579, 2018.

[9] C. Chackelson, J. Santos y A. Errasti, “Herramienta para asistir el proceso de diseño de almacenes: desarrollo y validación”, *Memoria investigaciones en ingeniería,* vol. 11, pp. 15-27, 2013.

[10] G. Kovács, “Warehouse design - determination of the optimal storage structure”, *Acta technica corviniensis,* vol. 10, pp. 63-66, 2017.

[11] A. Otto, N. Boysen, A. Scholl y R. Walter, “Ergonomic workplace design in the fast pick area”, *Springer,* vol. 39, pp. 945-975, 2017.

[12] J. Sánchez, “Evaluación de riesgos ergonómicos en el puesto de trabajo de conserje”, Trabajo fin de máster, Universidad Miguel Hernández, Elche, Alc, España, 2018.

[13] A. F. García, “Evaluación de riesgos ergonómicos relacionados a la carga postural que afectan al personal administrativo en la sede central de la universidad de Huánuco - distrito de Huánuco, provincia Huánuco región Huánuco – 2017”, Tesis para optar título profesional, Facultad de Ingeniería, Universidad de Huánuco, Huánuco, Perú, 2018

[14] N. N. Carranza “Evaluación de riesgos ergonómicos basado en posturas forzadas en el muestreo biométrico. Empresa bureau Veritas del Perú s.a. Chimbote, 2018”, Tesis para optar título profesional, Facultad de Ingeniería, Universidad César Vallejo, Chimbote, Perú, 2019.

[15] C. Espín, M. L. Espín y L. Zambrano, “Evaluación de riesgos ergonómicos y su incidencia en la salud de los trabajadores del GAD parroquial rural Alluriquín”, *Redipe*, vol. 7, no. 2, pp. 5, 2018.

VSM como estrategia de mejora de tiempos, en una empresa productora de embalaje de cartón.

J.C. Martínez Hernández[1], E.J. Cruz Solís[1], N. M. Rodríguez Batalla [1] y D. J. Cruz Márquez[2]*
Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico Superior de Huauchinango
[1]Profesor investigador de la división de Ingeniería Industrial
[2] Alumna de la división de Ingeniería Industrial
**jc.martinez@huauchinango.tecnm.mx*
***Área de participación**: Ingeniería Industrial*

Resumen
Value Stream Mapping (VSM), tiene como propósito disminuir o eliminar actividades que no agregan valor, el presente proyecto muestra la aplicación de esta herramienta en una empresa dedicada a la manufactura de paneles a base de papel Kraft y celdas hexagonales de papel conocido como *Honeycomb*. Para llevar a cabo el desarrollo de esta metodología se escoge una familia de productos considerada con mayores oportunidades de mejora, posteriormente se aplican diferentes herramientas y técnicas para recolectar y analizar información sobre el proceso productivo y así obtener datos críticos. La implementación de esta metodología logró incrementar 12.9% la productividad para la línea de panel, beneficiando asimismo a los intereses de la empresa, de esta manera se demuestra que el proyecto es factible tanto en forma técnica como económica.

***Palabras clave**:* VSM, metodología, optimizar, cadena de valor.

Abstract
Value Stream Mapping (VSM), has the purpose of reducing or eliminating activities that do not add value, this project shows the application of this tool in a company dedicated to the manufacture of panels based on Kraft paper and hexagonal paper cells known as Honeycomb. To carry out the development of this methodology, a family of products considered with greater opportunities for improvement is chosen, later different tools and techniques are applied to collect and analyze information about the production process and thus obtain critical data. The implementation of this methodology managed to increase productivity for the panel line by 12.9%, also benefiting the interests of the company, thus demonstrating that the project is feasible both technically and economically.

***Key words**: VSM, methodology, optimize, value chain.*

Introducción
En la actualidad la competitividad es trascendental para el éxito de cualquier empresa, por ello aplicar la filosofía *Lean Manufacturing* se convierte en la clave que nos permite gestionar de forma exitosa los retos relacionados con los costos, calidad y tiempos de entregas, en conjunto con una serie de principios, métodos y herramientas integrales. Hoy en día los principios de *Lean Manufacturing* han tomado mayor relevancia como una forma de trabajo eficaz que ayuda a la mejora continua de las empresas frente a los retos que presentan los nuevos modelos de gestión de las organizaciones. La industria de embalajes en el país es una de las más importantes debido a que atiende a todos los sectores productivos del país, la mayor parte de los productos manufacturados requieren de un envase para ser comercializado. Por lo consiguiente la empresa en estudio, es productora de empaque interno o embalaje de tipo *honeycomb* (panal), que es un material hecho de celdas hexagonales recubierto de papel kraft, utilizado por distintas industrias como electrodomésticas, alimentarias, automotriz, etc.

 ISSN 2007-8102

Así mismo la planta cuenta con dos turnos con jornadas laborales de 12 horas, cada turno se conforma de alrededor de 25 personas distribuidas en producción en su mayoría, almacén y embarques, excluyendo a los directivos. Actualmente es una de las empresas líderes a nivel mundial en la fabricación de empaques, sus cimientos están basados en la búsqueda constante de la mejora continua y el incremento de la velocidad de sus líneas de empaque, escuchando constantemente las necesidades de todos sus clientes.

Dentro de este marco el sistema *Lean Manufacturing* es el enfoque de gestión que permite a las empresas avanzar en la secuencia de fases que conducen a la competitividad [1]; El objetivo de este caso de estudio, es la reducción en los tiempos de espera y transporte en la línea de producción con mayor carga de trabajo, por lo que se implementaran herramientas de *Lean Manufacturing* adecuadas para alcanzar este objetivo. Este proyecto plantea mejorar el manejo de materiales en la línea de panel, a través de la aplicación del VSM, con la finalidad de reducir desperdicios y tiempos de operación.

Metodología

Para el cumplimiento del objetivo del presente proyecto, se utilizó una metodología estructurada por fases de implementación, misma que se puede apreciar en la Figura 1. Cabe señalar que se utiliza la metodología VSM en su fase inicial, por lo que se emplea como una estrategia de diagnóstico.

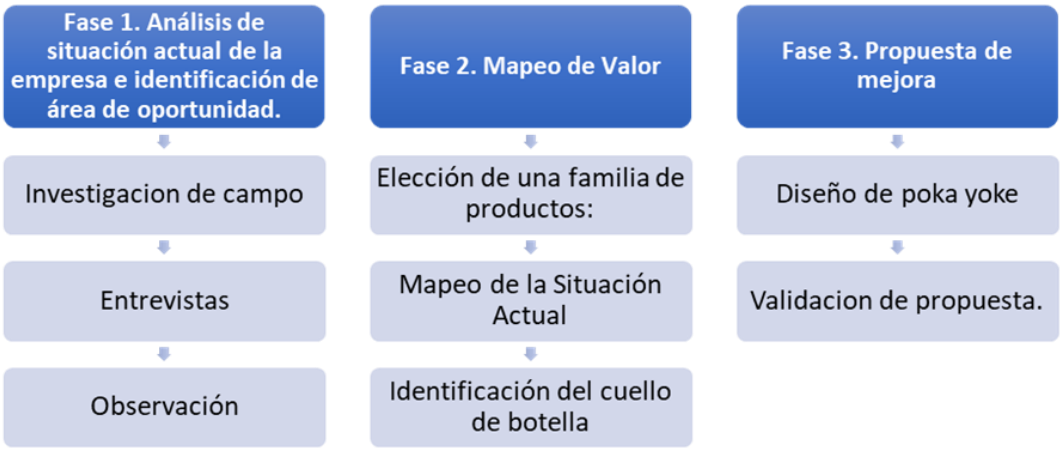


Figura 1. Metodología empleada

Fase 1. Análisis de situación actual e identificación de áreas de oportunidad.

Se valora el estado actual de la empresa, a través de entrevistas guiadas, así como la documentación proporcionada por la misma, se logró identificar una problemática que disminuye la productividad de la línea de panel. Es importante mencionar que el estudio se centró únicamente en dos de los productos con mayor impacto que ofrece la empresa: los empaques tipo Owens 3" y Owens 1". Como resultado de este análisis se determina que existe un problema con las entregas de producto terminado, siendo estas de manera tardía, lo que en consecuencia produce una desventaja competitiva, así como un impacto económico desfavorable. La razón principal de este problema reside en la adecuación de la línea de producción para cubrir la demanda de los clientes.

 ISSN 2007-8102

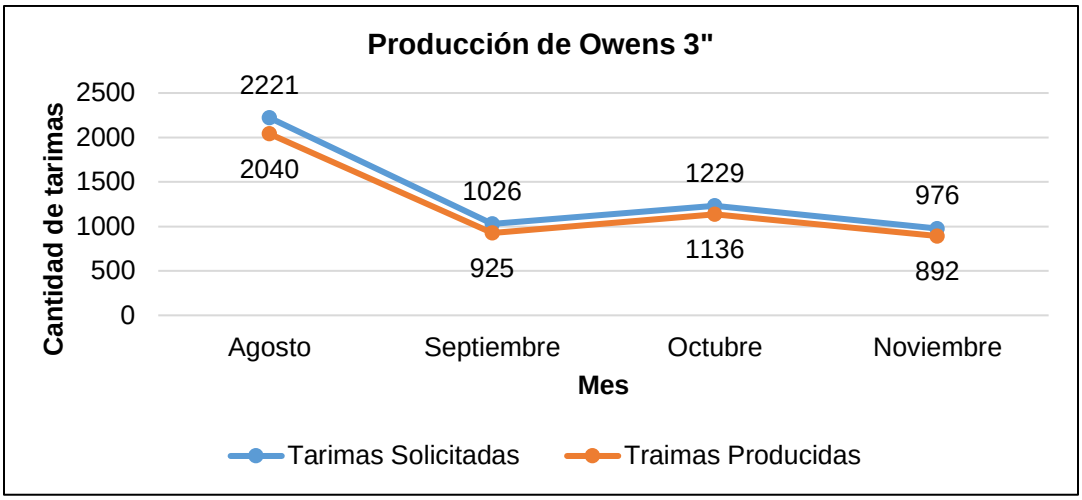


Figura 2. Gráfica de producción de producto Owens 3'' vs. Demanda de cliente.

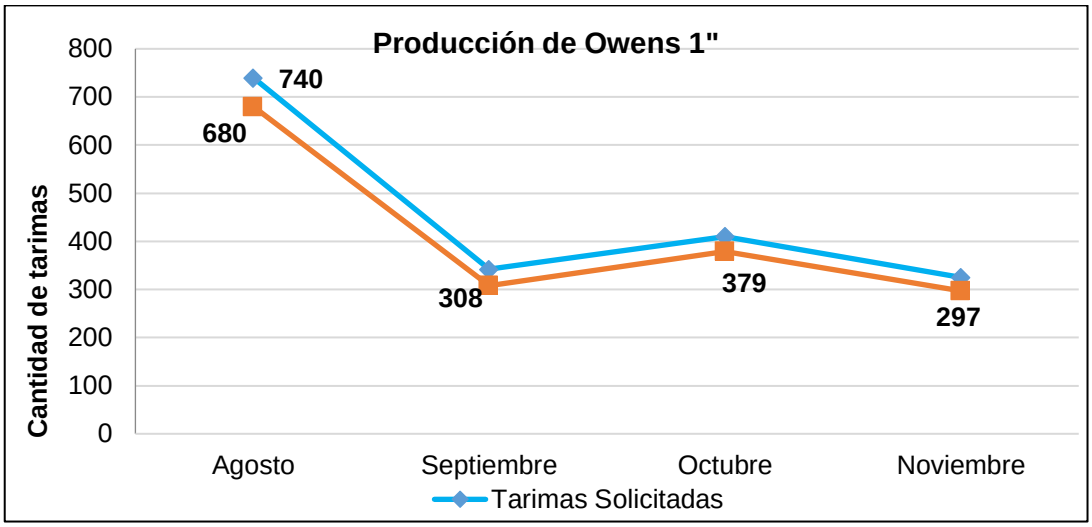


Figura 3. Gráfica de producción de producto Owens 1'' vs. Demanda de cliente.

Tal como se aprecia en la figura 2 y 3, existe una diferencia significativa entre la cantidad de producto producido y lo demandado por los clientes, valorando lo anterior se hace necesaria la intervención de alguna herramienta de mejora con el fin de encontrar las causas a dicho problema y de esta manera actuar para disminuir o erradicar dichos errores críticos en el sistema de producción. De acuerdo a la revisión teórica y documental analizada se determina que esta herramienta es el VSM por sus siglas en inglés (*Value Stream Mapping*). Los mapas de valor se utilizan para conocer a fondo el proceso tanto dentro de la planta como en la cadena de suministro. Esta herramienta permite entender completamente el flujo y, principalmente, detectar las actividades que no abre gran valor al proceso; además, ha sido uno de los pilares para establecer planes de mejora con un objetivo y un enfoque muy precisos (Porter, 1985).

Fase 2. Mapeo de Valor

Una vez determinada la problemática principal, así como la herramienta a utilizar para analizar las posibles causas, en esta fase se realiza el procedimiento relacionado con el desarrollo del VSM, en primer lugar, es necesario identificar y describir las operaciones que conforman el sistema

 ISSN 2007-8102

productivo [8]. En el proceso de producción de los embalajes de cartón se observan 13 operaciones, mismas que se presentan a continuación, y se pueden visualizar en la figura 4.



Figura 4. Proceso de producción de empaques Owen 3'' y Owen 1".

1. *Ajuste en el rodillo jalador: se* verifica la correcta alimentación del core hacia la mesa de expansión al pasar por este rodillo el material lleva una velocidad de 25 pulgadas por minuto y para realizar un panel de owens se necesita core de 3" de espesor de tipo 1.
2. *Ajuste en Mesa de Expansión:* se ajusta el ancho total y tamaño de celda de acuerdo a 36" de ancho de acuerdo a las especificaciones del cliente.
3. *Ajuste en Rodillo de Compresión:* verificar que las celdas presenten un ligero doblez en la parte superior e inferior dependiendo el modelo.
4. *Paso por la Glue Core:* aplicación correcta de pegamento en la parte superior e inferior del core ajustado a 3".
5. *Inspección de las placas de calentamiento:* se toma la temperatura de las placas de acuerdo a las condiciones de operación.
6. *Ajuste de espesor en la mesa de compresión:* verificar espesor de acuerdo a 3" y que el papel pegue de manera uniforme de acuerdo a los modelos y especificación del cliente.
7. *Ajuste de Trituradoras:* verificar correcto funcionamiento sin sobrantes adheridos a 36".
8. *Ajuste de Sliter:* Se realizan dos cortes en el panel uno a cada orilla a 6" en cada panel.
9. *Corte de Sierra:* La sierra corta cada panel a 68".
10. *Empaque:* Estibar 16 paneles y acomodarlos en la tarima de producto terminado.
11. *Flejado:* una vez estibada la tarima se procede a amarrar la misma con un material conocido como fleje utilizando bucles de plástico.
12. *Emplayado:* la tarima se cubre con un aislante y se etiqueta.
13. *Embarque:* se mueve el producto hacia el área de embarques.

La siguiente etapa para la creación del VSM consiste en elegir la familia de productos a estudiar considerando sus características. Como familia de producto se podría definir a un grupo de productos que pasan por similares procesos de operación y equipamiento bajo el proceso hasta expedirlos al cliente [1]. Dicho análisis se llevó a cabo comparando las características afines de estos productos lo cual se utiliza la tabla 1:

 ISSN 2007-8102

Tabla 1. Referencia los productos Owens de 3" y Owens de 1"

Producto	Largo	Ancho	Espesor	Paneles por Tarima	Ancho de Corte	Papel Superior	Papel Inferior	Tipo de Core	Logotipo Smurfit
Owens 1"	68"	36"	1"	48	6"	31	36	1	No
Owens 3"	68"	36"	3"	16	6"	31	36	1	Si

De acuerdo a las características de estos productos se realiza una tabla comparativa en donde se promedia la compatibilidad de estos dos productos (Tabla 2).

Tabla 2. Compatibilidad entre productos Owens 1" y Owens 3".

Compatibilidad										
Producto	**Largo**	**Ancho**	**Espesor**	**Paneles por Tarima**	**Ancho de Corte**	**Papel Superior**	**Papel Inferior**	**Tipo de Core**	**Logotipo Smurfit**	**Promedio**
Owens 1" con Owens 3"	100%	100%	33%	33%	100%	100%	100%	100%	0%	74%

Una vez realizado este análisis, se obtuvo un 74% de compatibilidad del producto Owens 3" con Owens 1", dando la pauta para poder realizar el mismo VSM para los dos productos. Con el análisis de la etapa anterior se procede a elaborar el mapeo de la situación actual, para ello se identifican los proveedores de materia prima de los productos estudiados, así como también el cálculo de la producción diaria y de los tiempos de la caja de datos. El primer cálculo a realizar es el tiempo de ciclo para cada estación de trabajo, el tiempo de manufactura para un panel depende de la velocidad de cada proceso que integra la línea de panel, ya que cada panel debe medir 68" de largo, como se muestra en la tabla 3:

Tabla 3. Resumen de tiempos de producción por operación.

Operación	Velocidad Pulg/Seg	Tiempo por un panel (s)	Tiempo por Tarima (min)
1	6.81	9.99	2.66
2	6.52	10.43	2.78
3	7.23	9.41	2.51
4	6.34	10.73	2.86
5	7.41	9.18	2.45
6	8.11	8.38	2.24
7	7.12	9.55	2.55
8	7.12	9.55	2.55
9	7.12	9.55	2.55
10	Realizado por el operario.		3.20
11	Realizado por el operario.		3.53
12	Realizado por el operario.		2.25
13	Realizado por el operario.		3.10

El segundo cálculo es el correspondiente al porcentaje de paros por estación de trabajo, tal como se contempla en la tabla 4.

Tabla 4. Porcentaje de paros por estación de trabajo.

Operación	Maquina Utilizada	Fallas Semanales	% de paros	% de Eficiencia
1	Rodillo Jalador	1	9.09%	90.91%
2	Mesa de Expansión	1	9.09%	90.91%

 ISSN 2007-8102

3	Rodillo de compresión	2	18.18%	81.82%
4	Glue Core	2	18.18%	81.82%
5	Placas de Calentamiento	2	18.18%	81.82%
6	Mesa de Compresión	2	18.18%	81.82%
7	Trituradoras	1	9.09%	90.91%
8	Sliter	1	9.09%	90.91%
9	Sierra	2	18.18%	81.82%
10	Operador	Necesidades Físicas	13.00%	87.00%
11	Operador	Necesidades Físicas	13.00%	87.00%
12	Emplayadora	1	9.09%	90.91%
13	Montacargas	1	9.09%	90.91%

Efectuados los cálculos anteriores, se elabora el VSM de manera gráfica (Figura 5), estudiando la representación se identifica el cuello de botella del proceso de producción, operación que corresponde al Flejado de tarimas.

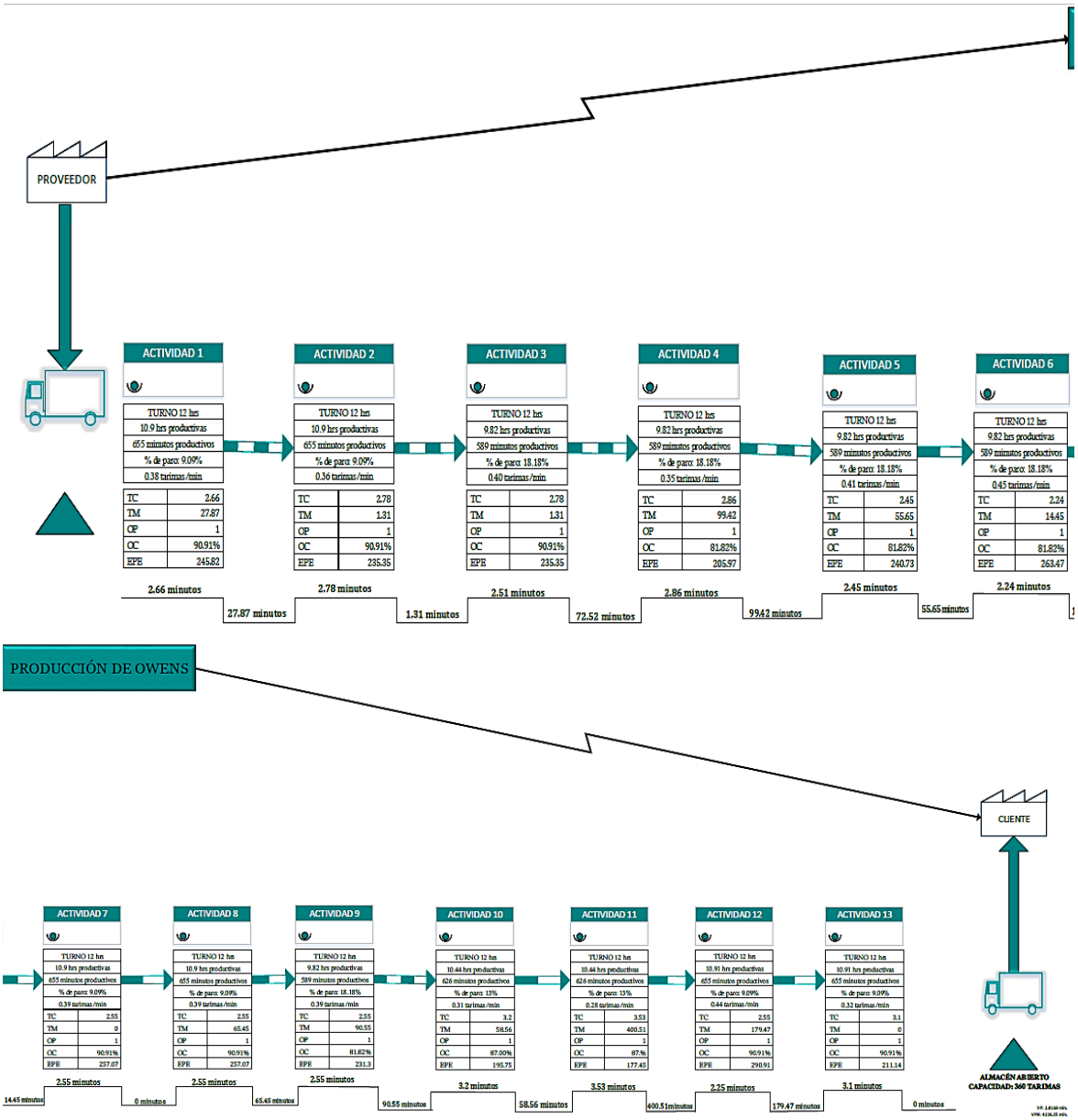


Figura 5. Value Stream Mapping (VSM) de línea de producción de Owens 1" y 3".

 ISSN 2007-8102

Fase 3. Propuesta de mejora

En consecuencia y considerando que el cuello de botella para la línea de panel corresponde a la operación 11 flejado. A razón de que esta es una actividad completamente manual realizada por un operador se propone diseñar un dispositivo poka yoke (a prueba de errores) que permita facilitar la operación para el operario. Este dispositivo consiste en una barra de acero, con dimensiones de 40” de largo por 0.5” de espesor, adecuado a la ergonomía de las manos de los operadores con un pequeño gancho en la punta.

Resultados y discusión

De acuerdo con el dispositivo propuesto, así como las instrucciones adecuadas para el buen uso de este por parte del operario, se realizan diversas pruebas para la operación de flejado, para así poder distinguir la diferencia reflejada en el tiempo de ciclo y realizar la comparación entre él antes y después de la aplicación de la propuesta, tal como se distingue en la tabla 5.

Tabla 5. Comparación de resultados antes y después de implementación de dispositivo de Poka yoke.

	Tiempo de Ciclo (minutos)	Capacidad de Tarimas por Minuto	Minutos Efectivos Por Turno	Tarimas por Turno
Antes de Poka yoke	3.53	0.28	626	177.34
Después de Poka yoke	3.13	0.32	626	200

Antes de implementar el dispositivo para mejorar el flejado, el tiempo de esta operación era de 3 minutos 31 segundos y en la prueba piloto utilizando el dispositivo Poka Yoke el tiempo de flejado se reduce a 3.13 minutos es decir 3 minutos 7 segundos lo cual se resume en una mejora de 24 segundos por tarima de producto terminado. Estos 24 segundos se traducen como una reducción del 11.37% del tiempo inicial de flejado antes de la implementación del Poka Yoke. A su vez al reducir el tiempo de flejado incrementamos la capacidad de esta operación de 0.28 tarimas por minuto a 0.32 tarimas por minuto. Los resultados se visualizan en la figura 6.

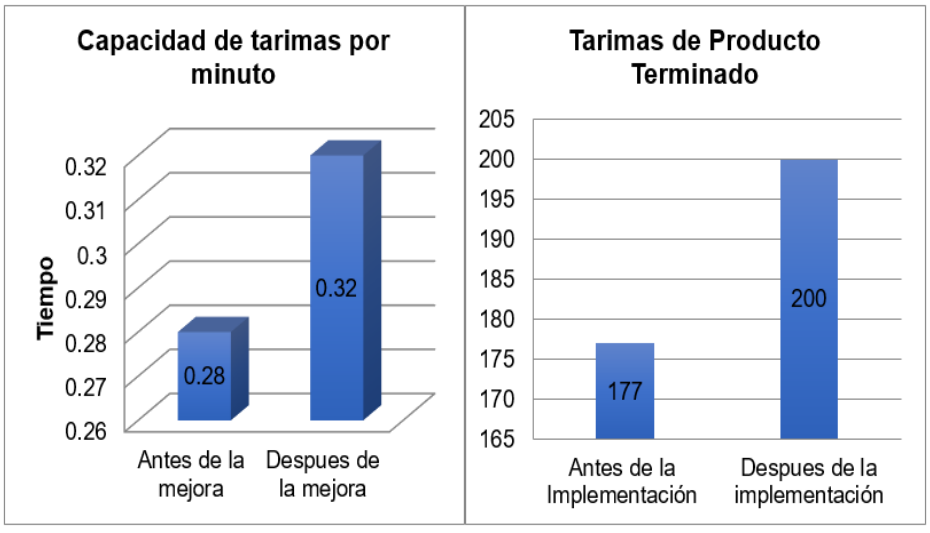


Figura 6. Número de tarimas de producto terminado antes y después de mejora.

Trabajo a futuro

Con lo obtenido en el análisis de flujo de valor y habiendo realizado la propuesta de mejora, lo siguiente a realizar es la segunda problemática encontrada: el número de devoluciones de producto terminado. En el que se realizara un análisis de las posibles causas que provocan este caso, para así poder implementar una nueva propuesta de mejora.

Conclusiones

Es importante destacar el papel esencial que juega el VSM como herramienta de la filosofía *Lean Manufacturing*, permite mostrar las fuentes de desperdicio o los cuellos de botella en la cadena de valor, esta herramienta emplea un lenguaje común para que este sea entendible hacia los involucrados, forma la base de un plan de acción para mejora (Kaizen), así mismo participa como enlace entre el flujo de información y el flujo de material, describe a detalle cómo está operando la cadena de valor de la empresa y como esta debería de operar en el futuro. La aplicación de esta metodología permitió identificar la principal fuente de desperdicio en la línea de panel y asimismo proponer herramientas de mejora con el fin de optimizar los tiempos de operación haciendo más eficiente la operación de la línea. Se optimizó el manejo de materiales aumentando en un 12.9% el nivel de producción para la línea de panel de acuerdo a la familia de productos en estudio.

Agradecimientos

A la carrera de Ingeniería Industrial del Instituto Tecnológico Superior de Huauchinango por el apoyo y las facilidades en el desarrollo de este proyecto, así mismo, agradezco el trabajo colegiado de los miembros del Cuerpo Académico Tecnología Aplicada con número de registro ITESHUAU-CA-2.

Referencias

[1] M.L. George Lean six sigma: combining Six Sigma quality with Lean speed. Nueva York, EEUU, Mc Graw Hill. 2002.

[2] F. Ortega, J. García, L. López and A. Lozano. Design by poka yokes. Design and manufacture of Poka Yokes for water pump bearing assembly lines: Case study, p. 157-159.

[3] C. Carpio. Improvement plan in the production area of the company COMOLSA S.A.C. to increase productivity, using Lean Manufacturing tools - Lambayeque 2015.

[4] Alreck, P.L. and Settle, R.B. The survey research handbook, Illinois, USA, Irwin. 1985.

[5] E. Reverchon and S. Cardea, "Formation of cellulose acetate membranes using a supercritical fluid assisted process," Journal of Membrane Science, vol. 240, no. 1, pp. 187-195, 2004/09/01/ 2004.

[6] A. Crespo, PUSH-PULL manufacturing techniques: characterization, analysis and alternatives. Doctoral thesis, University of Seville. 1993

[7] T.H. Davenport, Process Innovation: Reengineering work through Information Technology.Boston, Massachusetts, EEUU, Harvard Business School Press.1993

[8] J. C. Hernández, Antonio V. Idoipe. Lean manufacturing Concepts, techniques and implementation. MADRID: EOI Foundation. 2013

[9] Goldratt, E.M. The goal: a process of continuous improvement, Madrid, Spain, Díaz de Santos. 1993.

[10] A. Harrison, Just In Time Perspective, Londres, Reino Unido, Prentice Hall. 1992.

Cálculo de cubicaje para disminución de transportes en una empresa de alimentos

R. Díaz Téllez[1], L. Viveros Rosas[2], V. Velázquez Romero[1], A. Martínez Guzmán[1], S. Martínez Guardián[1].
Tecnológico Nacional de México – Tecnológico de Estudios Superiores de Coacalco
Av. 16 de septiembre # 54, Coacalco de Berriozábal, Estado de México. C.P. 55700
[1]Subdirección de Estudios Profesionales "A" -Especialización en Logística y Cadena de Suministro
[2]Subdirección de Estudios Profesionales "B" – Maestría en Ciencias en Ingeniería Industrial
rebeca.sub.a@tesco.edu.mx,
leopoldo@tesco.edu.mx
veronica.sub.a@tesco.edu.mx
anabel.sub.a@tesco.edu.mx
mgsinuhe@gmail.com

***Área de participación**: Ingeniería Industrial*

Resumen
El trabajo se enfoca en encontrar una solución para mejorar el uso del transporte que se utiliza para el traslado del producto entre los centros de distribución primarios (SMC) y secundarios (CeDis) de una compañía que se dedica al giro alimenticio para su sistema de distribución denominado CIP-CAP. Este problema es originado porque se tienen diferentes formas en que se pueden distribuir los productos de acuerdo con el tipo de cliente, y se hace muy especializado el transporte, esto incrementa el número de transporte y como consecuencia los costos.

Se realiza un análisis para disminuir esta cantidad de transportes con base en tres variables: análisis del Flujo de información entre los sistemas que tiene la compañía, el conocimiento de los diferentes Embalajes y Camiones que se utilizan para el traslado del producto, sin violentar las reglas del negocio y con la infraestructura y personal que se tiene en la compañía.

***Palabras clave**: Cubicaje, Logística, Alimentos*

Abstract
The work is focused on finding a solution to improve the use of transportation used to move the product between the primary (SMC) and secondary (CeDis) distribution centers of a company dedicated to the food industry for its distribution system, called CIP-CAP. This problem is originated because there are different ways in which the products can be distributed according to the type of client, and the transport becomes very specialized, this increases the number of transport and consequently costs.

An analysis is carried out to reduce this amount of transport based on three variables: analysis of the information flow between the systems that the company has, knowledge of the different packaging and trucks that are used to transport the product, without violating the rules of the business and with the infrastructure and personnel that the company has.

***Key words**: Cubing, logistics, food company*

Introducción
Los costos de la logística interna y externa de las compañías, hace que los gastos se eleven y en una gran mayoría de productos, el traslado y transporte de estos, contribuyen de manera espectacular en los costos totales, en muchos casos es más caro mover la mercancía que producirla. En este tenor las empresas siempre están buscando como abatir los costos y la logística tiene mucha

 ISSN 2007-8102

área de oportunidad para ello, ya sea en el manejo de materiales y productos y/o en su distribución y transporte.
En esta investigación se propone disminuir el incremento en el transporte de los almacenes primarios de una de las empresas mencionadas con anterioridad a los Centros de intercambios de Pedido (CIP), ya que estos costos se elevan porque no existe una manera para garantizar que el transporte este consolidado, es decir que el camión o tráiler al transportar los productos, este lleno en un 90% de su capacidad por lo menos (problema de cubicaje).
Para este escrito no se utiliza el nombre de la compañía para efectos de privacidad, así lo decidió la empresa.

Descripción del proceso operacional de la Empresa

La Figura 1 muestra el sistema lógico operativo que sigue la compañía, se pueden apreciar tres fases, primero se ingresan los pedidos por medio de una Hand Held Computer (HHC) que manda los datos al ERP legado, este sistema manda los datos a una base (DB repository) que los ordena mediante las variables de ruta, empleado, material, sucursal, cliente, estas operaciones son realizadas en un lapso de 24 horas, por medio de la primera interfaz se lleva esta información clasificada al ERP SAP para que se generen las órdenes de compra y a su vez mande al almacén estas para que sean ejecutadas; por medio de una segunda interfaz, se manden los productos al crossdock (CIP), donde se restructuran los pedidos por cliente y se surten a cada uno de los vendedores; mientras el DB repository, está generando la liberación de órdenes de compra y actualizando los inventarios de los almacenes para los siguientes pedidos, este proceso se lleva a cabo en promedio 3 días.

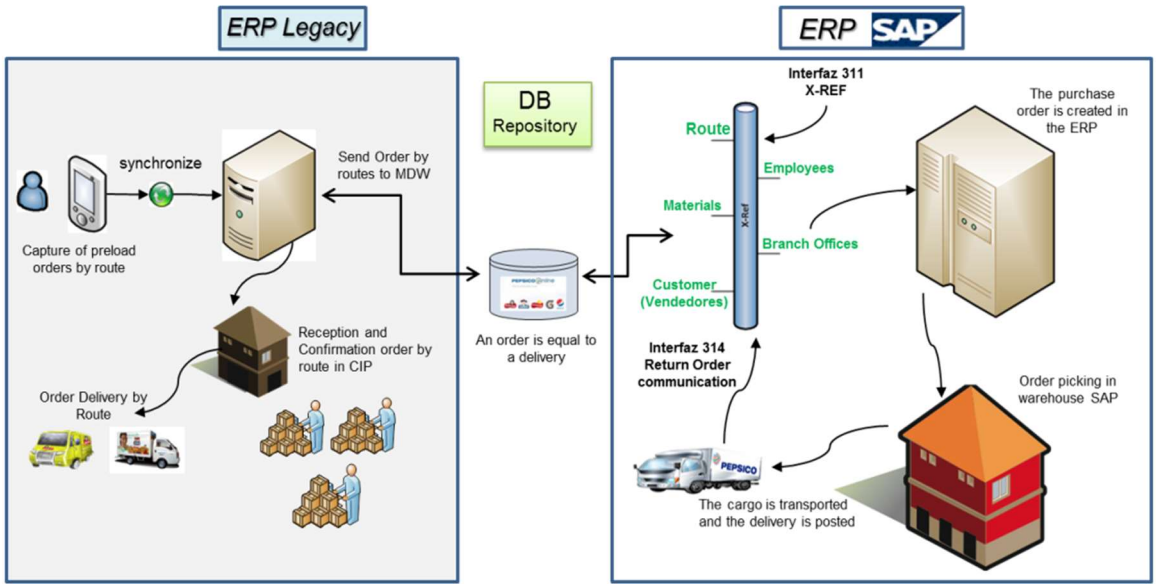


Figura 1. Esquema Lógico Operativo

La Figura 2 muestra el flujo de información que se utiliza en la compañía. El proceso está dividido en tres secciones que se describe de lo general a lo particular, también se describe la interacción de estos sistemas.

 ISSN 2007-8102

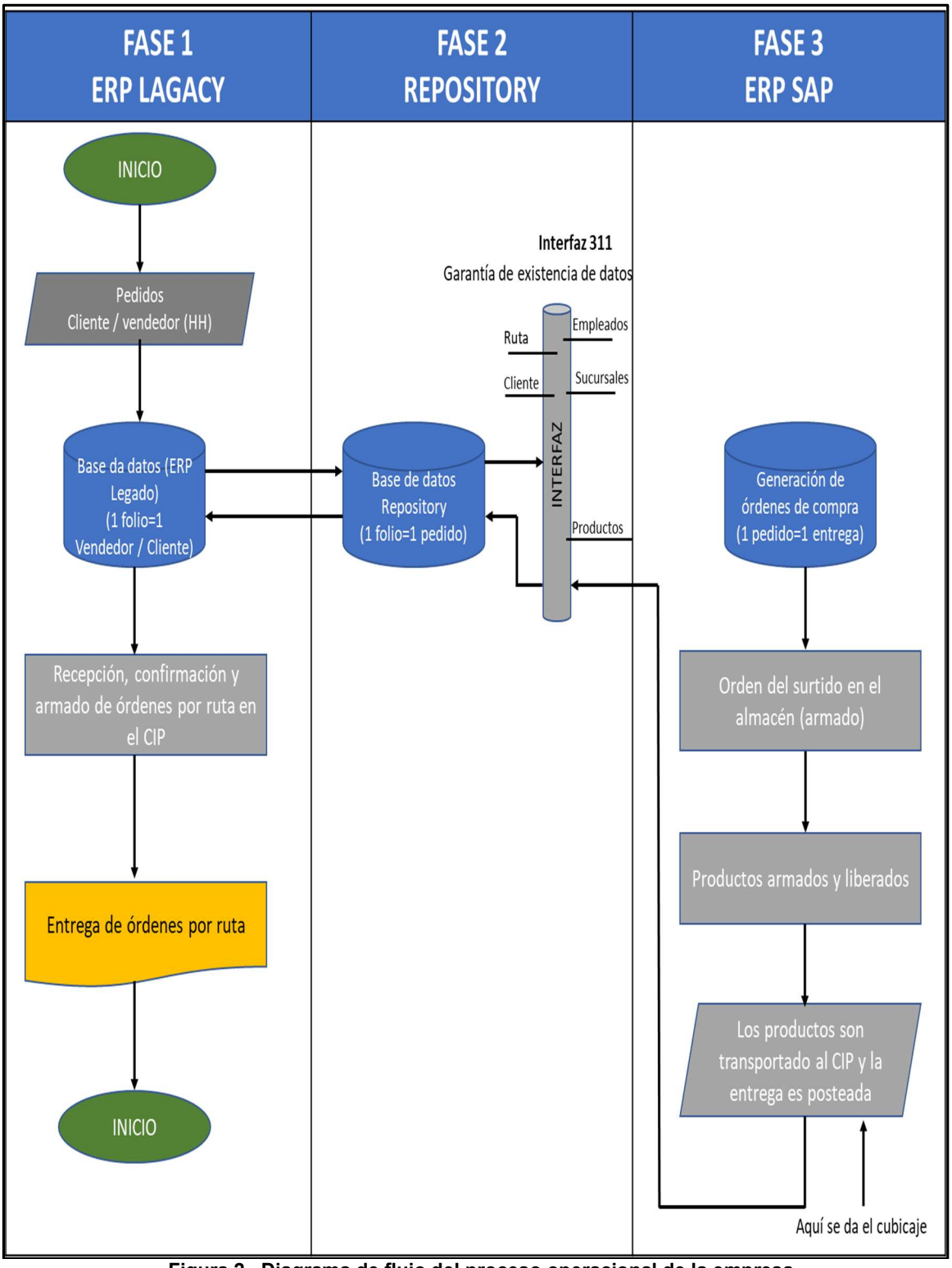


Figura 2. Diagrama de flujo del proceso operacional de la empresa.

Primera Sección.

En esta sección es donde inicia el flujo de información para el proceso, esta información servirá para poder saber qué cantidad y qué tipo de producto es el que se requiere surtir por parte de un almacén

primario (Tercera sección). El ERP Legado, realiza el envió de cada uno de los pedidos a una base de datos intermedia (DB repository).

Segunda Sección
Esta sección funciona como punto intermedio entre el ERP Legado y el ERP SAP, para que fluya la información se necesita el apoyo de dos interfaces que tienen la finalidad de validar y garantizar que los datos existentes en el ERP Legado tengan su equivalente en el ERP SAP.

Tercera Sección
Como se ve reflejado en las Figuras 1 y 2, cuando la información está correcta se crea un folio, para que de esta forma se pueda solicitar el armado de forma independiente y así evitar mezclar producto de diferentes rutas, cumpliéndose la regla del negocio de un pedido es igual a una entrega.
Una vez concluido el proceso de armado de los N pedidos se dejan en un área de espera, para que se ingresen a la(s) caja(s) del transporte(s), previamente asignada por el sistema ERP SAP, para este proceso el sistema no indica la forma de embalaje esto es un problema que se debe resolver y es donde empieza este proyecto, por lo que se siguen las reglas de la compañía, citadas en la parte de metodología.

Metodología

En la Tabla1 se muestra la metodología que se llevo a cabo para la realización del proyecto**.**

Tabla 1. Metodología utilizada en el proyecto

Paso	Reglas consideradas
Para realizar el análisis de la operación actual se generaron reuniones de trabajo con las diferentes áreas y personas expertas de cada una de ellas para conocer las reglas de negocio con las que interactúa el modelo de distribución CIP-CAP	➢ Un pedido es igual a una entrega. ➢ Todo pedido debe estar asociado a un empleado. ➢ Manejo de las mismas unidades de medición, para el manejo de los materiales. ➢ Se deben utilizar los sistemas y herramientas hoy existentes para poder compartir la información de los productos que se requieren. ➢ La nueva ruta no deberá afectar a los reportes de los sistemas centrales, que se utilizan para la toma de decisiones por diferentes áreas de la compañía, solo debe servir para generar el ingreso de productos al inventario de la localidad.
Conocer cómo trabajan los sistemas que interactúan en el proceso de re abasto, con el objetivo de utilizar los sistemas de información existentes.	➢ ERP Legado. Este sistema es el que administra y gestiona el inventario para la localidad, las limitaciones del sistema son: • La unidad base que se utiliza para cualquier transacción es Pieza (Pza.), ➢ El sistema maneja números naturales y decimales para el proceso de conversión a las diferentes unidades. ➢ Sistema ODS. Se utiliza para segregar la información de forma especializada y proporcionar la información a todos los sistemas para la toma de decisión y/o de proyección. las reglas con las que cuenta este sistema son: • Maneja todos los tipos de unidades con los que se trabaja en la compañía • Maneja solo números naturales.

	• El tiempo que tarda en realizar la segregación de información y de transacción es hasta de 36 horas. ➢ Sistema JDA (CRP). Planea la demanda (DPM), las limitaciones son: • La unidad mínima que utiliza es Caja • Maneja solo números naturales. • El tiempo de cálculo y transacción de información es hasta de 48 horas. ➢ Sistema SAP (ERP). Este ERP es donde se administra y gestiona los inventarios, por lo que las reglas a seguir son: • Las unidades que se utilizan para el re abasto de materiales son Caja y Display. • Los números que utiliza son naturales. • Utiliza unidades únicas a nivel mundial, por lo que no se pueden cambiar.
Los siguientes pasos son coordinar y liderar sesiones de trabajo con los diferentes equipos Funcionales, Operativos y Tecnológicos; donde se busca generar alternativas de solución.	Es necesario que ninguna regla sea ignorada u omitida de manera consciente o por ignorancia.
Revisión previa, para saber con qué función e información se cuenta dentro del ERP Legado.	➢ Genera el reporte en formato Excel en forma consolidada. ➢ Administra la información con unidades de medida Caja, Display y Pieza. ➢ Los pedidos de los clientes/vendedores se solicitan a nivel Caja y Display ➢ Revisa relación entre los datos de nómina, nombre, ruta y tipo de distribución.
Conocer el tipo de embalaje que se utiliza y se maneja para el cubicaje en forma de Consolidado, obtener medidas del embalaje que se utilizan en el proceso. Conocer los tipos de Transporte	➢ Conocer los diferentes embalajes y sus medidas con el propósito de realizar cálculos para poder establecer la capacidad de llenado en los diferentes transportes que se usan. ➢ Conocer la capacidad de cada camión o transporte que se usa.
Realizar los cálculos para determinar cuál es la unidad más adecuada para manejar los pedidos, cantidad de tarimas que entran en los diferentes tipos de transporte que se manejan, como se pueda acomodar dentro de los diferentes transportes de tal manera que los transportes consolidados estén en su máxima capacidad, sin violar las reglas de la compañía.	
Búsqueda de la implementación del cubicaje en el sistema actual.	
Validar la solución.	

Resultados y discusión

El embalaje se realiza mediante dos tipos de caja: sencilla que es de 17 x 35x 50 cm, doble con medidas 33x33x50 cm, estas se colocan en tarimas del tipo chep y estándar; se realizaron los cálculos para determinar las diferentes combinaciones de cajas y tarimas que pueden existir para

 ISSN 2007-8102

transportar y que transportan cantidades más grandes de cajas, el resultado se muestra en la Tabla 2.

Tabla 2. Cantidades de cajas por tarima y Tarimas que caben por transporte

	Tarimas x camión		Caja sencilla x tarima		Caja doble x tarima	
	Chep	Estandar	Chep	Estandar	Chep	Estandar
Rabón	10	12	880	924	420	504
Thorton	10	14	880	1078	420	588
Tráiler	20	24	1760	1848	840	1008
Tráiler	24	28	2112	2156	1008	1176
Tráiler	26	32	2288	2464	1092	1344
Tráiler (full)	40	48	3520	3696	1680	2016

Con esta información, se procedió a integrar el cálculo de cubicaje en el ERP legado por medio de la creación de dos pantallas (una dentro de otra) para dar flexibilidad e independencia al uso del sistema y dar continuidad a lo que ya existe.

La Figura 3 muestra un segmento del reporte antes del proyecto; se puede observar varios datos en las columnas, para resaltar cantidad de cajas que se necesitan para el transporte de la mercancía; en la parte final se aprecia la cantidad de tarimas que se usan para el transporte de los pedidos.

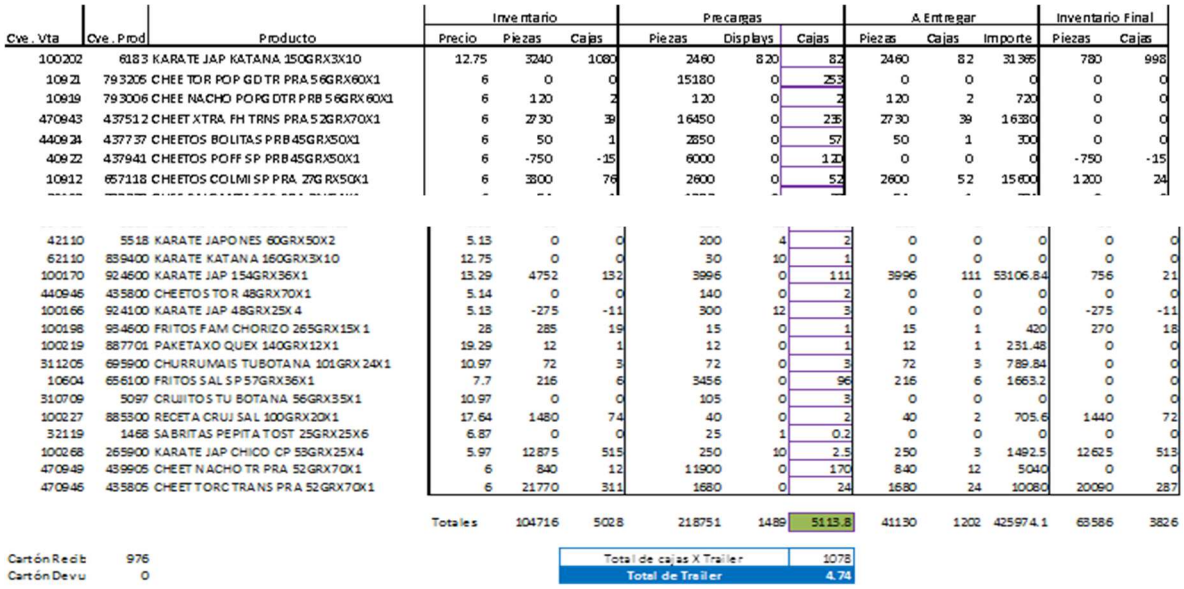
Ruta	Cve. Vta.	Clave.	Producto	Precio	Unidades	Cajas	Displays	Importe
XXX000	10921	793206	CHEE TOR POP GD TR PRB 56GRX60X1	6	480	8		2880
XXX000	470943	437513	CHEET XTRA FH TRNS PRB 52GRX70X1	6	420	6		2520
XXX000	10133	518005	SABRITAS ADOBADAS 42GRX50X1	9.42	200	4		1884
XXX000	10104	518101	SABRITAS LIMON PR 45GRX50X1	9.42	100	2		942
XXX000	13611	592408	RECETA CRJ FH PR 49GRX50X1	9.42	150	3		1413
XXX000	100170	924600	KARATE JAP 154GRX36X1	13.29	36	1		478.44
XXX000	311205	695900	CHURRUMAIS TUBOTANA 101GRX24X1	10.97	24	1		263.28
XXX000	310709	5097	CRUJITOS TU BOTANA 56GRX35X1	10.97	70	2		767.9
				Totales	3743	69.87	25	34992.42
Cartón Recibido	57				TARIMAS	1.43	Tarimas Redondeado	2

Figura 3. Reporte final de pedidos con cálculo de tarimas a utilizar (antes de cubicaje).

De las alternativas que se generaron para solucionar el problema, la mejor opción fue incorporar los cálculos del cubicaje en el sistema por medio de dos pantallas. En la primera pantalla se puede administrar y seleccionar el tipo de transporte a utilizar para cada localidad a la que se le proporciona el servicio. La segunda pantalla se anida en la primera y realiza el cálculo de cubicaje e indica la cantidad de transporte a utilizar para el envío de los productos en formato consolidado, se integran dentro de esta última pantalla las banderas que permiten realizar la configuración para poder operar el modelo de consolidado solo para los pedidos de clientes, y separar los cálculos, para el tipo de distribución a detalle y autoservicio, todo esto se realiza tomando en consideración las reglas de la compañía que no pueden romperse.

La Figura 4, muestra un extracto del reporte final de pedidos con la mejora implementada, se puede observar que las columnas tienen nueva información y al final del reporte el número de tráileres a utilizar ya con los cálculos del cubicaje.

 ISSN 2007-8102



Cve. Vta	Cve. Prod	Producto	Inventario Precio	Inventario Piezas	Inventario Cajas	Precargas Piezas	Precargas Displays	Precargas Cajas	A Entregar Piezas	A Entregar Cajas	A Entregar Importe	Inventario Final Piezas	Inventario Final Cajas
100202	6183	KARATE JAP KATANA 150GRX3X10	12.75	3240	1080	2460	820	82	2460	82	31365	780	998
10921	793205	CHEE TOR POP GDTR PRA 56GRX60X1	6	0	0	15180	0	253	0	0	0	0	0
10919	793006	CHEE NACHO POPG DTR PRB 56GRX60X1	6	120	2	120	0	2	120	2	720	0	0
470943	437512	CHEET XTRA FH TRNS PRA 52GRX70X1	6	2730	39	16450	0	235	2730	39	16380	0	0
440931	437737	CHEETOS BOLITAS PRB 45GRX50X1	6	50	1	2850	0	57	50	1	300	0	0
40922	437941	CHEETOS POFF SP PRB 45GRX50X1	6	-750	-15	6000	0	120	0	0	0	-750	-15
10912	657118	CHEETOS COLMI SP PRA 27GRX50X1	6	3800	76	2600	0	52	2600	52	15600	1200	24
42110	5518	KARATE JAPONES 60GRX50X2	5.13	0	0	200	4	2	0	0	0	0	0
62110	839400	KARATE KATANA 160GRX3X10	12.75	0	0	30	10	1	0	0	0	0	0
100170	924600	KARATE JAP 154GRX36X1	13.29	4752	132	3996	0	111	3996	111	53106.84	756	21
440946	435800	CHEETOS TOR 48GRX70X1	5.14	0	0	140	0	2	0	0	0	0	0
100166	924100	KARATE JAP 48GRX25X4	5.13	-275	-11	300	12	3	0	0	0	-275	-11
100198	934600	FRITOS FAM CHORIZO 265GRX15X1	28	285	19	15	0	1	15	1	420	270	18
100219	887701	PAKETAXO QUEX 140GRX12X1	19.29	12	1	12	0	1	12	1	231.48	0	0
311205	695900	CHURRUMAIS TUBOTANA 101GRX24X1	10.97	72	3	72	0	3	72	3	789.84	0	0
10604	656100	FRITOS SALSP 57GRX36X1	7.7	216	6	3456	0	96	216	6	1663.2	0	0
310709	5097	CRUJITOS TU BOTANA 56GRX35X1	10.97	0	0	105	0	3	0	0	0	0	0
100227	885300	RECETA CRUJ SAL 100GRX20X1	17.64	1480	74	40	0	2	40	2	705.6	1440	72
32119	1468	SABRITAS PEPITA TOST 25GRX25X6	6.87	0	0	25	1	0.2	0	0	0	0	0
100268	265900	KARATE JAP CHICO CP 55GRX25X4	5.97	12875	515	250	10	2.5	250	3	1492.5	12625	513
470949	439905	CHEET NACHO TR PRA 52GRX70X1	6	840	12	11900	0	170	840	12	5040	0	0
470946	435805	CHEET TORC TRANS PRA 52GRX70X1	6	21770	311	1680	0	24	1680	24	10080	20090	287
		Totales		104716	5028	218751	1489	5113.8	41130	1202	425974.1	63586	3826

Cartón Redit 976
Cartón Devu 0

Total de cajas X Trailer 1078
Total de Trailer 4.74

Figura 4. Reporte final de pedidos con total de transporte a utilizar (después del cubicaje).

Por último en la Tabla 3 se hace una comparación entre el modelo original y la propuesta, dónde se pueden ver las deferencias y los ahorros obtenidos durante una semana de la implantación.

Tabla 3. Cubicaje antes vs consolidado.

Dia	Fecha	Total Pedido en Piezas	RUTA Trans. Final	CONSOLIDADO Trans. Final	DIFERENCIA Trans. Final	Transporte %
Sabado	26-may	10958.6	13	10	3	23%
Lunes	28-may	4654.6	7	5	2	29%
Martes	29-may	8401.5	11	8	3	27%
Miercoles	30-may	5113.8	7	5	2	29%
Jueves	31-may	3445	6	4	2	33%
Viernes	01-jun	2470.1	6	3	3	50%

Como se aprecia el transporte disminuido con la solución va desde el 23% hasta el 50%, en sólo una semana de validación con la solución planteada.

Los transportes disminuyeron y mejoró la ocupación física del transporte.

El tiempo de medición para la mejora implementada es muy poco, sin embargo si muestra que la solución da resultados, lo ideal es que se realizará un seguimiento de por lo menos un año para verificar la efectividad de la solución, sin embargo como las cifras son información confidencial, no es posible este seguimiento.

Trabajo a futuro

Con la separación de procesos y del cálculo de cubicaje, se considera agregar una nueva opción dentro de la pantalla que utiliza hoy la operación para la recepción de los embarques (transportes) en el CeDis / CIP; que tiene la finalidad de ir a buscar la información que genera SAP para el abasto para este nuevo proceso de Consolidado.

Es importante analizar la reducción de costos con este proyecto y aún mejor, de manera anual, incluso las emisiones contaminantes y la reducción de residuos como beneficios adicionales.

Conclusiones

Se analizaron los sistemas de información y de flujo de material para generar las alternativas de acuerdo con las reglas de negocio. Se eligió la mejor opción porque resultó ser la más económica y menos compleja de las generadas, el cubicaje se realizó con los embalajes que se manejan en la compaña y el transporte que se utiliza, con el personal de sistemas se halló la forma de aplicar la solución encontrada y ver en pantalla cuál será el transporte y cuantas tarimas y de que tipo se ocuparan con cuantas cajas y de que tipo.

Se encontró el acomodo adecuado para mejorar la ocupación física del transporte que permite abastecer a los diferentes clientes, sin romper las reglas de la compañía y disminuir la cantidad de transportes para satisfacer los pedidos de los clientes/vendedores

Siempre se pueden encontrar soluciones adecuadas a lo que la empresa tiene, uno de los objetivos para este proyecto fue, el realizar el proyecto con lo que se tiene y no incurrir en costos demasiado elevados o que no están previstos, se logro esto con costos muy reducidos que la empresa genera de manera corriente.

Hoy con la misma infraestructura, y sobre todo con el mismo personal, se operan los diferentes modelos de distribución, incluyendo esta nueva forma de abastecer de producto a los clientes/vendedores.

Otro punto importante que se debe revisar post-implementación, es la reducción de los costos, ya que al día de hoy en promedio el recorrido de 300 km es de 20,000 pesos, por lo que se puede realizar la contrastación entre el uso del modelo tradicional (Ruta) vs el nuevo proceso de Pedido Consolidado en un intervalo de tiempo más largo y considerando los factores estacionales que afectan los pedidos.

Bibliografía

1. Ballou, Ronald H. «Logística. Administración de cadena de suministro. Quinta Edición.» En *Logística. Administración de cadena de suministro.*, de Ronald H. Ballou, 700. México: Pearson Education., 2004.
2. Gabriela, Munguía Vázquez. «Unidad de aprendizaje: INCOTERMS y Logística Internacional, cuadernos de apoyo unidad 3.- Embalaje y Cubicaje.» En *INCOTERMS y Logística Internacional*, de Munguía Vázquez Gabriela, 50. Ciudad de México: UAEM, FACULTAD DE ECONOMÍA, 2016.
3. Jiménez Castillo, Bueno Solano, Jiménez Sánchez, Cedillo Campos, y Alfredo, José Elías y Miguel Gastón. Jocelyn. «Cubicaje y su efecto económico en el costo logístico del transporte y competitividad empresarial.» *Instituto Mexicano del Transporte*, 2015: 1-173.
4. Land, Trans. *http://www.fletesytransportes.com/camiones/equipos-y-medidas.* s.f. http://www.fletesytransportes.com/camiones/equipos-y-medidas (último acceso: 25 de marzo de 2019).
5. México, Fletes y Logística de. *https://www.fletesenmexico.mx.* s.f. https://www.fletesenmexico.mx/unidades.html?todas-las-unidades (último acceso: 25 de marzo de 2019).
6. Sunil Chopra, P. M. «Administración de la cadena de suministro.» En *Administración de la cadena de suministro*, de P. M. Sunil Chopra, 835. Edo Méx. : Pearson Education. , 2008.

Estado actual de los filtros para chimeneas de los hornos de cocción de tejas y ladrillos

[1]*A. C. Pérez González*, [2]F. J. Espinoza Reyes, [3]E. González Amayo, [4]I. Sánchez Martínez*, [5]S. Márquez Juárez

[1,2]*Departamento de Ingeniería Industrial, Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico Superior de la Sierra Negra de Ajalpan, Avenida Rafael Ávila Camacho Oriente No. 3509, Barrio La Fátima, Ajalpan, C.P. 75910, Puebla, México.*

[3,4,5]*Departamento de Ingeniería Electromecánica, Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico Superior de la Sierra Negra de Ajalpan, 75910, Puebla, México*

*prof_anacristinaperezg@ajalpan.tecnm.mx

***Área de participación**: Ingeniería Industrial*

Resumen

En el TecNM / I. T. S. de la Sierra Negra de Ajalpan, se realizó un estudio enfocado a analizar las tecnologías existentes en diferentes acervos documentales de acceso libre sobre propiedad industrial a nivel mundial y nacional con la finalidad de conocer el estado actual de los filtros para chimeneas de los hornos de cocción de tejas y ladrillos. Se encontró una patente en Espacenet cuya función principal es la de purificar el aire “Dispositivo purificador para gases quemados de motores de combustión internos”, a su excepción, 20 patentes están relacionadas al uso industrial del filtro y la utilización del carbón activado, siendo en su mayoría para la adsorción de gases, filtrados, limpieza de líquidos y como soporte para catalizadores en medios no oxidantes.

***Palabras clave**: filtros, carbón activado, mitigación, purificación del aire.*

Abstract

At TecNM / I. T. S. de la Sierra Negra de Ajalpan, a study was carried out focused on analyzing the existing technologies in different documentary collections of free access on industrial property at a national and global level in order to know the current status of filters for chimneys for tile and brick burning ovens. A patent was found in Espacenet which main function is to purify the air "Purifying device for gases burned from internal combustion engines", except for 20 patents are related to the industrial use of the filter and the use of activated carbon, being in mostly for gas adsorption, filtration, liquid cleaning and as a support for catalysts in non-oxidizing environment.

***Key words**: filters, activated carbon, mitigation, air purification.*

Introducción

La planta más grande para la producción de tejas y ladrillos de manera industrial se encuentra en Colombia con capacidad para elaborar los productos en cuatro horas y media, sin embargo, para producirlos por el sistema artesanal se toma entre 20 a 30 días con fuertes impactos ambientales a la salud y ecosistema.

Los impactos más graves se dan en el proceso de cocción, porque una vez elaboradas las tejas y ladrillos, son colocados en un horno, que es sellado y así hornear a mil doscientos grados centígrados, debe permanece de 18 a 20 horas en la lumbre, dependiendo la cantidad de material, para después dejar reposar durante ocho días, una vez que están fríos se sacan del horno y son colocados en un área asignada, donde los cuentan para ponerse en venta.

Es en el proceso de horneado donde se tienen que establecer nuevas acciones, porque así lo demandan sus habitantes, que con frecuencia se quejan porque les causa enfermedades y argumentan que utilizan materiales textiles para mantener la temperatura ideal.

Como alternativa a los problemas ambientales ocasionados por el proceso de cocción se ha establecido analizar los filtros que son dispositivos que retienen ciertos elementos y deja pasar otros, por lo que es conveniente considerarlos como herramienta útil para detener el humo y ceniza que se genera al realizar la quema de residuos sólidos.

Para complementar la función de los filtros se piensa en utilizar el carbón activado por sus múltiples bondades, por ejemplo, Lazo, en el año 2015, cita que el carbón activado son carbones preparados a partir de madera carbonizada con una estructura porosa altamente desarrollada, puede tener áreas superficiales que oscilan entre los 500 a 1,500 m^2 por cada gramo de carbón. Las altas temperaturas, la atmósfera especial y la inyección de vapor del proceso de fabricación del carbón activo lo que "activa" y crea la porosidad, dejando mayormente una "esponja" de esqueleto de carbón (Figura 1).

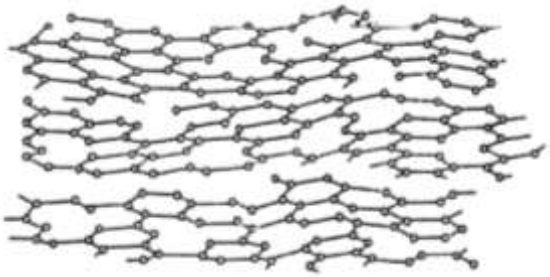


Figura 1. Estructura de las capas del carbón activado.

En el "Manual del Carbón Activo", se menciona que la activación de cualquier carbón consiste en multiplicar el área superficial interna creando una estructura porosa. Por ejemplo, un gramo de carbón se puede moler muy fino para incrementar su superficie, como resultado se obtendrá un área de 3 a 4 metros cuadrados, en cambio, al activar el carbón se logra multiplicar de 200 a 300 veces este valor.

En el documento titulado "El misterio del carbón activado" se dice que la adsorción es un proceso por el cual los átomos en la superficie de un sólido, atraen y retienen moléculas de otros compuestos. Estas fuerzas de atracción son conocidas como "Fuerzas de Van Der Waals". Por lo tanto, al ser un fenómeno que ocurre en la superficie, mientras mayor área superficial disponible tenga un sólido, mejor adsorbente podrá ser.

El presente artículo muestra los resultados obtenidos después de aplicar la actividad de vigilancia tecnológica a la propuesta de filtro para chimeneas de los hornos de cocción de tejas y ladrillos para conocer su estado actual, se compone de los resultados de las tecnologías existentes, las aplicaciones, los retos y tendencias.

Metodología

1. Identificar y analizar a través de la estrategia de vigilancia tecnológica, si hay competidores para la comercialización de filtros y cuál es su nivel de desarrollo comercial, siguiendo los pasos propuestos por González & David, 2015:

a) Compras
   - Vigilar a un proveedor estratégico.
   - Detectar nuevos proveedores.

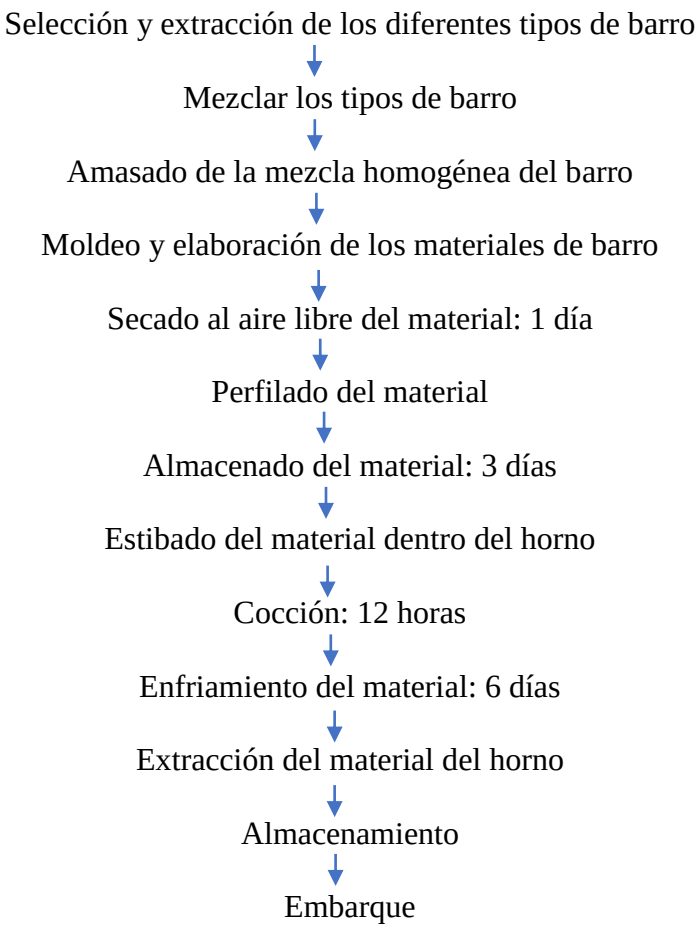
   Es importante realizar esta actividad para tener conocimiento de lo que se comercializa en el mercado a nivel nacional e internacional con la finalidad de entender la estrategia que han implementado los diferentes proveedores de filtros y generar a mediano plazo una visión que permita establecer un filtro funcional.

b) Sociedad
   - Entender el comportamiento de los consumidores.
   - Conocer si existen grupos de presión en el mercado.

   Los alfareros a nivel nacional buscan lograr que su producto cumpla con características mínimas necesarias de calidad para mantenerse o posicionarse en el mercado, sin embargo, el proceso general es muy laborioso, tardado y contaminante, a continuación, se presenta un diagrama de cada paso:

 ISSN 2007-8102

DIAGRAMA I. SISTEMA DE PRODUCCIÓN DE TEJERÍA.



c) Innovación
   - Generar ideas.
   - Identificar nuevos ejes de desarrollo.

   Este apartado es de suma importancia porque a partir de conocer los procesos y principalmente el de cocción de tejas y ladrillos se realizaron 5 propuestas de filtros para mitigar la emisión de gases y cenizas, simulando su comportamiento y determinando el más factible para lo que se requiere.

d) Comerciales
   - Vigilar a los clientes.
   - Vigilar sectores y segmentos completos del mercado.
   - Buscar oportunidades de desarrollo.

   Esta actividad se realizó a través de las diferentes páginas digitales de uso libre que permitieron revisar el estado actual de las patentes y empresas que comercializan productos de filtro para limpiar el humo y retener partículas sólidas suspendidas.

e) Mercadotecnia
   - Conocer las tendencias del mercado.
   - Conocer con mayor profundidad a un competidor.
   - Comparar prácticas.

   Es importante conocer quiénes son los competidores que están posicionados en el mercado, donde se encuentran, que características y costos presentan los diferentes filtros para purificar aire, con la finalidad de planear a mediano plazo estrategias de posicionamiento en el mercado.

f) Tecnológico
   - Vigilar los avances tecnológicos.
   - Identificar oportunidades industriales.
   - Conocer las líneas en las que se está investigando.

- Detectar las tecnologías emergentes.
- Detectar mejores prácticas
- Dar seguimiento y aplicación de la normatividad.

Estudiar y tener claridad en los avances tecnológicos en cuestión de mitigaciones ambientales de aire, permitirá planear el rubro por el cual se debe conducir la propuesta a los problemas ambientales en el proceso de cocción de tejas y ladrillos.

2. Listados de conceptos y palabras clave que tienen que estar asociados a los factores críticos de vigilancia: carbón activado/activo, filtros de carbón activado/activado y filtros para chimeneas industriales. Es importante mencionar que se eligieron estas palabras para centrar la búsqueda de información.

3. Según González & David en 2015, se deben enumerar las fuentes de información a consultar, es importante mencionar que solamente se deberá recopilar la información útil, con la finalidad de detectar si existen duplicidades, saber de dónde proviene y evaluar la calidad de la información que se obtendrá de ellas.

a) Bases de datos bibliográficas de artículos de prensa especializada.
b) Noticias de prensa accesibles por medio de buscadores de noticias.
c) Patentes y normas accesibles.
d) Bases de datos y sitios web de empresas.
e) Estadísticas.
f) Conversaciones con clientes, proveedores, competidores, empleados, socios o inversionistas.

4. Buscar, recopilar y clasificar la información para presentarla en tablas, gráficas y figuras.

Resultados y discusión

Después de realizar la búsqueda en las bases de datos sobre las tecnologías existentes y competidoras sobre filtros de carbón activado/activo, carbón activado/activo y filtros industriales para chimeneas, los resultados se presentan en la tabla 1.

Tabla 1. Resultados de la búsqueda a detalle en las bases de datos.

BASE DE DATOS	NÚM. DE PATENTES	PATENTE	PAÍS DE ORIGEN	AÑO DE PUBLICACIÓN	EMPRESA O INVENTOR PROPIETARIO
SIGA IMPI MÉXICO	1	FILTRO DE CARBON ACTIVADO	MÉXICO	06/04/2020	HERIBERTO RAUL LOPEZ PADILLA
	2	MODELO DE UTILIDAD DE CENICERO PURIFICADOR DE AMBIENTE.	MÉXICO	16/04/1998	FILADELFO MERLOS BECERRIL; MX
	3	PROCESO Y EQUIPO PARA FILTRAR Y LAVAR AIRE CONTAMINADO, TOMADO DIRECTAMENTE DE LA ATMOSFERA.	MÉXICO	22/06/1993	ARMANDO PAZOS OSORIO
	4	UNA COMPOSICION MEJORADA A BASE DE ARCILLA, CARBON ACTIVADO Y COMPUESTOS DE PLATA, QUE AUMENTA EL GRADO DE POROSIDAD Y LA SUPERFICIE INTERNA EN UN FILTRO DE AGUA PROPORCIONANDO UNA MAYOR ADSORCION DE IMPUREZAS DISUELTAS EN EL AGUA Y UNA MAYOR PERMEABILIDAD DEL AGUA, PARA FABRICAR Y/O ELABORAR FILTROS DE AGUA, Y AL PROCESO DE FABRICACION	MÉXICO	17/09/2019	DUGPA, S.A. DE C.V. [MX]
	5	ADSORBENTES Y METODOS DE PREPARACION Y USO DE LOS ADSORBENTES.	EUA	23/02/2017	ALFONSE MAGLIO [US]; ARTEM VITYUK [US]; KEENAN DEUTSCH [US]; LINDA HRATKO [US]
	6	PERLAS DE CARBON ACTIVADO PARA ARTICULOS PARA FUMAR.	ESPAÑA	17/07/2015	LAURA CANO CASANOVA [ES]; MARIA ÁNGELES LILLO RÓDENAS [ES]; MOHAMMED OUZZINE [MA]; ÁNGEL LINARES SOLANO [ES]
	7	DISPOSITIVO DE FILTRACIÓN PARA APARATO DE PURIFICACIÓN DE AIRE.	FRANCIA	24/09/2014	BERTRAND ESCALETTES [FR]; ALPER CALISKAN [FR]; PATRICK MORIN [FR]; EMMANUEL CHEVALLIER [FR]; THOMAS CARON [FR]; SYLVAIN COLOMB [FR]
ESPACENET	8	DISPOSITIVO PURIFICADOR PARA GASES QUEMADOS DE MOTORES DE COMBUSTIÓN INTERNOS	ARGETINA	14/08/2008	LICHOWSKI RICARDO BASILIO [AR]
PATENTSCOPE	9	EQUIPO DE PURIFICACIÓN DE AIRE	ESPAÑA	26/03/2020	GINSA ELECTRONIC, S.L.
	10	DISPOSITIVO MEJORADO PARA REMOCIÓN DE COMPUESTOS ORGÁNICOS VOLÁTILES	MÉXICO	14/12/2018	MONROY SAMPIERI, CARLOS
	11	CAMPANA ASPIRADORA DE HUMOS, GASES Y OLORES.	ESPAÑA	01/02/1976	CALOR Y FRIO INDUSTRIAL, S.A.

INVENES	12	DISPOSITIVO DE VENTILACION Y DE EXTRACCION DE GASES EN NICHOS DE ENTERRAMIENTO.	ESPAÑA	16/12/2003	FUNESCON, S.L.
	13	DISPOSITIVO DE FILTRACION MECANICA DE ALTA EFICACIA PARA PURIFICAR AIRE EN RECINTOS CERRADOS.	ESPAÑA	16/03/2006	HIGUERO DE JUAN,TOMAS
	14	FILTRO RETENEDOR DE MONOXIDO DE CARBONO, APLICABLE A TUBOS DE ESCAPE.	ESPAÑA	01/12/1979	CORREA MARTINEZ, MANUEL
	15	FILTRO DEPURADOR DE AIRE CON MODULOS EN ZIG-ZAG	ESPAÑA	16/04/1976	FALCO MASOT, JORGE (ES)
	16	UNA CAMPANA DE EXTRACCION DE HUMOS.	ESPAÑA	16/08/1976	G. BAUKNECHT GESELLSCHAFT MIT BESCHRANKTER HAF. (DE)
	17	CAMPANA EXTRACTORA DE HUMOS.	ESPAÑA	16/05/1977	EZIO CAPPELLETTI
	18	UN REGISTRO FILTRANTE PARA LA EVACUACION DE GASES Y HUMOS.	ESPAÑA	16/10/1973	CAÑAS SANCHEZ,ANTONIO
	19	UNA CAMPANA EXTRACTORA DE HUMOS	ESPAÑA	16/12/1980	G. BAUKNECHT GMBH (DE)
	20	UN SISTEMA DE FILTRACIÓN PARA ACONDICIONAMIENTO DE GASES EN PARTICULAR GASES RESIDUALES EMITIDOS EN LA PRODUCCIÓN DE TIO2 PIGMENTARIA	ESPAÑA	01/1/1964	TITAN EISENWARENFABRIK G. M. B. H. (DE)
LATIPAT	21	FILTRO DE CARBON ACTIVADO PARA LA SEPARACION DE SUSTANCIAS NOCIVAS, TALES COMO POR EJEMPLO DIOXINAS Y FURANOS DE GASES DE HUMO ANTES DE LA ENTRADA EN LA CHIMENEA DE LOS GASES DE HUMO.	ALEMANIA	14/12/1990	GUTEHOFFNUNGSHUETTE MAN [DE]
	22	EQUIPO DE DEPURACION DE AIRE	ESPAÑA	19/09/2018	GINSA ELECTRONIC S L [ES]
	23	CAMPANA ASPIRADORA DE HUMOS, GASES Y OLORES.	ESPAÑA	23/07/1974	CALOR Y FRIO IND

Es posible distinguir que en Siga IMPI México se encontraron siete patentes relacionadas a los criterios de búsqueda, de las cuales, cuatro son de origen mexicano, una de Estados Unidos y dos de España, enfocadas a filtrar humo y utilización de carbón activado.
En Espacenet se encontró una patente para filtrar aire de gases quemados, cuyos inventores se encuentran en Argentina.
Al consultar en Patentscope, se detectó que existen dos patentes registradas en España enfocadas a purificar aire de campanas extractoras y en México una cuya funcionalidad es para la remoción de compuestos volátiles.
Cuando se realiza la búsqueda en Invenes, se hallan 9 patentes, todas ellas registradas en España para la purificación de aire en sitios cerrados o bien la extracción de humo, utilizando como medio absorbente el carbón activado.
Finalmente, en Latipat, se distinguen dos patentes españolas para filtrar humo, gases y olores y una de Alemania para separar sustancias peligrosas con la finalidad de poder filtrarlas.
Estos resultados, permiten distinguir que las tecnologías están enfocadas a la utilización de filtros y carbón activado para la remoción de gases contaminantes ya sea en recintos cerrados o bien en lugares altamente contaminados o para la remoción de sustancias peligrosas.

En la plataforma “Lens.org” se pueden identificar 10 papers relacionados con filtros industriales para chimeneas, estando representadas principalmente por las siguientes Instituciones: Alcalde del Ayuntamiento de Cuéllar, Universidad Austral de Chile, Investigador del Centro Tecnológico CARTIF, Valladolid, Pontifica Universidad Católica del Perú. Los campos de estudio de las Instituciones fueron: biomasa, combustión, ingeniería, ingeniería ambiental y biomasa residual y las revistas que mayores publicaciones tienen son: Revista Chilena de Pediatría, Revista Iberoamericana de Automática y robótica industrial.

Al realizar el análisis en “Lens.org” respecto a filtros de carbón activado se encuentran los siguientes resultados: Se pueden identificar 98 papers, estando representados principalmente por las siguientes Instituciones: Universidad de Nariño, Baxter international, Centro Interamericano de Recursos del agua, Centro Nacional de Investigaciones de Café, Escuela Nacional de Ciencias Biológicas del IPN, los principales campos de estudio de las Instituciones fueron: Química, Humanidades, Química Orgánica, Ingeniería ambiental y las revistas que mayores publicaciones tienen son: Revista de la Sociedad Química de México, Revista Colombiana de Química, Revista de la Sociedad Química del Perú, Revista Ingenierías de la Universidad de Medellín, Revista Técnica de la Facultad de Ingeniería Universidad del Zuila.

Al consultar en la plataforma “Lens.org” información enfocada a filtros industriales y filtros de carbón activado, se distingue que los resultados de sus ensayos se encuentran publicados en revistas cuyas temáticas son de las áreas de química, e Ingeniería, los temas centrales están direccionados a disminuir las emisiones de gases contaminantes durante los procesos de combustión y desintegración de la biomasa, estos trabajos publicados provienen de instituciones educativas, empresas y Ayuntamientos, por lo tanto, es evidente que están preocupados por mejorar las condiciones de vida de la población y que apuestan por un mejor futuro.

En la tabla 2 se presenta un listado de estados de la República Mexicana donde se elaboran tejas y ladrillos, con datos obtenidos de INECC, 2013.

Tabla 2. Producción de tejas y ladrillos a nivel nacional.

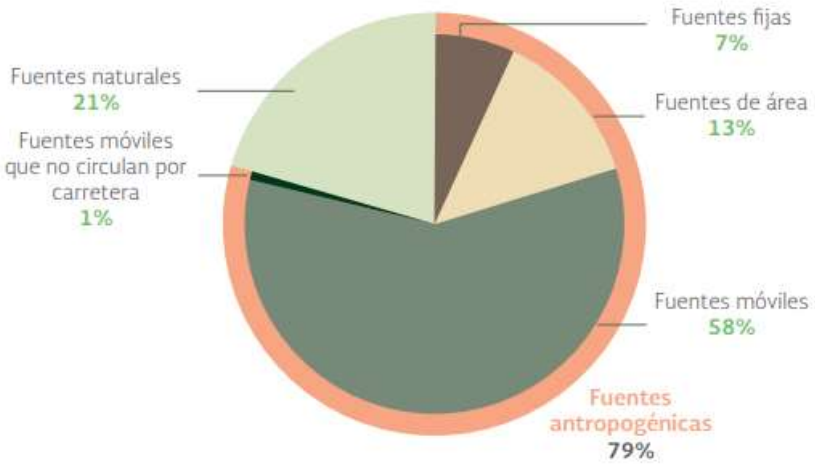
Estado	Número de talleres
Guanajuato	2,366
Estado de México	803
Hidalgo	285
Morelos	24
Jalisco	1994
Puebla	4,500
Tlaxcala	29
TOTAL	10,001

Es posible distinguir que existen 7 estados de la República Mexicana que fabrican tejas y ladrillos, con un total de 10,001 talleres, por lo que se visualiza un campo amplio de posible comercialización de filtros de carbón activado para la remoción de gases contaminantes.

Tendencias

La Semarnat en el año 2008 publicó un inventario de las emisiones de contaminantes por fuente, siendo principalmente, las antropogénicas las que más contribuyeron (Ver gráfica 1).

Gráfica 1. Emisión nacional de contaminantes por fuente.



Fuente: Semarnat. Inventario Nacional de emisiones de México 2008.

La Semarnat en el año 2015 cita que, como parte de las acciones encaminadas a reducir los problemas de salud derivados del deterioro de la calidad del aire, en particular por efecto del CN, y también con la finalidad de reducir la emisión de compuestos de efecto invernadero que exacerban en calentamiento global, p. ej., México se ha comprometido recientemente, de manera no condicionada, a reducir para el año 2030 en 51% sus emisiones de CN. Esta reducción se podría incrementar, de manera condicionada, hasta un 70%. Para cumplir esta última meta es necesario adoptar mecanismos de mercado y acuerdos a nivel global que comprendan acciones tales como asignar precio al carbono internacional, ajustes a aranceles por contenido de carbono, cooperación técnica, acceso a recursos financieros de bajo costo y a transferencia de tecnología.

El Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) en el año 2010 comenta que ha puesto en marcha las bases para un nuevo modelo económico basado en una economía verde, la cual define como “un sistema de actividades económicas relacionadas con la producción, distribución y consumo de bienes y servicios que resulta en mejoras del bienestar humano en el largo plazo, sin al mismo tiempo, exponer a las generaciones futuras a riesgos ambientales y escasez ecológicas significativas”.

Para Tschandl & Zingsheim, 2004, derivado de este modelo económico la sustentabilidad influye en las empresas, en las familias y en los mercados de producción de bienes de mercado y de consumo, ya que es un nuevo paradigma en la gestión de las empresas, una alternativa al modelo de crecimiento tradicional y de maximización de la rentabilidad (Wilson, 2003). Lo que ha provocado la necesidad de que las empresas integren la sustentabilidad corporativa en su gestión, los consumidores demanden bienes y servicios amigables con el medio ambiente, armonicen y unan sus objetivos sociales con los ambientales, administren y optimicen el diálogo con los diferentes grupos de interés.

A decir por Sellers, 2009, los mercados internacionales tienen como requisito la utilización de procesos más racionales y eficientes que aseguren tanto la calidad de los productos como el cuidado del medio ambiente y la racionalización de los recursos. Lo que implica la adopción de tecnologías relacionadas con el desarrollo sustentable al abarcar todo el ciclo de vida del producto y/o servicio.

Según lo establecido en la Agenda 21, las tecnologías limpias son aquellas que preservan el medio ambiente, contaminan en menor medida, usan los recursos de manera eficiente, se reciclan, minimizan sus mermas y por ende sus desperdicios. No obstante, para Andenrsen, 2009; Rushton, Business Ethics: A Sustainable Approach, 2002; Heng & Zou, 2010, la innovación en materia sustentable se ha convertido en uno de los impulsores del desarrollo económico, establecen que la tecnología limpia es el arte industrial o productos que reducen la contaminación ambiental y disminuyen el empleo de materias primas, recursos naturales y energía. Además, mencionan que estas tecnologías adoptadas de forma adecuada generan competitividad y contribuyen a garantizar la satisfacción de las necesidades de las generaciones futuras.

Trabajo a futuro

Diseñar un filtro cuya estructura se adapte a la boca de las chimeneas de los hornos de cocción de tejas y ladrillos del estado de Puebla, para que se realice la cotización de los materiales, su adquisición y armado. Instalarlo en por lo menos 30 tejerías y realizar pruebas, cuya finalidad será evaluar su funcionalidad y sobre la marcha proponer mejoras, hasta lograr la remoción del 95 a 99% de partículas contaminantes, para ello se deberán tomar diferentes tipos de muestras para analizar en laboratorio y conocer los elementos químicos detectados antes de la instalación del filtro y con el filtro en funcionamiento.

Conclusiones

Después de conocer el estado actual de los filtros de carbón activado se sabe que suelen utilizarse principalmente para filtrar aire contaminado en recintos cerrados, en ceniceros para purificar el ambiente y retener el monóxido de carbón en tubos de escape; el carbón activado es absorbente y purificador de gases quemados en motores de combustión interna y combinado con otros compuestos para filtrar y purificar agua; finalmente, los filtros industriales para chimeneas tienen la principal función de aspirar humo, gases y olores.

Después de realizar el estudio general de la tejería se reconocen 13 pasos en su elaboración; el costo para la adquisición de 7 m^3 o lo equivalente a 7 toneladas de barro blanco o negro o lamoso es de $1,000.00; para la preparación de la materia prima se hace una mezcla homogénea de los tres tipos de barro e inicia el proceso, la dimensión del horno para la cocción es de 4x4x6 m; en el cual colocan en la parte inferior los tabiques, seguidos de las tejas, los ladrillos de piso y en la parte superior las soleras con la finalidad de evitar el quebrado de los materiales; los costos de comercialización van desde los $2,500.00 a $1,500.00 por millar en dependencia de lo que se desee adquirir.

Referencias

[1] C. R. Lazo, “Operaciones y procesos para la producción de carbón activado a partir de la cáscara de coco”. Universidad Nacional del Callao, Facultad de Ingeniería Química, Instituto de Investigación de Ingeniería Química. Callao. 2015.

[2] M. Wilson, “Corporate sustainability: What is it and where does it come from?” Ivey Business Journal, 1-6, 2003.

[3] M. Sellers, “Corporate Environmental Strategy: Extending The Natural Resource Based View of The Firm”. Haskayne School of Business, 2009.

[4] M. Tschandl, H.P. Zingsheim. “How to become sustainable considering ethical aspects”. International Summer Academy on Technology Studies-Corporate Sustainability, 2004.
[5] K. Rushton. “Business Ethics: A Sustainable Approach”. “Business Ethics: A European Review”, 137-139, 2002.
[6] A. Andenrsen. “Diccionario de Economía y Negocios”. España: ESPASA, 2009.
[7] Manual del Carbón Activo. Máster en Ingeniería del Agua E.U. y Politécnica U. Sevilla. Consultado el 10 de agosto de 2020, de http://www.elaguapotable.com/Manual%20del%20carb%C3%B3n%20activo.pdf
[8] El Misterio del carbón activado. CLARIMEX. Consultado el 10 de agosto de 2020, de http://activatedcarbon.com.mx/es/el-misterio-del-carbon-activado/
[9] González, A. A. II., David, G. D. (2015). Guía Práctica InnoViTech: Vigilancia Tecnológica para la Innovación. 1ª ed. Rionegro: Servicio Nacional de Aprendizaje SENA, 2015. 60 p. ISBN 978-958-15-0201-1
[10] M. Heng. & Zou. “Creating Sustainable Value”. Academy of Management, 2010.
[11] Agenda 21. Consultado el 10 de julio de 2020, extraido de http://biblioteca.semarnat.gob.mx/janium/recursos/224844/Contenido/H%20programas/23%20Agenda%2021.pdf
[12] SIGA IMPI México. Consultado el 5 de julio de 2020, extraido de https://siga.impi.gob.mx/newSIGA/content/common/principal.jsf
[13] ESPACENET. Consultado el 5 de julio de 2020, extraido de https://worldwide.espacenet.com/
[14] PATENTSCOPE. Consultado el 5 de julio de 2020, extraido de https://patentscope.wipo.int/search/es/search.jsf
[15] INVENES. Consultado el 5 de julio de 2020, extraido de https://www.ovtt.org/invenes
[16] LATIPAT. https://lp.espacenet.com/
[17] Lens.org
[18] INECC (Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático) y Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (Semarnat). Primer Informe Bienal de Actualización ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático. INECC/Semarnat, México. 2013.
[19] Semarnat (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales). Inventario Nacional de emisiones de México 2008.
[20] Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA). 2010
[21] Semarnat (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales). 2015.

Estimación de incertidumbre de medición de la magnitud humedad en un laboratorio de metrología

R. Cortes Vélez[1], F. Ortiz Flores[2], J.L. Hernández Mortera[2], M.L. Arrioja Rodríguez[2], J. Fuentes Sierra[1]*
[1] Alumno de M.I.I., Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico de Orizaba, Orizaba, Veracruz., México.
[2] Departamento de Posgrado, Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico de Orizaba, Orizaba, Veracruz., México.
***Área de participación**: Ingeniería Industrial*

Resumen

En el presente artículo se describe un procedimiento, realizado con base en referencias emitidas por la EMA y por CENAM, para realizar una declaración de incertidumbre de medición en la magnitud de humedad, en un laboratorio de calibración y ensayo, para cumplir con uno de los requisitos técnicos establecidos para la acreditación de una magnitud ante la Entidad Mexicana de Acreditación. Los resultados muestran que el laboratorio puede hacer una declaración de incertidumbre satisfactoria, puesto que el valor obtenido se encuentra dentro del intervalo de valores esperado.

***Palabras clave**: Incertidumbre, Calibración, Estimación.*

Abstract

This article describes a procedure, performed based on references issued by EMA and CENAM, to make a declaration of measurement uncertainty in the magnitude of humidity, in a calibration and test laboratory, to comply with one of the technical requirements established for the accreditation of magnitude before the Mexican Accreditation Entity. The results show that the laboratory can make a satisfactory statement of uncertainty since the value obtained is within the expected range of values.

***Key words**: Uncertainty, Calibration, Estimation.*

Introducción

Al igual que con cualquier equipo o maquinaria, los instrumentos de medición necesitan mantenimiento para asegurar que sigan funcionando correctamente y con alto grado de precisión. El envejecimiento de los componentes, los cambios de temperatura y el estrés mecánico, que soportan los equipos de medición, deterioran poco a poco las funciones de éstos, ocasionando que las mediciones comiencen a perder confianza. El mantenimiento de los equipos de medición se lleva a cabo en un laboratorio de calibración.

En un laboratorio de calibración se realiza un proceso de comparación, de los valores obtenidos por un instrumento de medición con la medida correspondiente de un patrón de referencia. Los laboratorios nacionales de metrología de alto nivel manejan patrones primarios que se elaboran a partir de definiciones de la Oficina Internacional de Pesas y Medidas (en francés, BIPM). Por su parte, los laboratorios nacionales calibran los patrones de los laboratorios acreditados y éstos, a su vez, a sectores productivos, industriales, educativos y de investigación y desarrollo, así como a servicios varios y laboratorios de ensayo.

Tecnología Avanzada en Calibración S.A. de C.V. (TACSA), es una empresa que ofrece un servicio de calibración acreditado, de calidad y, sobre todo, un respaldo a la industria en general. TACSA, actualmente se encuentra posicionada como una de las mejores opciones en la zona centro del estado de Veracruz, en cuanto a número de magnitudes acreditadas, alcances de medición y valores de incertidumbre.

TACSA ha manifestado el compromiso de satisfacer las necesidades y expectativas de los clientes en servicio y calidad, con mejora continua en la calibración de sus instrumentos, cumpliendo con las normativas de apoyo[1] y con la norma NMX-EC-17025-IMNC-2018. Los directivos de esta empresa han notado la creciente demanda del servicio de calibración en humedad, por lo que se ha dispuesto incluir esta magnitud dentro de los servicios que actualmente ofrece. Para garantizar la confiabilidad de dicho servicio de calibración, es necesario obtener el reconocimiento por parte de una entidad de acreditación; por tal motivo, TACSA desea acreditarse en la magnitud de humedad ante la Entidad Mexicana de Acreditación (EMA).

Para la acreditación de una magnitud ante la EMA, es necesario cumplir la norma NMX-EC-17025-IMNC-2018 "Requisitos generales para la competencia de los laboratorios de ensayo y calibración" [1]. Uno de los requisitos técnicos de esta norma es la declaración del presupuesto de incertidumbre, la cual refleja la contribución del laboratorio a la incertidumbre de medición, así como la incertidumbre expandida para cada uno de los servicios por acreditar, tomando en consideración las características del instrumento bajo calibración.

A la hora de expresar el resultado de una medición de una magnitud física, es obligado dar alguna indicación cuantitativa de la calidad del resultado, de forma que quienes utilizan dicho resultado puedan evaluar su idoneidad. Sin dicha indicación, las mediciones no pueden compararse entre sí, ni con otros valores de referencia dados en especificaciones o normas. Por ello, es necesario establecer un procedimiento fácilmente comprensible y aceptado universalmente para caracterizar la calidad del resultado de una medición; esto es, para evaluar y expresar su incertidumbre [2].

Toda medición lleva implícita una incertidumbre, que de acuerdo con el vocabulario internacional de medida (VIM), es un parámetro que caracteriza la dispersión de los valores que pueden ser atribuidos razonablemente al mensurando [3].

Con base en lo anterior, el presente artículo muestra una metodología basada en las normas, guías y procedimientos avalados por la Entidad Mexicana de Acreditación (EMA) y el Centro Nacional de Metrología (CENAM) para realizar la declaración de incertidumbre de medición de humedad del laboratorio de TACSA.

Metodología

La declaración del presupuesto de incertidumbre de medición, en la magnitud humedad, se realizó por medio de las siguientes etapas:

A. Caracterización de la cámara generadora de humedad.
B. Identificación y cuantificación de los componentes de incertidumbre.
C. Cálculo de incertidumbre expandida.
D. Determinación de distribución de probabilidad y cálculo de grados efectivos de libertad.

A. Caracterización de la cámara

Para la estimación de la incertidumbre de medición, en la magnitud humedad, fue necesario realizar una calibración por comparación directa, que consistió en comparar al instrumento bajo calibración (IBC) contra un higrómetro con trazabilidad metrológica (instrumento patrón). La comparación directa requiere que el higrómetro patrón y el higrómetro bajo calibración estén simultáneamente en equilibrio con un medio cuya humedad relativa sea estable y uniforme.

La uniformidad del medio se evalúa espacialmente (gradientes) y temporalmente (estabilidad) y, a dicha evaluación se le denomina caracterización. El resultado de la caracterización de las cámaras de generación de humedad se usó para el análisis de incertidumbre en el proceso de calibración, para estimar la incertidumbre por estabilidad y gradientes de humedad relativa.

[1] *Procedimientos de trabajo, guías técnicas de la EMA*

 ISSN 2007-8102

Para la caracterización de la cámara generadora de humedad se realizó lo siguiente:

1. Definir la zona de trabajo donde es válida la caracterización. La cámara de acrílico está diseñada con una base en el interior, con la finalidad de colocar sobre ella los instrumentos a calibrar y el higrómetro patrón, la cual se determinó como zona de trabajo. En la Figura 1 se muestra la cámara utilizada para la generación de humedad, donde se aprecia la base de acrílico definida como zona de trabajo.



Figura 1 Cámara generadora de humedad del laboratorio de TACSA.

2. Determinar el punto de referencia y la cantidad de puntos en la que debe dividirse la zona de trabajo. Se definió como punto de referencia (PRef) al punto central de la zona de trabajo. La cantidad de puntos en la que dividió la zona de trabajo fue en función de su tamaño (40 cm x 30 cm), por lo cual se consideraron sólo los cuatro puntos extremos (p1, p2, p3, p4) que se muestran en la Figura 2.

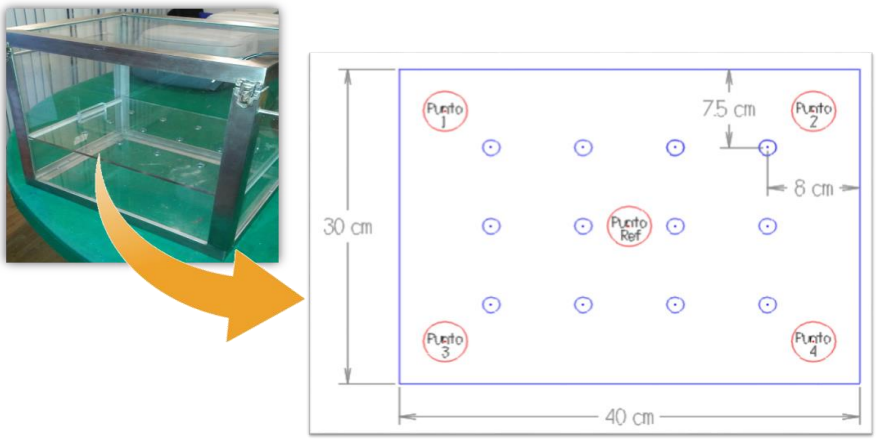


Figura 2 Punto de referencia y puntos de posición del IBC de la zona de trabajo.

3. Seleccionar puntos de calibración. Los puntos de calibración fueron determinados con base en el certificado de calibración del instrumento patrón, es decir, se seleccionaron los mismos puntos de humedad relativa (HR) a los cuales fue calibrado el instrumento patrón (33.1 %HR, 53.4 %HR y 73.4 %HR).
4. Definir el primer punto de calibración. Se definió que la caracterización iniciara en el punto bajo de calibración (33.1%).
    a. Generar el medio para el punto de calibración. Para generar el medio se utilizó una resistencia y un dispositivo de inyección de vapor que, conectados a un controlador de humedad y temperatura, permitieron las condiciones necesarias para puntos fijos de humedad
    b. Colocar tanto al higrómetro patrón como al IBC en el punto de referencia y esperar a que se estabilicen.

c. Desplazar únicamente el IBC a uno de los puntos dentro de la zona de trabajo. En este caso el IBC se desplazó al punto 1 (p1).
d. Registrar una lectura de los higrómetros, cada 10 segundos, durante 5 minutos para obtener 30 lecturas.
e. Desplazar el IBC al siguiente punto de la zona de trabajo y registrar las lecturas. Este paso se repite hasta terminar las mediciones en los puntos restantes (p2, p3, p4).

5. Repetir el paso 4 para los puntos medio y alto de humedad relativa (53.4% y 74.4%).

Al finalizar la etapa de caracterización de la cámara generadora de humedad, se calculó la media y desviación estándar de las mediciones, dando como resultado los datos mostrados en las Tablas 1 y 2.

Tabla 1. Promedio de las mediciones realizadas durante la caracterización

%HR	$\bar{x}$ PRef	$\bar{x}$ P1	$\bar{x}$ P2	$\bar{x}$ P3	$\bar{x}$ P4
33.1%	33.060	33.040	33.007	33.007	32.967
53.4%	53.390	53.393	53.413	53.407	53.403
73.4%	74.423	74.310	74.450	74.387	74.530

Tabla 2. Desviación estándar de las mediciones en la caracterización de la cámara.

%HR	*s* PRef	*s* P1	*s* P2	*s* P3	*s* P4
33.1%	0.050	0.067	0.098	0.098	0.135
53.4%	0.055	0.058	0.043	0.045	0.049
73.4%	0.057	0.084	0.051	0.043	0.084

B. Identificación y cuantificación de las fuentes de incertidumbre.

En la guía técnica sobre trazabilidad e incertidumbre de medición en la calibración de higrómetros de humedad relativa (Contreras et al., 2013), se menciona que se debe calcular un presupuesto de incertidumbre compuesto por la contribución de cada una de las siguientes fuentes de incertidumbre en la calibración de higrómetros de humedad relativa:

- Incertidumbre por la lectura corregida del patrón.
- Incertidumbre por resolución del IBC.
- Incertidumbre de las lecturas del IBC.
- Incertidumbre de corrección por efecto de temperatura del IBC.
- Incertidumbre de corrección por histéresis.
- Incertidumbre de corrección por estabilidad de la cámara de humedad.
- Incertidumbre de corrección por uniformidad de la cámara de humedad.

Las consideraciones para la cuantificación de cada una de las fuentes de incertidumbre fueron las siguientes:

- Lo expresado en las siguientes referencias:
  - La guía técnica sobre trazabilidad e incertidumbre de medición en la calibración de higrómetros de humedad relativa [4].
  - La publicación de CENAM “Diseño y construcción de un sistema de generación de humedad por flujo divido” [5].
- Que todos los valores de contribución de las fuentes de incertidumbre fueran estimados empleando los instrumentos de medición (higrómetros) disponibles en el laboratorio de TACSA.

 ISSN 2007-8102

La incertidumbre estándar por histéresis se obtuvo de exponer el higrómetro a su punto más bajo de operación, luego a su punto más alto y finalmente regresarlo a su condición inicial. En este caso se consideró como punto más alto 73.4% HR, y como punto más bajo 33.1% HR. La incertidumbre por histéresis se calcula con la Ecuación 3.7:

$$U[\delta(\%HR)_{hist}] = \frac{histéresis}{\sqrt{12}} \quad (1)$$

Donde:

$U[\delta(\%HR)_{hist}]$	Incertidumbre por corrección por histéresis
$histéresis$	Diferencia obtenida de la media de las mediciones del punto más bajo.

La Tabla 3.3 muestra las mediciones del IBC realizadas en el punto más bajo de operación. El valor de la incertidumbre por corrección por histéresis del IBC se obtuvo sustituyendo la histéresis (Valor absoluto de la diferencia de medias de la Tabla 3.3) en la Ecuación 3.1. El resultado se muestra en la ecuación 3.2

Tabla 3. 1 Resultados de las mediciones del IBC en el punto más bajo de operación (Elaboración propia).

Calibración a 33.1% HR		
Lectura	IBC (1)	IBC (2)
1	33.0	33.0
2	33.1	33.0
3	33.1	33.0
4	33.1	33.1
5	33.0	33.0
6	33.0	33.0
7	33.1	33.1
8	33.1	33.1
9	33.1	33.1
10	33.0	33.1
Media	33.06	33.05

$$U[\delta(\%HR)_{hist}] = \frac{histéresis}{\sqrt{12}} = \frac{|33.06-33.05|}{\sqrt{12}} = 0.003 \quad (2)$$

La cuantificación de la contribución de cada una las fuentes de incertidumbre en la calibración de higrómetros, dio como resultado el presupuesto que se muestra en la Tabla 3. El procedimiento detallado del cálculo se puede ver en la tesis de Cortes [6].

 ISSN 2007-8102

Tabla 1 Presupuesto de incertidumbre en la calibración de higrómetro.

Fuente de incertidumbre		Estimación		
		33.1 %	53.4%	73.4 %
Incertidumbre por la lectura corregida del patrón	$U[\%H_{RP} + CR']$	0.600	0.600	0.700
Incertidumbre por resolución del IBC	$U_{resolución}$	0.029	0.029	0.029
Incertidumbre de las lecturas del IBC	$U[\&HR_{rep}]$	0.016	0.015	0.022
Incertidumbre de corrección por efecto de temperatura del IBC.	$U[\delta(\%HR)_t]$	0.000	0.000	0.000
Incertidumbre de corrección por histéresis	$U[\delta(\%HR)_{hist}]$	0.003	0.003	0.003
Incertidumbre de corrección por estabilidad de la cámara de humedad	$U[\delta(\%HR)_{stb}]$	0.135	0.058	0.084
Incertidumbre de corrección por uniformidad de la cámara de humedad	$U[\delta(\%HR)_{hmg}]$	0.093	0.023	0.113

C. Cálculo de incertidumbre expandida

Para calcular la incertidumbre expandida en los puntos de calibración de 33.1% HR, 53.4% HR y 73.4% HR, que puede declarar el laboratorio de TACSA para la magnitud humedad, se utilizó la ley de propagación de incertidumbres [4] que se muestra en la Ecuación 1.

$$U_{exp} = k\sqrt{U^2[\%H_{RP} + CR'] + U^2{}_{resolución} + U^2[\&HR_{rep}] + U^2[\delta(\%HR)_t] + +U^2[\delta(\%HR)_{hist}] + U^2[\delta(\%HR)_{stb}] + U^2[\delta(\%HR)_{hmg}]} \quad \ldots\ldots\ldots \textit{(1)}$$

La sustitución de los valores de cada una de las fuentes de incertidumbre, de la Tabla 3 en la Ecuación 1, dieron como resultado la incertidumbre expandida en los puntos de calibración de 33.1% HR, 53.4% HR y 73.4% HR (Ecuaciones 2, 3 y 4 respectivamente).

$$U_{exp} = 2\sqrt{(0.600)^2 + (0.029)^2 + (0.016)^2 + (0)^2 + (0.003)^2 + (0.135)^2 + (0.093)^2} = 1.245 \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \textit{(2)}$$

$$U_{exp} = 2\sqrt{(0.600)^2 + (0.029)^2 + (0.015)^2 + (0)^2 + (0.003)^2 + (0.058)^2 + (0.023)^2} = 1.208 \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \textit{(3)}$$

$$U_{exp} = 2\sqrt{(0.700)^2 + (0.029)^2 + (0.022)^2 + (0)^2 + (0.003)^2 + (0.084)^2 + (0.113)^2} = 1.429 \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \textit{(4)}$$

D. Determinación de distribución de probabilidad y cálculo de grados efectivos de libertad

Para identificar el tipo de distribución de probabilidad a la cual se ajustaban los valores de las fuentes de incertidumbre, de la Tabla 3, se utilizó la guía para estimar la incertidumbre de medición [3] y la guía técnica de trazabilidad metrológica e incertidumbre de medida en la calibración de higrómetros de humedad relativa [4]. La Tabla 4 muestra el resultado obtenido.

Los grados de libertad para la incertidumbre de lecturas fueron obtenidos considerando que los datos se ajustan a una distribución normal, por lo que se determinaron los grados de libertad = 9 (n-1). El número de grados de

libertad de las fuentes de incertidumbre restantes fueron determinados por el experto con base en su criterio y experiencia (Tabla 4).

Tabla 2 Distribución de probabilidad y grados de libertad para cada fuente de incertidumbre.

Fuente de incertidumbre	Distribución de probabilidad	Grados de libertad (Vi)
$U[\%H_{RP} + CR']$	Normal	50
$U_{resolución}$	Rectangular	Infinito
$U[\&HR_{rep}]$	Normal	9
$U[\delta(\%HR)_t]$	Normal	50
$U[\delta(\%HR)_{hist}]$	Rectangular	Infinito
$U[\delta(\%HR)_{stb}]$	Normal	50
$U[\delta(\%HR)_{hmg}]$	Normal	50

Con los grados de libertad de cada una de las fuentes de incertidumbre (Tabla 4) se calcularon los grados efectivos de libertad en cada uno de los puntos de calibración utilizando la Ecuación 5:

$$V_{ef} = \frac{[\Sigma(U_i)^2]^2}{\left\{\Sigma\left[\frac{(U_i)^4}{V_i}\right]\right\}} \quad (5)$$

Los valores de incertidumbre de la Tabla 3 y los grados de libertad de la Tabla 4, se sustituyeron en la Ecuación 5 para obtener los grados de libertad efectivos en cada punto de calibración: 33.1% HR (Ecuación 6), 53.4% HR (Ecuación 7) y 73.4% HR (Ecuación 8).

$$V_{ef} = \frac{[(0.600)^2+(0.029)^2+(0.016)^2+(0.000)^2+(0.003)^2+(0.135)^2+(0.093)^2]^2}{\left\{\frac{(0.600)^4}{50}+\frac{(0.029)^4}{\infty}+\frac{(0.016)^4}{9}+\frac{(0.000)^4}{50}+\frac{(0.003)^4}{\infty}+\frac{(0.135)^4}{50}+\frac{(0.093)^4}{50}\right\}} = 58 \quad (6)$$

$$V_{ef} = \frac{[(0.600)^2+(0.029)^2+(0.015)^2+(0.000)^2+(0.003)^2+(0.058)^2+(0.023)^2]^2}{\left\{\frac{(0.600)^4}{50}+\frac{(0.029)^4}{\infty}+\frac{(0.015)^4}{9}+\frac{(0.000)^4}{50}+\frac{(0.003)^4}{\infty}+\frac{(0.058)^4}{50}+\frac{(0.023)^4}{50}\right\}} = 52 \quad (7)$$

$$V_{ef} = \frac{[(0.700)^2+(0.029)^2+(0.022)^2+(0.000)^2+(0.003)^2+(0.084)^2+(0.113)^2]^2}{\left\{\frac{(0.700)^4}{50}+\frac{(0.029)^4}{\infty}+\frac{(0.022)^4}{9}+\frac{(0.000)^4}{50}+\frac{(0.003)^4}{\infty}+\frac{(0.084)^4}{50}+\frac{(0.113)^4}{50}\right\}} = 55 \quad (8)$$

Resultados y discusión

Uno de los mayores inconvenientes para realizar el presente trabajo fue la dificultad para recopilar información referente al tema, ya que dicha información generalmente es reservada por los laboratorios de ensayo y calibración. La mayor parte de la bibliografía consultada fue obtenida de la Entidad Mexicana de Acreditación (EMA) y del Centro Nacional de Metrología (CENAM).

Con las fuentes de incertidumbre identificadas y cuantificadas fue posible realizar un presupuesto de incertidumbre (Tabla 3). Un análisis de los valores de contribución de la Tabla 3 permite afirmar que la mayor contribución a la incertidumbre de medida, para este caso en particular, es de 0.7 (el valor más alto) para el punto fijo de humedad de 74.3% HR

Con la contribución de cada una de las fuentes en los tres puntos de calibración (Tabla 3) se obtuvo el valor de la incertidumbre expandida considerando un factor de cobertura k=2 (aproximadamente 95% de nivel de confianza). El resumen del cálculo de incertidumbre expandida, en cada uno de los puntos de calibración, es el siguiente:

Punto de calibración (% HR)	Incertidumbre expandida (U_{exp})
33.1	1.245
54.3	1.208
74.3	**1.429**

Con base en este resumen se determinó que TACSA debe declarar el valor de ±1.429 como el valor de la incertidumbre de medición de humedad en su laboratorio, puesto que es el valor más alto.

Trabajo a futuro

Para la declaración de incertidumbre de medición de humedad, se propuso una metodología de acuerdo con los recursos disponibles actualmente en el laboratorio de TACSA; sin embargo, durante el desarrollo del presente trabajo se identificaron posibles áreas de mejora a futuro. Se propone realizar nuevamente la estimación de la incertidumbre de medida, tomando en cuenta las siguientes consideraciones:

- Adquirir un higrómetro patrón con mayor resolución para las calibraciones.
- Utilizar el método de generación de humedad por flujo dividido por medio de electroválvulas [5].

Conclusiones

Con la estimación de la incertidumbre de medida fue posible determinar la calidad de la medición. Para el presupuesto de la incertidumbre de medida, de un laboratorio de calibración es necesario considerar una declaración del nivel de confianza asociado a ese intervalo. En este caso particular, el nivel de confianza fue de 95.45 %, puesto que es el nivel comúnmente utilizado por los laboratorios de ensayo y calibración. Con este nivel de confianza se determinó un factor de cobertura k=2.

En la calibración de higrómetros de humedad relativa, en el intervalo de 10% a 95% de humedad relativa a temperatura ambiente, se pueden alcanzar incertidumbres mayores o iguales a 1.4 % de humedad relativa (típicamente incertidumbres de 2% a 3%) con un nivel de confianza de aproximadamente el 95.45% [4]. Con el procedimiento de calibración aplicado en este proyecto, fue posible estimar una incertidumbre de ±1.429%.

Referencias

[1] S. d. Economía, "NMX-EC-17025-IMNC-2018 "Requisitos Generales para la Competencia de los Laboratorios de Ensayo y de Calibración"," *Diario Oficial de la Federación,* pp. 1-45, 2018.

[2] JCGM, "Guía para la expresión de la incertidumbre de medida," *Centro Español de Metrología* vol. 1, no. Joint Comitee for Guides in Metrology, p. 142, 2008.

[3] W. A. Schmid, R. J. L. Martínez, , and "Guía para estimar la incertidumbre de medición," *Centro Nacional de Metrología,* p. 27, 2004.

[4] V. Contreras, J. González, and E. López, "Guía técnica de trazabilidad metrológica e incertidumbre de medida en la calibración de higrómetros de humedad relativa " *Entidad Mexicana de Acreditación,* vol. 03, p. 24, 2013.

[5] P. J. Dávila and C. N. Juárez, "Diseño y construcción de un sistema de generación de humedad por flujo divido," *Simposio de Métrología 2010,* 2010. CENAM.

[6] V. R. Cortes, "Estimación de la incertidumbre de medición de la magnitud humedad para el proceso de acreditación de un laboratorio de metrología en la zona centro del estado de Veracruz," Maestria en Ingeniería Industrial, Sistemas de Mejoramiento Empresarial, Instituto Tecnológico de Orizaba, México, 2020

Calidad en el proceso de faenamiento de una empresa procesadora de aves (*Gallus gallus*)

M.S. López-Vigil[1], H. Santos Alvarado[1], A. Y. Sánchez López[1], L. Santos Espinosa[2]*
[1]División de Estudios de Posgrado e Investigación, Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Tehuacán, Libramiento Tecnológico s/n, C.P. 75770, Tehuacán, Puebla, México
[2]Departamento de Ingeniería Industrial, Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico Superior de la Sierra Negra de Ajalpan, Av. R. Ávila Camacho 3509 Barrio la Fátima, Ajalpan, Puebla, México
misilovi@hotmail.com

***Área de participación**: Ingeniería Industrial*

Resumen

La producción avícola en México es la actividad pecuaria a nivel industrial con mayor crecimiento, logrando el 63.3% del total de producción pecuaria en el 2019 [1], debido entre otras variables a que los productos avícolas son alimentos de alto contenido nutricional al alcance económico de un sector importante de la población. De acuerdo con el Compendio Estadístico (2018) del Consejo Mexicano de la Carne [2], en 2017 México produjo 341 millones de cabezas de *Gallus gallus* (pollos y pollas en crecimiento, pollitos, gallinas y gallos) y la demanda sigue incrementándose.

El reto para la industria avícola no solo está en poder cubrir esta demanda sino en garantizar la seguridad alimentaria de sus productos por lo que en el presente trabajo se presenta un estudio para determinar las principales causas que originan que la carne faenada de pollo no cumpla con las especificaciones requeridas de calidad durante su proceso en una Planta Procesadora de Aves.

***Palabras clave**: Calidad, faenamiento, seguridad alimentaria*

Abstract

Poultry production in Mexico is the fastest growing industrial livestock activity, achieving 63.3% of total livestock production in 2019 [1], due, among other variables, that poultry products are foods of high nutritional content at the economic reach of an important sector of the population. According to the Statistical Compendium (2018) of the Mexican Meat Council [2], in 2017 Mexico produced 341 million heads of Gallus gallus (growing chickens and cocks, chicks, chickens and roosters) and demand continues to increase.

The challenge for the poultry industry is not only to be able to meet this demand but to ensure the food safety of its products so in this work a study is presented to determine the main causes that cause chicken meat to not meet the required quality specifications during its process in a Poultry Processing Plant.

***Key words**: Quality, slaughter, food security*

Introducción

El Compendio Estadístico (2018) del Consejo Mexicano de la Carne [2] ubica a México en el séptimo sitio en el consumo de pollo a nivel Mundial y el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos de Norteamérica (USDA) [3] estima que para el año 2025, México tendrá un incremento en la demanda de este producto aproximadamente de un 20% mientras que para la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE) [4] lo estima en un 25% Dicha demanda deberá ser abastecida garantizando el cumplimento de estándares de calidad, estabilidad en los precios y seguridad sanitaria, así como fortaleciendo el autoabasto.

La Subsecretaría de Fomento a los Agronegocios de la SAGARPA, en el 2011 publicó sus perspectivas para el sector agropecuario de México [5] en cuanto a producción y consumo de aves, la cual se muestra en la tabla 1, y de acuerdo con las estimaciones del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA) [3], para finales del 2019 se estimó un volumen de producción de 3.6 millones de toneladas, lo que representó un aumento del

2.9 por ciento al año. La avicultura constituye la séptima actividad más importante en el mundo y se estableció un récord histórico en México para la producción interna en ese año.

Tabla 1. Pronostico del Sector Agropecuario de México 2011- 2020 [5].

Producción y consumo de carne de ave en México (año calendario)												
Año calendario	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Carne de ave	**(Valores enteros en miles de toneladas métricas)**											
Producción	2,636	2,693	2,854	2,991	3,108	3,142	3,211	3,237	3,300	3,325	3,401	3,429
Importaciones	480	535	570	581	568	575	577	589	592	600	597	603
Oferta	3,117	3,229	3,425	3,572	3,677	3,718	3,789	3,827	3,892	3,925	3,999	4,032

Ante este crecimiento en la demanda, la industria avícola en México deberá mantener la competitividad como elemento básico para obtener altos niveles de productividad y calidad.

Los pollos de engorda sacrificados deberán pasar y aprobar una inspección sanitaria, posteriormente pueden ser clasificados conforme a lo establecido por el Reglamento de la Ley General de Salud y la ley y Reglamento de la Industrialización Federal, vigentes.

De acuerdo con la calidad de las canales y las piezas de pollo, la Norma Mexicana NMX-FF- 080-SCFI-2006 [6], clasifica al pollo de engorda en tres categorías:

1) Primera o México Extra
2) Segunda o México-1
3) Fuera de norma o México 2

En la tabla 2 se muestra la clasificación de las canales de pollo en México.

Tabla 2. Clasificación del pollo en canal [6].

Atributos	**México Extra**	**México-1**	**México 2**
Conformación general de la canal	Musculatura bien desarrollada libre de deformidades que afecten la distribución normal de la carne, de contornos redondeados.	Mismas características descritas en Calidad México Extra.	Se diferencia por tener musculatura desarrollada y se admiten deformaciones, como pieza dañada o torcida, así como piernas, muslos y rabadilla curvos.
Restos de víscera	Se permiten restos de esófago y riñón. Se admiten vísceras comestibles en un empaque cerrado dentro o fuera de la cavidad abdominal.	Iguales características a las mencionadas en la Clasificación México Extra.	Se admiten residuos de víscera. Se aceptan vísceras comestibles en un embolse cerrado al interior o exterior de la cavidad abdominal.

Apariencia general de la piel	Debe presentar uniformidad en el color sin importar si éste es blanco o amarillo. No se permiten rasgaduras lineales que expongan la carne de la canal. Se permite la decoloración para el pollo pintado.	Se requiere uniformidad del color sin interesar si es blanco, pigmentado o pintado, sin embargo, se admiten zonas de decoloración. Se aceptan desgarros lineales en la rabadilla que no muestren la carne de la canal.	Puede presentar decoloración parcial o total. Se permite rasgaduras en cualquier parte de la canal.
Hematoma	Libre de moretones.	Solo en la punta del ala y en el muñón de la pierna.	Se aceptan en cualquier parte de la canal.
Mancha de bilis	Libre de estar tildado de bilis.	Mismas exigencias que en la clasificación México Extra.	Se permiten marcas en la piel por bilis.
Plumas y filoplumas	Libre de plumas. Se aceptan filo plumas solamente en alas.	Se aceptan plumas solo en las extremidades anteriores, muñón de la pierna y pigóstilo (última vértebra). Se aceptan filoplumas indistintamente la parte de la canal.	Se aceptan plumas y filoplumas en cualquier parte de la canal.
Fracturas	Libre de huesos quebrados.	Se aceptan quebraduras solamente en la punta del hueso del ala.	Se aceptan quiebres de hueso en cualquier parte de la canal.
Mutilaciones	Libre de amputaciones.	Iguales requerimientos que en tipo México Extra.	Se permiten cortes mutilantes en cualquier parte de la canal.

Dentro de la cadena productiva para la producción de carne de pollo a nivel industrial, (figura 1) es en el proceso de faenamiento donde se conservan o pierden los principales atributos para la clasificación del pollo en canal.

.

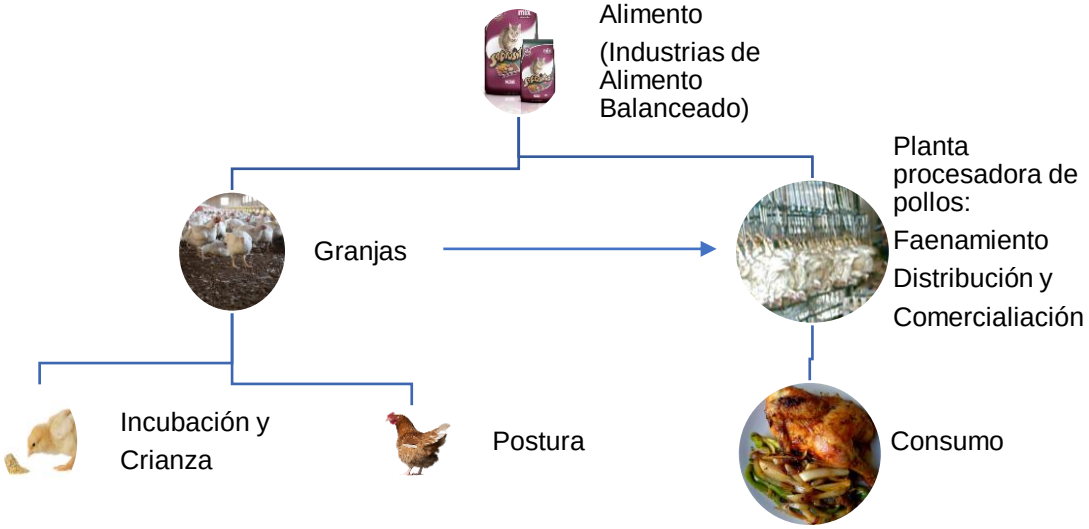


Figura 1. Cadena productiva de la Industria de la carne de pollo.

Metodología

Se diseñó y aplicó un indicador de quejas y devoluciones de los productos para recabar la información pertinente sobre las quejas de calidad reportados por los clientes con el fin de conocer los factores que intervienen en esta problemática y que afectan la competitividad de la empresa. El indicador se realizó en base a los registros generados en los reportes de quejas y devoluciones, durante el periodo de un año.
Con esta información se elaboró un diagrama de Pareto y así poder conocer los principales factores que más influyen en esta problemática y analizar sus causas para poder proponer acciones preventivas.
La Planta Procesadora de aves clasifica un producto de mala calidad cuando el producto presenta alguno de los siguientes factores:

- Base de ala roja: Se determina cuando la canal del ave presenta una coloración rojiza debajo del ala.
- Muñón rojo: Se determina cuando la canal del ave presenta una coloración rojiza en el muñón.
- Pollo manchado: Se determina cuando toda la canal del ave presenta una coloración rojiza.
- Pluma: Se determina cuando la canal del ave presenta plumas.
- Tallado: Se determina cuando la canal del ave tiene la piel rasgada.
- Mal pigmentado: Se determina cuando la canal del ave está mal pigmentada, es decir hay partes de la canal en donde se observa su color natural.
- Mal eviscerado: Se determina cuando la canal del ave contiene restos de vísceras.
- Mal etiquetado: Se determina cuando la etiqueta del producto no declara el contenido real que contiene el empaque (la cesta de pollo).
- Pollo disparejo: Se determina cuando hay una gran diferencia de tamaño en el producto que se encuentra en el empaque (la cesta de pollo).

Resultados y discusión

De acuerdo a los resultados generados del indicador de quejas y devoluciones del producto, se elaboró un diagrama de Pareto, identificándose que la base de ala roja, muñón rojo, presencia de pluma, mala pigmentación, mal eviscerado y tallado son los factores que más influyen en esta problemática, mostrados en la figura 2 para quejas de producto por calidad.

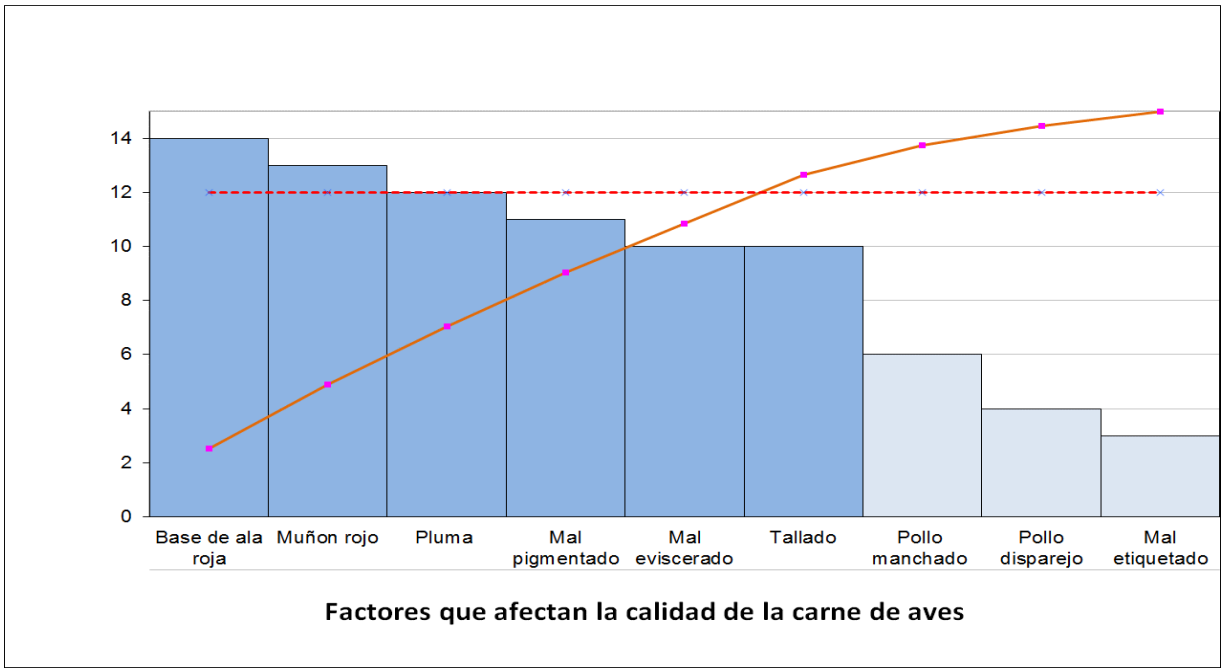


Figura 2. Diagrama de Pareto de quejas de producto por calidad.

Para determinar las causas de los factores que afectan la calidad del producto se aplicó como herramienta el diagrama de causa-efecto, el cual es una representación de varios elementos (causas) de un sistema que pueden

contribuir a un problema (efecto). La figura 3 muestra el diagrama para el problema de base de ala roja, que se ilustra en la figura 4.

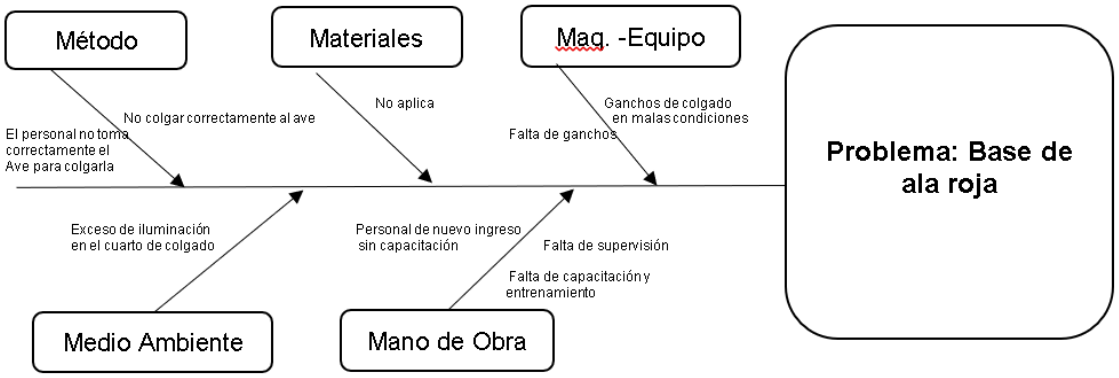


Figura 3. Diagrama de Causa-Efecto base de ala roja.

De acuerdo al diagrama de causa-efecto se determinó que el problema de base de ala roja se genera en la etapa de colgado, el ala del ave es lastimada debido principalmente a un mal colgado.



Figura 4. Problema de ala roja.

En la tabla 3 se resumen las acciones preventivas recomendadas para mejorar la calidad del producto.

Tabla 3. Acciones preventivas recomendadas.

Etapa del proceso	Factores que afectan la calidad del producto	Acción preventiva
Colgado	Base de ala roja	• Capacitar al personal involucrado en bienestar animal, para agarrar y colgar correctamente al ave.
		• Dar mantenimiento preventivo al área de colgado para cubrir los claros de luz y poder evitar el aleteo brusco del ave.
		• Se deberá agarrar al ave con las dos manos y colgarla en el gancho con las dos patas.
		• Supervisar el correcto agarre y colgado del ave. Se deberá colgar al ave con las dos patas en el

		gancho correspondiente, evitar colgarla de una sola pata.
Escaldado	Muñón rojo	• Capacitar al personal involucrado en bienestar animal, para colgar correctamente al ave. • Dar mantenimiento a los ganchos de colgado y reemplazarlos cuando se estén deteriorando.
Eviscerado	Pollo con pluma	• Dar mantenimiento preventivo y correctivo a las peladoras. • Supervisar el desplume del ave.
	Pollo mal eviscerado	• Ajustar las maquinas evisceradoras de acuerdo al tamaño del pollo.
	Tallado	• Mantener una misma velocidad de la línea durante • el proceso para evitar el rasgado de la piel. • Monitorear la temperatura de la escaldadora para verificar que está en el rango de operación.

Conclusiones

Se concluye que los factores que afectan la calidad de la carne de ave son: base de ala roja, muñón rojo, pollo con pluma, pollo tallado, pollo mal pigmentado y pollo mal eviscerado, el factor que más influye es la base de ala roja ya que representa el 16.87% de las devoluciones generadas por mala calidad.
Mediante el plan de acciones preventivas se podrá mejorar la calidad del producto y por ende la Planta Procesadora de Aves podrá mejorar su competitividad en el sector avícola del país.

Recomendaciones

- Capacitar constantemente al personal involucrado en las etapas del proceso, para obtener un producto de calidad e inocuidad.
- Supervisar constantemente al personal en cada una de sus actividades.
- Implementar técnicas de “Producción Más Limpia” (PML) con el fin de posicionarse competitivamente en el mercado nacional e internacional.

Agradecimientos

Al Tecnológico Nacional de México por su apoyo al proyecto de investigación 7944.20-P, a la División de Estudios de Posgrado e Investigación del Instituto Tecnológico de Tehuacán, al Cuerpo Académico ITTEH-CA-2, y a la empresa procesadora de aves (se reserva su razón social por razones de confidencialidad) por su apoyo y participación.

Referencias

[1] UNA (2020). Unión Nacional de Avicultores. Situación de la Avicultura Mexicana, Expectativas 2020, consultado en: https://una.org.mx/industria/
[2] Compendio Estadístico (2018). Consejo Mexicano de la Carne, consultado en: https://comecarne.org/compendio-estadistico-2018/
[3] USDA (2019) FAS. México, Poultry and Products semi annual, March 2019. Gain Report NMX9013.
[4] OCDE (2018) Exámenes de mercado en México: estudio de caso del mercado de la carne de pollo, consultado en: https://www.oecd.org/daf/competition/Esp-Web-Report-Chicken-MeatMarketMexico2018.pdf
[5] Perspectiva de largo plazo del Sector Agropecuario de México 2011- 2020. (2011). Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. SAGARPA, Subsecretaría de Fomento a los Agronegocios, Análisis Económico Agroalimentario
[6] NMX-FF-080-SCFI-2006 Productos Avícolas – Carne de pollo de engorda en canal y en piezas – clasificación (cancela a la NMX-FF-080-1992) consultado en: https://comecarne.org/wp-content/uploads/2013/07/NMX-FF-080-SCFI-2006.pdf

Plan de mantenimiento centrado en fiabilidad (RCM), para el proceso de esmerilado en industria textil.

A.G. Jiménez Guillén[1], L. M. Blanco González[2], B. A. Villalobos Martínez[3], J.K. López Orduña[4], S. Velasco Bermúdez[5]*
[1]Estudiante de la carrera de Ingeniería Industrial, Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez, Carretera Panamericana Km 1080, C.P. 29050, Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, México
[2]Jefa del departamento de Ingeniería Industrial, Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez, Carretera Panamericana Km 1080, C.P. 29050, Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, México
[3]Departamento de Ingeniería Industrial, Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez, Carretera Panamericana Km 1080, C.P. 29050, Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, México
[4]Departamento de Ingeniería Industrial, Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez, Carretera Panamericana Km 1080, C.P. 29050, Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, México
[5]Subdirector de planeación y vinculación, Instituto Tecnológico de Comitán, Av. Instituto Tecnológico Km. 3.5 Colonia Yocnajab, El Rosario C.P. 30000, Comitán de Domínguez, Chiapas, México
**l16270085@tuxtla.tecnm.mx*
***Área de participación**: Ingeniería Industrial.*

Resumen
El proceso de esmerilado es elemental para la fabricación de distintas telas y en la empresa en donde se realizó el presente trabajo se cuenta con maquinaria antigua y extranjera para este proceso que, por las condiciones mencionadas, genera pérdidas económicas, mermas, tiempos muertos en la producción, ineficiencia de producción operacional, etc. El objetivo de la aplicación de plan de mantenimiento basado en RCM fue el de disminuir paros e ineficiencia de la maquinaria y fallos potenciales, basándose en la fiabilidad de los fallos, tanto aquellos que han ocurrido, como aquellos que son propensos a ocurrir a futuro, de tal manera, que las pérdidas, los paros y las fallas de producción sean predecibles y evitables. Mediante la implementación de esta metodología se mejoró la efectividad del proceso, en un 15% para la maquinaria, generando un impacto económico de ahorros del 70.2% en comparación al mismo lapso del año anterior.

***Palabras clave:** Mantenimiento, RCM (Mantenimiento centrado en fiabilidad/confiablidad), AMEF, Mejora*

Abstract
The grinding process is elementary for the manufacture of different fabrics and the company where this work was carried out has old and foreign machinery for this process that, due to the aforementioned conditions, generates economic losses, waste, downtime in the production, inefficiency of operational production, etc. The objective of applying a maintenance plan based on RCM was to reduce machine downtime and inefficiency and potential failures, based on the reliability of failures, both those that have occurred and those that are likely to occur in the future. so that production losses, stoppages, and failures are predictable and avoidable. Through the implementation of this methodology, the effectiveness of the process was improved, by 15% for machinery, generating an economic impact of savings of 70.2% compared to the same period of the previous year.

***Key words:** Maintenance, RCM (Reliability Centered Maintenance), AMEF, Improvement*

Introducción

El plan de mantenimiento centrado en la fiabilidad, o RCM (*Reliability Centered Maintenance*) por sus siglas en inglés, es una técnica de mantenimiento cuyo objetivo fundamental es el aumento de la fiabilidad de los equipos en una línea de producción, de acuerdo con Bravo [1], en el presente trabajo se expone la implementación de esta herramienta en el proceso de esmerilado textil. Esta técnica permite a las organizaciones sintetizar sus esfuerzos en patrones coherentes para que puedan evaluar de forma detallada los procesos de mantenimiento actuales y actuar en consecuencia, agregando la mayor cantidad de valor posible a las actividades de mejora y los mayores beneficios para las organizaciones según Moubray [2] por lo que se consideró su aplicación debido a la problemática encontrada en la empresa en cuestión.

Durante el desarrollo de este proyecto se desarrollaron una serie de acciones y alternativas a aplicar en la maquinaria en el proceso de esmerilado mediante la aplicación del mantenimiento centrado en la fiabilidad (RCM) con el objetivo de cambiar el plan de mantenimiento actual (correctivo) a uno que complementara de manera

estructurada las partes más críticas del proceso y permitiera determinar las fallas más importantes durante este proceso. Además, en conjunto con el RCM, se desarrolló también la técnica del Análisis de Modo de Efectos y Fallos para el proceso de producción, es decir, un P-AMEF según Rosales [3] y un Análisis de Modo de Efectos, Fallos y criticidad de procesos, o FMECA (*Failure Mode Effects and Criticality Analysis*) por sus siglas en inglés de acuerdo con Sols [4], para analizar y mejorar la eficiencia operacional y cumplir con el objetivo de producción deseado para la empresa, evitando perdidas por paro, tiempos muertos de operación, fallas por averías y pérdidas económicas al parar la máquina de manera imprevista. El proceso objeto de este proyecto fue el proceso de esmerilado, como sistema integrado dentro de una línea de producción de acabado textil, el cual recibe un sistema de entrada, proceso, absorción de residuo y salida para el correcto funcionamiento y coordinación con el resto del equipo de la empresa.

Finalmente mediante la aplicación de las acciones apropiadas de mantenimiento se obtuvo una serie de beneficios considerables para la empresa como lo fueron: 1) Una serie de procedimientos operativos y de mantenimiento que evitan la producción de fallos críticos durante el proceso, 2) Acciones a implementar en caso de que una falla critica sea producida y que la consecuencia disminuya, 3) una gama de partes o componentes críticos que son más factibles a fallar para mantener en stock dichas partes con el objetivo de disminuir el tiempo de paro de maquinaria y minimizar las consecuencias, 4) un proceso planeado y estandarizado de mantenimiento y 5) beneficios desde el punto de vista del desempeño del proceso y económico para la organización.

Metodología

Los pasos que se utilizaron para desarrollar el proyecto se describen en los apartados siguientes y se enlistan brevemente a continuación para una mejor comprensión. El orden en que se desarrollaron los pasos fueron los siguientes:

1. Fase de diagnóstico. Análisis de maquinaria
2. Fase de evaluación de criticidad
    a. Aplicación de AMEF
    b. Aplicación FMECA
3. Fase de análisis mediante la hoja de decisión RCM
4. Fase de implementación de acciones

1. Fase de diagnóstico. Análisis de maquinaria.

Para la fase de diagnóstico se utilizaron tablas y libretas de campo para analizar el tiempo y comportamiento de paro en la maquinaria, bitácoras de mantenimiento registradas donde hubiese datos acerca del manteniendo efectuado en el proceso de esmerilado, cronometro y reloj para el registro de hora y tiempos en la que la máquina para, además del registro y análisis de los valores de producción obtenidos durante el primer trimestre del año 2020.

Actualmente se cuenta con maquinaria antigua en el desarrollo de las operaciones mencionadas anteriormente, tal es el caso para el proceso de esmerilado, donde se cuenta con maquinaria Küster año 1979, cuyos componentes del sistema han sido modificados y adaptados conforme a las necesidades y prioridades del proceso. Dicha maquinaria no cuenta con todos sus componentes con el diseño original, por lo cual, parte del análisis para una buena implementación de la metodología RCM es estudiar de manera detallada el estado actual de la máquina, determinar de manera cuidadosa cada parte de los componentes y analizar por qué se producen las fallas y los defectos dentro del proceso. Mediante datos de la empresa se determinaron los principales defectos que surgen el proceso de manera directa provocando grandes tiempos de paro por averías, perdidas y retrasos en el proceso de producción.

Los resultados de la recolección de datos anterior se muestran en la figura 1, mediante un diagrama de Pareto, en donde se observa que proporción existe de los errores más importantes en el proceso por metros de tela producida por jornada, identificando al tercer principal problema como paro de esmeril, un paro atribuible al paro de la maquinara por componentes dañados, es decir, esta máquina contribuye a la tercer causa de defectos de todo el proceso de producción por si misma lo que demuestra la urgencia de la toma de acciones correctivas para este problema.

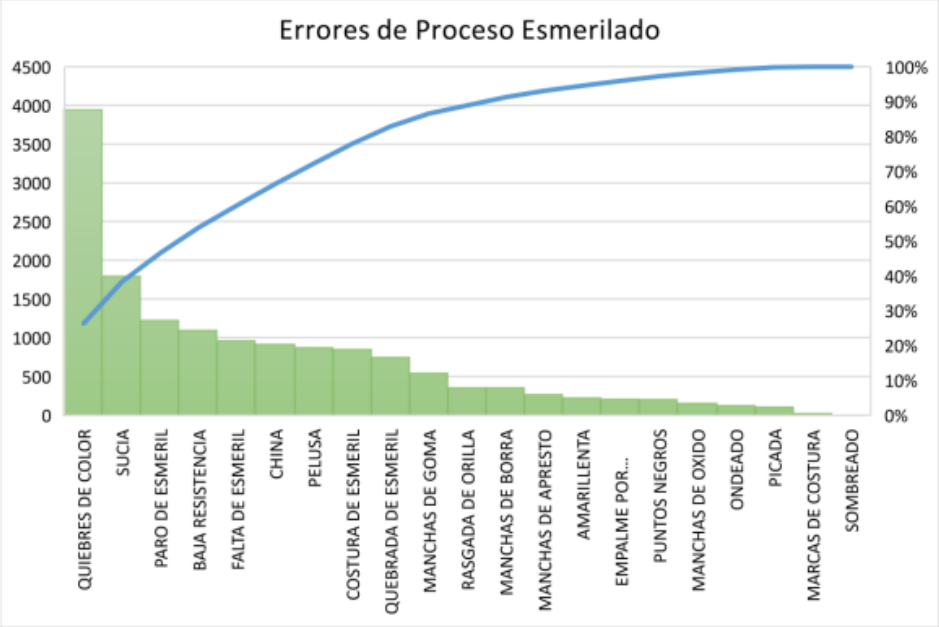


Figura 1. Diagrama de Pareto para errores del proceso esmerilado.

Dado lo anterior, se procedió a analizar el mantenimiento que la máquina recibía y se identificó que el plan de mantenimiento estaba basado en revisiones espontáneas, las cuales no contaban con estándares de actividades ni tiempos y la mayor parte de operaciones de mantenimiento consistían en mantenimiento correctivo [3] que, además, era poco efectivo según lo visto en la figura 1.

La siguiente actividad en la tarea del diagnóstico fue determinar cuáles eran los equipos y partes a los que se le desea aplicar el plan RCM, en este caso, no había existencia del registro de fallos confiable en la maquinaria del proceso de esmerilado, por lo cual, se procedió a dialogar con el personal mecánico, operacional y gerencial para determinar los equipos a los que se debería aplicar RCM considerando las fallas potenciales, la importancia del proceso y costos de mantenimiento más costosos. Los equipos que se identificaron se muestran en la tabla 1.

Equipos de seguridad	
1	Equipo de protección personal
2	Mangueras de agua

Línea de aire (absorción)	
1	Sistema de absorción (motor)
2	Sistema de recolección de residuos
3	Mangueras de aire
4	Conexiones eléctricas
5	Controladores
6	Ductos de absorción
7	bomba de aire

Esmeriladora	
1	Sistema neumático
2	Sistema de rodillos lija
3	Sistema de rodillo guía
4	Sistema de rodillos tensores
5	Sistema de rodillos fijo acero inoxidable
6	Sistema de controladores y botones
7	Sistema de Cepillado
8	Conexión eléctrica
9	Sistema de motores
10	Sistema de cadenas de trasmisión
11	Sistema de rodillos fulares
12	Sistema de rodamientos
13	Sistema de indicadores

Tabla 1. Equipos seleccionados para la aplicación de RCM

2. Fase de evaluación de criticidad

La fase de evaluación de la criticidad está dividida en dos partes, primeramente, la aplicación del P-AMEF y la segunda de la aplicación del FMECA, ambas se explican en los siguientes apartados

 ISSN 2007-8102

a. Aplicación de P-AMEF

Para decidir que un activo o maquinaria está trabajando de manera óptima dentro del contexto de un proceso de producción, es necesario definir las acciones que debe hacer de manera apropiada, por lo cual uno de los aspectos más importantes de un AMEF, de proceso en este caso (P-AMEF), consiste en definir de manera adecuada la función o funciones correlativas a cada una de la maquinaria en el contexto operacional, para ello es importante definir el diagrama y fallos para considerar cada una de las funciones, fallos funcionales, modos de fallo de cada fallo funcional, y efectos de fallo.

Para el análisis y determinación del RCM se utilizó entonces al P-AMEF, el cual ayuda a responder las 5 primeras preguntas básicas del proceso RCM: 1. ¿Cuáles son las funciones y estándares de ejecución del sistema a mantener en el actual contexto operacional? 2. ¿De qué manera puede fallar y no cumplir los estándares y funciones? 3. ¿Que causa cada fallo? 4. ¿Qué ocurre al suceder un fallo? 5. ¿Qué ocurre cuando falla y qué consecuencias tiene?

La tabla 2, muestra un ejemplo gráfico respecto al diagrama de registro acerca de la aplicación de P-AMEF, donde se determinaron y analizaron características importantes de cada componente de la maquinaria como lo son: La función principal, el fallo funcional, los modos de fallo y los efectos que estos tuvieron.

RCM Hoja de registro de AMEF Área de Esmerilado		Sistemas: Equipos de Seguridad				
#	Función	#	Fallo funcional	#	Modo de fallo	Efecto de fallo
Equipos de protección personal						
1	Proteger al operario en extremidades del cuerpo	1	Equipos de mal uso y mal cuidado del manteamiento	1	No funciona	Paro de maquina
				2	Rotura	Riesgos de seguridad
				3	No se encuentra	Costos
				4	No se encuentra en estado optimo	Riesgo de seguridad
2	mangueras de agua	1	No corre agua	1	Toma de agua deshabilita	Cierres de agua
				2	Llave de paso tapada	Falta de manteamiento en tuberías
				3	Manguera obstruida	Manguera obsoleta
		2	Expulsa demasiado agua	1	Presión de la llave inadecuada	Falta un nivel adecuado de presión
				2	Manguera inadecuada	Manguera demasiado grande o pequeña

Tabla 2. Análisis de modos y efectos de fallo.

b. Aplicación de FMECA

Una vez conocidos los efectos de los modos de fallas, se procedió a evaluar la criticidad de los mismos, es decir, el impacto de que esta falla provoca en áreas como seguridad, calidad, medio ambiente, producción, frecuencia, mantenibilidad y detección, es en esta etapa da comienzo el modo de falla y análisis de criticidad FMECA. El criterio para determinar la criticidad para el siguiente proyecto fue el siguiente:

Criticidad = impacto operacional + frecuencia + mantenibilidad + detección

 ISSN 2007-8102

Dicho aspecto critico se basó en la valoración definida de cada una de las situaciones que se presentan en una tabla 3.

TABLA DE IMPACTO - OCURRENCIA.		
Seguridad	**Analiza el impacto del modo del fallo en la seguridad de los trabajadores (Riesgo de accidentes debido a fallo)**	
Efecto	**Descripción**	**valor**
Ninguno	La ocurrencia del fallo no tiene efecto	0
Bajo	La ocurrencia del fallo puede crear riesgos sin baja o accidente	1
Medio	La ocurrencia del fallo puede crear baja indisponibilidad temporal	2
Alto	La ocurrencia del fallo puede provocar muerte o discapacidad permanente	3

Medio ambiente	**Analiza el impacto de modo de fallo en el medio ambiente (riesgo de accidentes medioambientales debido a los fallos)**	
Efecto	**Descripción**	valor
Ninguno	Sin efectos	0
Bajo	No tiene efecto medio ambiental	1
Medio	Puede casuar impacto interno de parámetros o especificaciones legales	2
Alto	Puede casuar impacto extenso de parámetros o especificaciones legales	3

Calidad	**Analiza el impacto del modo de fallo en la calidad final del producto**	
Efecto	**Descripción**	**valor**
Ninguno	No causa ningún efecto	0
Bajo	Puede casuar reproceso de la producción	1
Medio	Puede causar disconformidad con posibilidad de rechazo de un lote	2
Alto	Puede casuar impacto extenso de parámetros o especificaciones legales	3

Producción	**Analiza el impacto de fallo en la producción**	
Efecto	**Descripción**	**valor**
Ninguno	No casusa ningún efecto	0
Bajo	Puede crear paradas de <30 min	1
Medio	puede crear paradas entre 30 y 120 min	2
Alto	puede crear paradas >120 min o rechazo > 2%	3

Tabla 3. Impacto-ocurrencia

De esta manera se obtuvo un valor de criticidad para cada uno de los modos de falla, con una ponderación aproximada cuantitativa del impacto del impacto de cada uno de ellos sobre el sistema de estudio. Dentro de este proceso se llevó a cabo un proceso analítico y de recopilación de información para obtención de principales casusas que dan origen a la aparición de cada modo de fallo. Este análisis fue de gran utilidad para la selección del mantenimiento que se escogió según el resultado saliente del árbol de decisión RCM.

El proceso del análisis consistió en verificar a profundidad el origen del modo de fallo con el objetivo de recabar la mayor información relacionada, de forma en que la causa fuese resultante para prevenir el fallo, de la forma más efectiva posible, de esta manera se obtuvo un valor de criticidad para cada fallo, lo cual proporcionó una aproximación cuantitativa del impacto de cada uno de ellos y una vez obtenidos los parámetros de criticidad.

Conforme a los datos de la tabla 1 y el diagrama de decisión se procedió al estudio de cada uno de los análisis de criticidad implementado, aplicado a cada uno de los equipos, lo cual se muestra en la tabla 4.

 ISSN 2007-8102

Hoja de registro de FMCA		Sistema: Equipos de Seguridad									
			Impacto				Ocurrencia			Criticidad	Acción
Función	Fallo Funcional	Modo de Fallo	S	E	Q	P	F	M	D		
Protección de extremidades	Equipos de mal uso y mal cuidado del manteamiento	No funciona	2	2	1	0	0	0	1	6	RCM
		Rotura	2	2	2	0	2	0	1	9	RCM
		No existente	0	1	0	0	2	0	1	4	NA
		Obsoleto	0	2	1	0	2	0	2	7	NA
Mangueras de agua	No corre agua	Toma deshabilita	0	0	0	2	2	2	1	7	RCM
		Llave tapada	0	0	0	2	2	0	0	4	NA
		Manguera obstruida	0	0	0	1	1	0	0	2	NA
	Desperdicio	Presión inadecuada	1	3	2	2	2	2	0	12	ELIL
		Manguera inadecuada	1	2	2	1	1	2	0	9	RCM

Tabla 4. Aplicación de FMCA

3. Fase de análisis mediante la hoja de decisión RCM

Posterior al análisis de la criticidad de los equipos y componentes del sistema, se procedió a un análisis mediante hoja de decisión de la metodología RCM para los sistemas seleccionados, en tal análisis se reflejaron actividades según la metodología RCM, donde se reflejan actividades como la frecuencia y los encargados de ejecutar las mismas. Un ejemplo de dicho análisis se observa en la tabla 5.

HOJA DE TRABAJO DE INFORMACION DE RCM														Área Esmerilado		
														Elemento: Línea de absorción		
Referencia de información			Evaluación de las consecuencias				H1	H2	H3	Acciones por defecto			TAREA PROPUESTA	Frecuencia inicial	Encargado
							S1	S2	S3						
							O1	O2	O3						
F	FF	FM	H	S	E	O	N1	N2	N3	H4	H5	S4			
Línea de absorción															
1	1	1	S	N	N	S	S						Tarea a condición	Anual	Mantenimiento
		2	S	S			S						Tarea a condición	Bimestral	Mantenimiento
		3	S	N	N	S	S						Tarea a condición	Anual	Mantenimiento
2	1	1	N				S						Tarea a condición	Trimestral	Mantenimiento
		2	N				N	N	S				Tarea de sustitución cíclica	Semestral	Mantenimiento
		3	S	N	N	S	N	N	S				Tarea de sustitución cíclica	Anual	Mantenimiento
3	1	1	S	N	N	N	N	N	N				Ningún mantenimiento	Trimestral	Mantenimiento
		2	S	S	S								Tarea a condición	Mensual	Mantenimiento
		3	S	N	N	N	S						Tarea a condición	Mensual	Mantenimiento
	2	1	N				N	S					Tarea reacondicionamiento	Trimestral	Mantenimiento
		2	S				N	N	N	N	N		Ningún mantenimiento	Mensual	Mantenimiento

Tabla 5. Hoja de trabajo mediante árbol de decisión RCM

4. Fase de implementación de acciones

Finalmente, se procedió con la implementación de acciones, que en el caso de este proyecto comprendió el diseño de los planes de mantenimiento, teniendo como principal criterio de diseño a todo el análisis posterior. Debido a la cantidad de actividades que se tuvieron que contemplar en este paso, solamente se hace un breve listado de todas ellas a continuación:

- Se determinó la secuencia las actividades de mantenimiento apropiadas según la evaluación de criticidad.
- Se establecieron las actividades según el análisis de la hoja de decisión RCM.
- Se realizó la planeación de las actividades de mantenimiento sobre la maquinaria con periodos semanales, quincenales, mensuales, bimestrales y anuales.
- Se planearon acciones de mejora completa en los equipos según el caso.
- Se realizó la planeación de las actividades de mantenimiento eléctrico con periodos mensuales, semestrales y anuales.

Resultados

Para establecer los resultados del proyecto se determinó el porcentaje de efectividad para el proceso de producción de esmerilado durante un año anterior al inicio del proyecto, posteriormente, no se consideró el primer trimestre del año, durante el cual se desarrolló la mayor parte de la metodología, y, finalmente, se calcularon los datos de la efectividad durante los siguientes 5 meses de la implementación del proyecto. Los resultados se muestran en la figura 2.

Mes/Año	Porcentaje de Efectividad
2019	**82.4%**
Enero	76.9%
Febrero	83.3%
Marzo	98.6%
Abril	71.2%
Mayo	70.4%
Junio	65.2%
Julio	87.6%
Agosto	99.9%
Septiembre	95.2%
Octubre	83.9%
Noviembre	67.3%
Diciembre	89.2%
2020	**97.4%**
Enero	
Febrero	
Marzo	
Abril	97.4%
Mayo	97.2%
Junio	97.9%
Julio	96.9%
Agosto	97.8%
Total general	**86.8%**

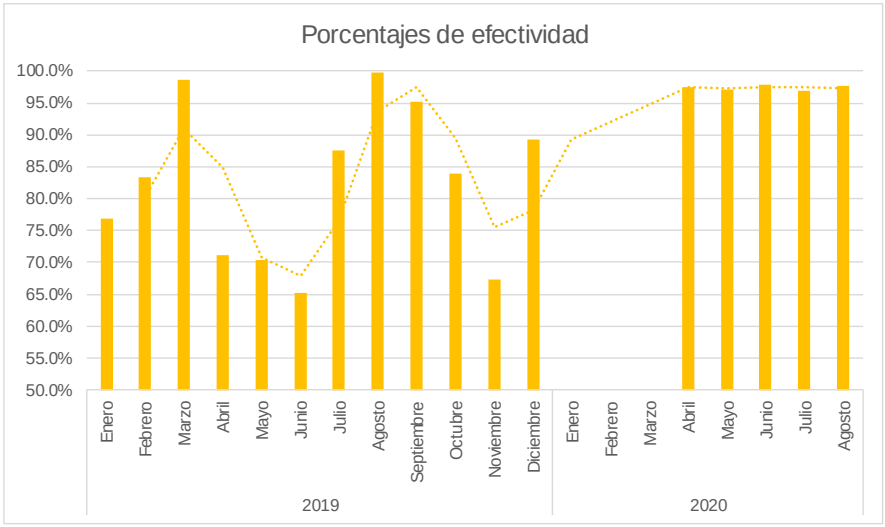


Figura 2. Porcentajes de efectividad antes y después del proyecto

Como se observa en la figura 2, el porcentaje de efectividad pasó de un total de 82.4% en el año 2019, previo al proyecto, a un 97.4% durante el año de la implementación en promedio. Cabe aclarar que durante el año 2020 no se tomaron datos los primeros 3 meses ya que fue el periodo durante el cual se desarrolló la metodología del proyecto, además de que, al momento de la elaboración del artículo, no habían dados del resto del año, no obstante, los resultados parciales indican una clara mejora del porcentaje de efectividad del 15% en promedio, lo que permite probar el éxito de las acciones del proyecto.

Además de la mejora de la efectividad, se calculó la reducción de costos, obtenida como resultados de la implementación del plan de mantenimiento, la cual fue notable, al tener un ahorro de $ 19, 166.35 pesos mexicanos (70.2% de reducción) en el mismo periodo de análisis (abril a agosto del año anterior y de periodo posterior a la misma). Dicho cálculo del ahorro se obtuvo estableciendo los productos que ya no se consumieron gracias a la implementación del proyecto, la lista y los costos de estos productos se muestran en la tabla 7.

El costo total de los mismos insumos en el mismo lapso del año anterior a la implementación fue de $ 27,302.49 pesos mexicanos, el costo del mismo lapso, pero del año del proyecto, posterior a la implementación, fue de $ 8,136.14 pesos mexicanos, correspondiente a un 29.8 % el monto original del año posterior.

Gastos de mantenimiento				
Producto	Cantidad	Precio U.	Consumo Req.	Costo
CEPILLO DE CERDAS METALICAS	2	$ 369.00	2	$ 738.00
SOLVENTE DIELÉCTRICO	1	$ 99.80	2	$ 199.60
CEPILLO CON CERDAS DURAS	1	$ 96.00	1	$ 96.00
TRAPO MECÁNICO	1	$ 12.00	2	$ 24.00
LINTERNA	1	$ 199.00	1	$ 199.00
ROLLOS DE LIJA FANDELLI GRANO 120 (38 MTS POR RODILLO)	1	$ 479.00	2	$ 958.00
THINNER	1	$ 13.50	25	$ 337.50
PEGAMENTO DE CONTACTO 5000	2	$ 137.25	3	$ 411.75
FIBRA VERDE SCOTCH WRIGHT	1	$ 10.00	10	$ 100.00
RECIPIENTE PARA SOLVENTE	1	$ 49.00	1	$ 49.00
ESPATULA	1	$ 92.00	1	$ 92.00
REGLA GRADUADA	1	$ 20.00	2	$ 40.00
CUTER O EXACTO	1	$ 10.00	2	$ 20.00
TERMÓMETRO DIGITAL	1	$ 530.00	1	$ 530.00
DESENGRASANTE	1	$ 26.00	8	$ 208.00
GRASA MOBIL EP2	1	$ 120.00	6	$ 720.00
INYECTOR DE GRASA	1	$ 195.00	4	$ 780.00
ESTOPA	1	$ 65.00	16	$ 1,040.00
ESLINGAS	1	$ 136.00	4	$ 544.00
ESTESTOCOPIO MECANICO	1	$ 99.00	2	$ 198.00
LLAVES MIXTAS DE 19MM	1	$ 2,322.00	1	$ 2,322.00
LLAVEN ALLEN DE 8 MM	1	$ 125.00	1	$ 125.00
POLIPASTOS	1	$ 948.00	4	$ 3,792.00
BROCHA SUAVE	1	$ 3.00	27.5	$ 82.50
EXTRACTOR DE BALEROS	1	$ 190.00	3	$ 570.00
AMPERÍMETRO DE GANCHO	1	$ 949.00	1	$ 949.00
MULTÍMETRO	1	$ 311.00	1	$ 311.00
LAMPARAS FOURECENTES	1	$ 75.00	4	$ 300.00
CINTA ADHESIVA DE AISLAR	1	$ 280.00	1	$ 280.00
CABLEADO ELECTRICO	1	$ 360.00	2	$ 720.00
BOTONES DE REPUESTO	1	$ 1,300.00	1	$ 1,300.00
MANGUERA CON PISTOLA DE AIRE COMPRIMIDO	1	$ 780.00	1	$ 780.00
PIENZAS ELECTRICAS	1	$ 350.00	1	$ 350.00
Gasto total Insumos				$ 19,166.35

Tabla 7. Gastos de mantenimiento eliminados por la aplicación del RCM

Conclusiones

Mediante la aplicación de la herramienta RCM, para el proceso de esmerilado, se puede obtener la mejora de la fiabilidad y operación de la maquinaria, ya que, al no existir un plan de mantenimiento preciso, esta tendía a parar de manera consecutiva, retrasando la producción y, en consecuencia, generando perdidas de tiempo y, sobre toda, económicas con los consumidores.

Durante la realización del proyecto se pudo determinar, de manera precisa, la eficacia y fiabilidad de la maquinaria, se redujeron los costos de mantenimiento, así como, las paradas imprevistas dentro de la maquinaria; además, se encaminó a un proceso estándar mediante rutinas de mantenimiento que ayudan a mejorar y conservar en estado óptimo la maquinaria y, por lo tanto, se mejora el desempeño de todo el proceso de producción.

Una vez que se diagnosticó la situación de la línea de producción y sus problemas, se analizó el mejor camino de mejora y se desarrollaron actividades de mejora, se logró identificar una clara mejora de la efectividad, correspondiente a un aumento del 15%, además de ahorros económicos muy importantes, en proporción, a los costos de mantenimiento previos, reducción del 70.2% con respecto del año anterior.

Para la compañía, el proyecto representó la implementación de una metodología efectiva, que generó muchos beneficios al ser aplicada, ya que propició un ahorro en costos de mantenimiento, una taza alta de efectividad y un control estandarizado del proceso de mantenimiento, lo que asegurará su correcto desarrollo en el futuro.

Referencias

[1] R. Bravo, *Administración del mantenimiento industrial*, San José Costa Rica: Universidad Estatal a Distancia, Mantenimiento Correctivo, 1989, pp. 97
[2] J. Moubray, *Reliability Centered Maintenance*, New York: Industrial Press Inc., 1997, pp. 12-18
[3] J. F. Alonso Rosales. *Análisis de Modos y Efectos de Fallas Potenciales*, Santa Fe, Argentina: El Cid Editor, 2009
[4] A. Sols, *Fiabilidad, mantenibilidad y confiabilidad*, Madrid: Universidad Pontificia, Análisis de modo de fallos, su criticidad y sus efectos, 2000, pp. 231

Sistema de control para el registro de salidas de producto terminado en una empacadora de cítricos de Martínez de la Torre

C. Argüelles López[1], J. Durán Pérez[2], L. Herrera Franco[3],*
[1]Departamento de Ingeniería en Gestión Empresarial, Tecnológico Nacional de México/ Instituto Tecnológico Superior de Martínez de la Torre, Ignacio de La Llave, Centro, C.P. 93600, Martínez de la Torre, Veracruz, México.
[2]Egresada de la Carrera de Ingeniería en Gestión Empresarial del Tecnológico Nacional de México/ Instituto Tecnológico Superior de Martínez de la Torre, Ignacio de La Llave, Centro, C.P. 93600, Martínez de la Torre, Veracruz, México.
[3]Departamento de Ingeniería en Mantenimiento Área Industrial, Universidad Tecnológica de Gutiérrez Zamora, Prol. Dr. Miguel Patiño, Centro, C.P. 93556, Gutiérrez Zamora, Veracruz, México
**arguelles457@gmail.com*

***Área de participación**: Ingeniería Industrial*

Resumen

El presente proyecto muestra el diagnóstico y las mejoras realizadas al proceso de empaque de la línea de 10 lbs. de una empacadora ubicada en Martínez de la Torre, la cual presentaba áreas de oportunidad, como: deficiencia en el control de registro de salida de producto terminado, deficiencia del sistema de trazabilidad interna, retrabajo y tiempos excesivos en el empaque y registro del producto terminado en la línea de producción. La implementación del sistema de mejora tuvo la finalidad de reducir el tiempo de empaque y registro que cada trabajador requiere durante el proceso de producción, así como reducir el número de trabajadores requeridos en el proceso, los cuales fueron reubicados a otras áreas. Finalmente, con la implementación de sistema de control se asegura la calidad del producto debido a la rastreabilidad interna, la cual permite identificar rápida y fácilmente la fuente de los defectos y establecer medidas correctivas y preventivas.

***Palabras clave**: Sistema de control/Deficiencia/Trazabilidad/Proceso*

Abstract

This project shows the diagnosis and improvements made to the packaging process of the 10-pound line of a packing plant located in Martínez de la Torre, which presents areas of opportunity, such as: deficiency in the control of the finished product's output record. , deficiency of the internal traceability system, rework and excessive times in the package and registration of the finished product on the production line.
The implementation of the improvement system had the implementation of reducing the packing time and registration that each worker requires during the production process, as well as reducing the number of workers required in the process, who were relocated to other areas. Finally, with the implementation of the control system, product quality is ensured due to internal traceability, which allows the source of defects to be quickly and easily identified and corrective and preventive measures established.

***Key words**: Control system / Deficiency / Traceability / Process*

Introducción

De acuerdo con diversas investigaciones, varios autores coinciden que la mayoría de las empresas de manufactura cuentan con problemas de capacidad en sus procesos productivos y, aunado a esto, la falta de trazabilidad interna evita la detección eficiente de los productos defectuosos, sin saber su origen, impactando la calidad esperada del producto final. Es importante mencionar que la calidad, o la falta de ella, afecta a toda la organización desde el proveedor hasta el cliente, por lo que el objetivo del administrador es construir un sistema de administración de la calidad total que identifique y satisfaga las necesidades del cliente [1].

La mejora de los procesos industriales debe ser una actividad enfocada hacia la prevención de la mala calidad y los defectos de los productos, ya que cuando un producto defectuoso o de mala calidad es evaluado por los clientes representa riesgos para la empresa en varios aspectos como: pedida de clientes, penalizaciones por productos defectuosos, mala imagen y perdida de mercado contra los competidores, afectándola financieramente. Por lo tanto, mejorar los sistemas productivos para garantizar la calidad y agilidad del proceso debe considerarse como una inversión más que como un gasto. Por lo anterior, el trabajo realizado representa una inversión para mejorar el sistema productivo de una empacadora de cítricos de Martínez de la Torre, Veracruz, basada en la mejora del proceso de trazabilidad actual y la mejora del proceso productivo para mejorar su capacidad.

De acuerdo con el diagnóstico realizado en la empacadora bajo estudio, se detectaron diversas áreas de oportunidad y se decidió mejorar el sistema de control de registro de salidas del producto terminado de la línea de producción de 10 lbs, ya que tiene impacto colateral con el tiempo del proceso de empacado de Lima Persa que realizan los trabajadores.

El proyecto consiste en la implementación de un sistema de control para el registro de cajas empacadas mediante el uso de códigos de barras, los cuales contendrán información relevante para la trazabilidad interna del producto, por ejemplo, la estación donde fue empacada y el operador que la realizó. Además de la carga de Lima Persa corrida para identificar de que proveedor proviene. De acuerdo con García [2], la trazabilidad interna o en procesos, hace referencia a la trazabilidad que se lleva a cabo dentro de la propia empresa, con el fin de tener un mayor control y seguimiento de los productos. Por otro lado, toda empresa debe controlar la trazabilidad ya que esta actividad hace referencia al conjunto de procedimientos establecidos y autosuficientes que permiten averiguar y conocer el registro o histórico, la ubicación y el seguimiento del producto o lote de referencia a lo largo de la cadena de suministro en un momento en concreto. Es necesario recordar que el sistema de control de gestión es el proceso que selecciona y adapta las diferentes herramientas o componentes de control de gestión a las necesidades globales de planificación y control de una empresa [3].

El objetivo del trabajo es mejorar el proceso de registro de las cajas empacadas de lima persa por trabajador en la línea de 10 lbs, ya que el proceso actual es lento, confuso y hace que los tiempos de producción se alarguen. Además, el sistema propuesto ayudará a mejorar la trazabilidad interna del producto y agilizar el conteo de las cajas producidas por cada trabajador, las cuales son pagadas de acuerdo con lo que cada trabajador empaca.

Actualmente el proyecto ha sido implantado y se han obtenido resultados favorables en cuanto a la agilidad para el pago a los trabajadores, mejora del tiempo de empaque, identificación del producto y la fuente de sus defectos en caso de no cumplir el peso o el calibre del producto de la línea de 10 lbs. Sin embargo, la mejora continua, debe ser un objetivo permanente de la organización, que permitirá un mejor funcionamiento y mayor flexibilidad para reaccionar ante las oportunidades del entorno [4].

 ISSN 2007-8102

Metodología y métodos

Diagnóstico del proceso actual

Análisis del proceso de conteo y registro de empaque

De acuerdo con el diagnóstico realizado, el proceso actual de control de cajas empacadas se realiza mediante fichas de casino. El proceso inicia en el área de armado de cartón, ya que ahí colocan la ficha a cada caja armada. Posteriormente, cuando la caja llega a la línea de producción, cada trabajador retira la ficha y las acumula para que al final reporte las fichas reunidas y se contabilicen las cajas empacadas por otros trabajadores para su pago (Figura 1).



Figura 1. Proceso de empaque, conteo y registro del producto (elaboración propia).

Una vez analizado el funcionamiento del proceso, se realizó un análisis mediante diagramas causa-efecto para identificar las causas que originan los problemas en el sistema actual, encontrando que el sistema no es confiable debido a que puede ser manipulado por los colaboradores, ya que se ha detectado que existe diferencia entre las cajas que entran a la línea de producción y las cajas empacadas que entran al área fría para su almacenamiento. Esto debido a que los trabajadores quitan la ficha y no empacan el producto. En otras palabras, el sistema actual no es eficiente.

Deficiencia del sistema de trazabilidad interna.

La trazabilidad interna para la empresa consiste en el rastreo del producto a lo largo de la cadena productiva. De acuerdo al análisis realizado en el área de empaque de 10 lbs, se detectó que hay deficiencia en el control de trazabilidad interna debido a que actualmente dentro del proceso utilizan un papel con el número de empleado para identificar la procedencia de empaque, este papel es colocado en la caja cuando se empaca y posteriormente un supervisor la analiza. En caso de encontrar un defecto, la caja se regresa al trabajador de acuerdo con el número de control que se entrega, el cual corresponde a la estación de trabajo. Además de regresar la caja, se anota detrás del número de control la descripción del defecto para que al final se cuente y anote en una hoja de registro (Figura 2).



Figura 2. Sistema actual de trazabilidad interna del producto (elaboración propia).

 ISSN 2007-8102

La deficiencia de trazabilidad interna en el empaque genera los siguientes problemas:

- Cuando no se coloca el número de control por olvido, otro trabajador lo hace para beneficiarse.
- Se generan conflictos entre colaboradoras de empaque y auxiliares de calidad.
- Causa diferencia en la cantidad de cajas que entran a cámara fría y las armadas para empaque.
- Reportes de personal de manera injustificada, ya que el sistema es fácil de manipular.
- Quejas de cambio de número de control por auxiliares de calidad.
- Gasto económico diario, ya que imprimen varios números al personal de empaque de la línea (60 mujeres).

De acuerdo con el análisis previo del proceso de conteo y el sistema actual de trazabilidad, se pudo detectar que también puede mejorarse la capacidad de producción en la línea de 10 libras, ya que al eliminarse los problemas del proceso de conteo y mejorar el proceso de trazabilidad se pueden reducir los tiempos de empaque. Por esta razón, se realizó el siguiente análisis de tiempos.

Análisis de tiempo en el proceso de empaque de 10 lb.

Otra área de oportunidad es el tiempo en el proceso de empaque debido a que se hacen diferentes actividades para llevar a cabo el control de cajas empacadas como: colocación de ficha en la caja de empaque, quitar ficha, colocar número de control a la caja, recoger fichas y contar fichas, algunas de estas actividades no otorgan beneficio alguno haciendo el proceso más lento y tardado. El estudio de tiempos se realizó identificando cada actividad del empaque de 10 lb, determinando el tamaño de la muestra mediante la siguiente ecuación [1]:

$$n = \left(\frac{ZS}{H\bar{X}}\right)^2 \quad \text{..... Ec. 1}$$

El muestreo se realizó durante un mes, la dinámica del muestreo consistió en medir el tiempo que tarda una persona en cada actividad considerando 10 ciclos. En la tabla 1 se muestra el estudio de tiempos realizado para conocer el tiempo que existe en cada una de las actividades y el tiempo total de empaque promedio (Tabla 1).

Tabla 1. Tiempo promedio de actividades en el proceso de empaque actual por trabajador (Elaboración propia).

Muestreo	Tiempo colocar ficha	Tiempo quitar ficha	Tiempo empaque	Tiempo colocar # control	Tiempo total de ficha	Tiempo total de empaque
1	00:00:06	00:00:07	00:01:47	00:00:07	00:00:20	00:02:07
2	00:00:04	00:00:09	00:01:52	00:00:05	00:00:18	00:02:10
3	00:00:05	00:00:06	00:02:13	00:00:07	00:00:17	00:02:30
4	00:00:06	00:00:05	00:02:27	00:00:09	00:00:21	00:02:48
5	00:00:07	00:00:09	00:01:49	00:00:07	00:00:23	00:02:12
6	00:00:06	00:00:07	00:01:50	00:00:05	00:00:18	00:02:08
7	00:00:06	00:00:06	00:01:44	00:00:06	00:00:18	00:02:02
8	00:00:07	00:00:05	00:01:56	00:00:07	00:00:19	00:02:15
9	00:00:05	00:00:05	00:01:57	00:00:07	00:00:17	00:02:14
10	00:00:05	00:00:06	00:01:38	00:00:05	00:00:17	00:01:55
Tiempo Promedio	00:00:06	00:00:07	00:01:55	00:00:06	00:00:19	**00:02:14**

El tiempo promedio para el empaque de una caja de 10 lbs es de 2.14 minutos, considerando las actividades que se realizan actualmente.

Si se cambia el sistema de control de fichas, actividad que lo operarios realizan para identificación de su trabajo, la empresa podría disminuir 19 segundos y tener un tiempo promedio de empaque de 1.55 minutos por caja empacada de 10 lbs. Considerando que cada trabajador empaca aproximadamente 200 cajas al día, la empresa podría reducir 3800 segundos por trabajador. Si la línea tiene 60 trabajadores, entonces la empresa podría aprovechar aproximadamente 63.3 horas de producción, mejorando su capacidad.

 ISSN 2007-8102

Además del tiempo requerido para el proceso de empaque de los trabajadores, también se analizó el tiempo que otro trabajador requiere para recoger las fichas y contabilizarlas para el pago de los empacadores (Tabla 2). Es importante mencionar que se realizaron las mediciones de 10 trabajadores como resultado de la muestra obtenida, usando la ecuación 1.

Tabla 2. Tiempo promedio para la recolección de fichas por trabajador (Elaboración propia).

Muestreo	Tiempo por trabajador
	Segundos
1	00:00:34
2	00:00:30
3	00:00:29
4	00:00:28
5	00:00:32
6	00:00:31
7	00:00:29
8	00:00:30
9	00:00:29
10	00:00:28
Tiempo promedio	30 segundos

De acuerdo con el estudio, para la recolección de las fichas se requiere de 30 segundos en promedio por trabajador, es decir, 30 minutos para recolectar las fichas de los 60 trabajadores de la línea de producción. Por lo tanto, si la actividad se realiza 6 veces al día, se obtiene que la empresa podría ahorrar 3 horas por cada día laborado, reasignando actividades al trabajador encargado de la recolección de fichas.

Implantación del sistema propuesto

Sistema propuesto para el conteo y registro del producto

Se propuso la implantación de un sistema de elaboración propia a través de plantillas y accesos a diferentes aplicaciones para mejorar el proceso de control interno en la empacadora, dicho sistema registra datos de manera rápida y automática, ya que permite la lectura de información contenida en una etiqueta impresa a través de un código de barras. Este sistema tiene como propósito optimizar el tiempo y recurso humano en el proceso de conteo y registro de cajas, llevando un control de la producción de la línea de 10 lbs y considerando la información pertinente de las diferentes marcas que la empresa produce.

El sistema propuesto contiene una plantilla con los enlaces en el menú principal y dependiendo de la marca, tipo de pedido y línea de empaque, ayuda a tener un control más fácil, confiable y accesible de la línea de producción. Además, el sistema sirve de apoyo al área de nómina generando un reporte diario para conocer la cantidad producida por cada trabajador de la línea y el pago correspondiente (Figura 3).

Para la implantación del sistema se realizaron las siguientes actividades en la empresa:

- Se generó un instructivo para el uso del sistema propuesto.
- Se realizó un instructivo para la generación de etiquetas y códigos.
- Se realizó un instructivo para el uso del sistema para visualizar y generar el reporte de defectos de calidad.
- Se capacitó al personal encargado del control del proceso para el uso del sistema.

 ISSN 2007-8102

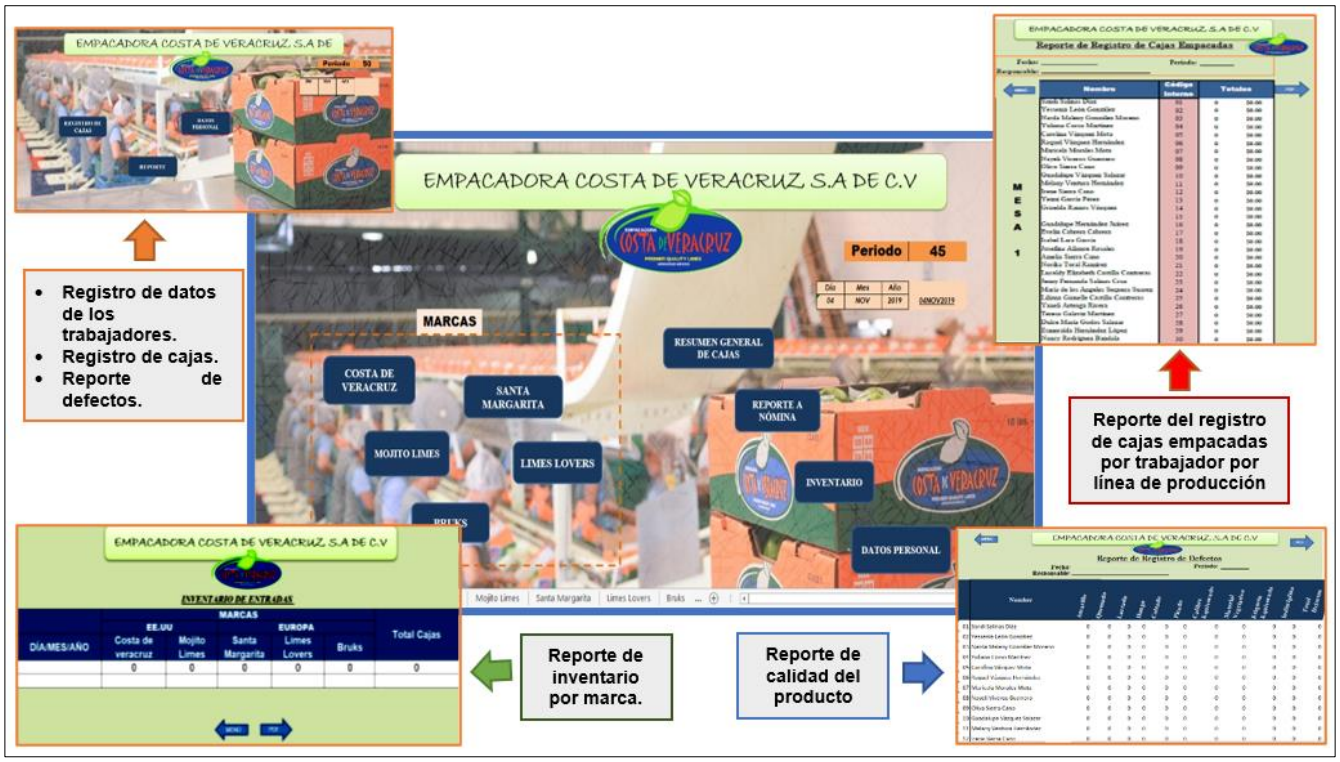


Figura 3. Sistema propuesto para el conteo y registro del producto (elaboración propia).

Mejora de la trazabilidad interna

Para mejorar parte del proceso de trazabilidad interna del producto, se diseñaron códigos de barras para cada estación de empaque, dicho código de barras está impreso en una etiqueta y contiene toda la información necesaria para que durante el escaneo para el control de calidad se registre automáticamente en el sistema. Cada trabajador recibe las etiquetas con la información correspondiente a su estación de empaque. Cada código generado contiene una nomenclatura especifica que corresponde al número de semana del año para identificar la corrida de cítricos, el numero de control interno que corresponde a la estación de empaque (previamente registrada en el sistema con los datos del trabajador) y el folio correspondiente a la identificación de la caja a empacar (Figura 4).

En caso de que se detecte una caja con defectos de calidad, esta se retorna a la estación de trabajo correspondiente para corregir el problema, al mismo tiempo se genera un registro en el sistema para la evaluación del trabajador y su estación de trabajo, manteniendo un *record* en el sistema.

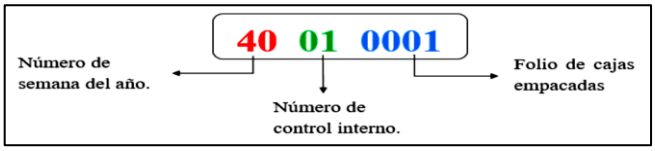


Figura 4. Proceso de empaque, conteo y registro del producto (elaboración propia).

Resultados

Análisis de los costos del sistema actual vs el sistema propuesto

De acuerdo con la tabla 3, el costo total por pago de trabajadores durante un año con el sistema actual es de $463,762.08 pesos considerando el pago de 10 trabajadores para llevar a cabo el proceso de control y registro de las cajas empacadas en la línea de 10 lbs. De acuerdo con la tabla 4, para realizar el proceso con el sistema propuesto se requieren 5 trabajadores y un sueldo total al año de $370,224.00. El ahorro para la empresa al año es del 20.1% aproximadamente, solo en sueldos por manejo del nuevo sistema.

 ISSN 2007-8102

Tabla 3. Costo total por sueldos de trabajadores con el sistema actual (Elaboración propia)

No. de trabajadores	Actividad por trabajador	Sueldo por hora	Sueldo diario por trabajador	Sueldo semanal por trabajador	Sueldo total por mes	Sueldo total al año
2	Colocar fichas y suministrar cajas	$29.50	$236.00	$1,416.00	$5,664.00	$67,968.00
	Colocar fichas y suministrar cajas	$29.50	$236.00	$1,416.00	$5,664.00	$67,968.00
2	Recoger fichas	$29.50	$88.50	$531.00	$2,124.00	$25,488.00
	Recoger fichas	$29.50	$88.50	$531.00	$2,124.00	25488
2	Contar y anotar fichas al final de proceso	$29.50	$12.10	$72.57	$290.28	$3,483.36
	Contar y anotar fichas al final de proceso	$29.50	$12.10	$72.57	$290.28	3483.36
1	Recoger números de control no utilizados	$29.50	$12.10	$72.57	$290.28	$3,483.36
3	Auxiliar de trazabilidad			$1,850.00	$7,400.00	$88,800.00
	Auxiliar de trazabilidad			$1,850.00	$7,400.00	$88,800.00
	Auxiliar de trazabilidad			$1,850.00	$7,400.00	$88,800.00
Costo Total				**$9,661.71**	**$38,646.84**	**$463,762.08**

Tabla 4. Costo total por sueldos de trabajadores con el sistema propuesto (Elaboración propia)

No. de trabajadores	Actividad por trabajador	Sueldo por hora	Sueldo diario por trabajador	Sueldo semanal por trabajador	Sueldo total por mes	Sueldo total al año
2	Colocar fichas y suministrar cajas	$29.50	$236.00	$1,416.00	$5,664.00	$67,968.00
	Colocar fichas y suministrar cajas	$29.50	$236.00	$1,416.00	$5,664.00	$67,968.00
1	Manejo del sistema			$2,500.00	$10,000.00	$120,000.00
1	Auxiliar de trazabilidad			$1,850.00	$7,400.00	$88,800.00
1	Auxiliar de manejo de sistema	$29.50	$88.50	$531.00	$2,124.00	$25,488.00
Costo Total				**$7,713.00**	**$30,852.00**	**$370,224.00**

Es importante mencionar que la mejora no solo se ve reflejada en los ahorros de sueldos, sino que también se obtiene un proceso más rápido y confiable para el control de las unidades que salen de la línea de producción de 10 lbs. Además, con el sistema propuesto se reduce el tiempo de operación de la línea, obteniendo un ahorro de 63.3 horas-hombre diarias aproximadamente por concepto de actividades de registro y 3 horas-hombre por concepto de recolección de fichas para la contabilidad de cajas empacadas por trabajador.

Como se mencionó al inicio del proyecto, al no contar con un sistema confiable de trazabilidad del producto, los colaboradores podrían manipular los números de producción y como el pago de cada uno de ellos depende de la cantidad de producción obtenida, seguramente existirían perdidas por manipulación de la información.

Por último, es necesario aclarar que la inversión de la mejora al proceso fue de $57,339.00, incluyendo el costo del equipo para el nuevo sistema de trazabilidad, los costos de capacitación al personal que lo utiliza y los costos de consumibles. Comparado con las ventajas para controlar los pagos de los empleados de la línea y la oportunidad de detección rápida de la fuente de los defectos, representa un buen logró. Además, la inversión podrá recuperarse aproximadamente en 6 meses o menos, considerando otros factores como: costos de retrabajo, manipulación de datos, costos por defectos, entre otros.

Trabajo a futuro

Actualmente la empresa ha adquirido el equipo de impresión y escaneo de etiquetas, para que el sistema propuesto funcione, incorporándolo al final de la línea de 10 lbs. El sistema ha sido implementado y se han obtenido buenos resultados. Es importante mencionar que el sistema fue implantado como una prueba piloto y es recomendable que se realicen algunos ajustes a la plantilla y sus menús para mejorarlo continuamente. También se recomienda que el sistema se aplique al resto de las líneas de 10 y 40 libras.

Con el sistema y su expansión dentro de la empresa se pueden generar beneficios como reducción de actividades innecesarias, mejora del tiempo de producción, mejor administración del recurso humano y mejorar de la calidad de los productos. Además, mejorar los subprocesos de otras áreas en actividades de pago de nómina y control de los almacenes.

Conclusiones

Para toda empresa es importante la optimización de sus procesos productivos, generando niveles de productividad y competitividad cada vez más altos que garantizan su permanencia en el mercado brindando un desarrollo económico para la región donde se localizan. Por esta razón, mejorar los procesos productivos de las empacadoras de cítricos de Martínez de la Torre es importante, ya que es una de las principales actividades económicas y fuentes de empleos de la región desde hace varias décadas.

El proyecto desarrollado e implantado en la empacadora bajo estudio representó una solución a un tipo de problema que varias empacadoras de la región mantienen, perdiendo agilidad en sus procesos productivos, no aprovechando al máximo sus recursos y generando costos en actividades que pueden ser mejoradas o en muchos de los casos, cambiadas por un mejor método.

Con la implantación de la propuesta, la empresa obtuvo los siguientes beneficios:

- Se redujeron los tiempos de empaque en aproximadamente 63.3 horas-hombre en la línea de producción de 10lbs. Si la línea tiene 60 trabajadores, entonces cada trabajador tiene disponible 63.3 minutos para incrementar la producción. Es decir, puede empacar 31 cajas extras aproximadamente con el nuevo sistema en un día (1,860 cajas de 10 lbs en toda la línea de producción).
- Se ahorra 3 horas aproximadamente del tiempo de recolección de las fichas de casino para la contabilidad de las cajas empacadas por trabajador, ya que con el nuevo sistema no es necesaria la actividad y la empresa puede asignar al trabajador a una actividad de valor en la línea de producción.
- La empresa se podrá ahorrar $93,538.08 pesos aproximadamente en un año. Es decir, 20.1% aproximadamente en pago de nómina en el área de producción de 10 lbs.
- Se mejora la trazabilidad interna del producto que la empresa entrega a sus clientes.
- Se mejora el ambiente laboral entre trabajadores, ya que el nuevo sistema evita la fácil manipulación de los datos.

Actualmente la empresa lleva un 94% de implementación del sistema en las líneas de 10 lbs. y esta en proceso de implementarlo en una segunda planta.

Referencias

[1] B. Render y J. Heizer, Principios de Administración de Operaciones, Novena ed., México: PEARSON EDUCACIÓN, 2014, p. 744.

[2] S. M. García, MF1326_1:Preparación de pedidos, España: Elearning S.L., 2014.

[3] L. Muñiz, Cómo implantar y evaluar un sistema de Control de Gestión, España: PROFIT, 2013.

[4] G. P. Aleman, De la filosofía de la calidad al sistema de mejora continua, Distrito Federal: Panorama Editorial, 2002.

[5] J. Heizer y R. Barry, Principios de la administracion de operaciones, Septima ed., 2009, p. 752.

[6] S. I. Leonardo, «Propuesta de un sistema de trazabilidad de productos para la cadena de suministro agroalimentaria,» 2016/2017.

[7] A. Correa y Á. C. Esteban, «Sistemas de Identificación por Radiofrecuencia,Código de Barras y su Relación con la Gestion de la Cadena de Suministro,» 2011.

[8] B. Chase y F. Jacobs, Administracion de operaciones:Produccion y cadena de suministros, 13a.ed.

[9] D. A. Rosales, «Inventario con lector de Códigos de Barras,» 2010.

[10] J. F. Vilar, Cómo mejorar los procesos en su empresa, Madrid: FC Editorial, 1999.

Implementación de Six Sigma (DMAIC) para reducir piezas defectuosas en una empresa de calzado

G. Antonio Benito[1], J. J. Hurtado Moreno[2], B. Ávila Martínez[1], C. M. Medina Lerma[1], R. I. Martínez García[1]*
[1]Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico Superior de Tamazunchale, División de Ingeniería Industrial, Km. 6.5. Carretera Tamazunchale – San Martín, C.P. 79960, San Luis Potosí, México
[2] Instituto Politécnico Nacional, Unidad Profesional Interdisciplinaria de Ingeniería y Ciencias Sociales y Administrativas (UPIICSA), C.P. 08400, CDMX, México
**gaussjordan15@gmail.com*

***Área de participación**: Ingeniería Industrial*

Resumen
La calidad abarca una mejora continua en el proceso o producto dando un giro fundamental a la satisfacción del cliente, dado al énfasis productivo se mantiene como prioridad el trabajo en equipo, la mejora continua y la calidad a fin de dar solución a las dificultades presentadas en el sector industrial y empresarial. Esta investigación se desarrolló en una empresa dedicada a la manufactura de calzados industriales cuya misión es el mejoramiento continuo de sus procesos cumpliendo con la calidad Seis Sigma para establecerse como una empresa de clase mundial, por lo que se implementa la metodología Six Sigma (DMAIC) en el Departamento de Pespunte el cual se encarga de la unión y armado de las piezas que conforman el calzado. La existencia de errores humanos en la costura para la unión de las piezas conlleva a la devolución por lo que es necesario encontrar la causa – raíz que intervienen en la calidad del proceso y establecer acciones de mejora.

***Palabras clave**: Six Sigma, DMAIC, Calzado Industrial, Departamento de Pespunte.*

Abstract
Quality encompasses continuous improvement in the process or product, giving a fundamental turn to customer satisfaction. Given the productive emphasis, teamwork, continuous improvement and quality are maintained as a priority in order to solve the difficulties presented in the industrial and business sector. This research was developed in a company dedicated to the manufacture of industrial footwear whose mission is the continuous improvement of its processes, complying with the Six Sigma quality to establish itself as a world class company, because of this, Six Sigma methodology (DMAIC) is implemented in the stitching department which is in charge of joining and assembling the pieces that make up the footwear. The existence of human errors in the sewing for the union of the pieces leads to the refund so it is necessary to find the origin of the cause that intervenes in the quality of the process and establish improvement actions.

***Key words**: Six Sigma, DMAIC, Industrial Footwear, Stitching Department.*

Introducción
Se establece que la problemática de las empresas manufactureras en su mayoría es el manejo de personal y que, por tanto, no es posible identificar patrones de comportamiento de los modelos de producción [1], en la presente investigación se parte del supuesto de que, si es posible acercarse a un patrón de comportamiento en las empresas manufactureras de calzado, bajo ciertos criterios para decidir que se está frente a un modelo de producción, cada vez más eficientes para ofrecer mayor productividad y calidad [2].
Un producto de calidad es aquel que atiende las necesidades del cliente [3] por lo que la evolución de la calidad en el tiempo permite establecer excelencia, valor, conformidad con las especificaciones,

e igualar o exceder las expectativas de los clientes [4]. Esto nos lleva a manejar términos como Lean Six Sigma que se ha puesto de moda en las empresas manufactureras de calzado [5]; el Seis Sigma como herramienta aplicada a los procesos de producción, permite identificar la variable, los defectos, eliminarlos y mejorar cada uno de los procesos haciéndolos más eficientes y eficaces [6].
Se sabe que la manufactura del cuero y del calzado en México, representan ramas industriales en las que ha venido predominando el capital nacional (4% anual), sin embargo, investigaciones recientes mencionan que la producción de calzado ha perdido presencia en el mercado nacional e internacional por factores externos e internos como mala calidad en los productos [7].
La empresa en estudio está ubicada en la ciudad de Pachuca de Soto Hidalgo, México, es una organización mexicana que se dedica a la manufactura de calzados industriales, cuenta con dos plantas procesadoras de calzados y en ellos los departamentos de almacén de materia prima, corte, pespunte, strobel y embarque. La empresa inicia sus operaciones mediante una programación detallada en donde el centro de almacenamiento otorga los insumos; después en el departamento de corte las piezas son cortadas basados en modelos y estilos de calzado a procesar, los cortes frecuentemente son corte de piel (chinelas, componentes de tubo, contrahortes), corte de esponjas, corte de suajes, forros y horotermos; en seguida los cortes son enviados al Departamento de Pespunte comenzando primeramente en el área de construcción automatizada (costura orisol), aquí las costuras entre el cuello, las estrellas y los tubos llevan un proceso automatizado bajo las restricciones de las tarjetas de fabricación donde se especifica el tipo de modelo, la talla, color de hilos, estilo y el tipo de piel. Las tarjetas de fabricación definen la cantidad de pares de tubos por producir y las órdenes de fabricación contemplan que se produzca una cierta cantidad de pares en la misma talla o bien se producen diferentes tallas llamadas “parcitos”, luego en el área de Pespunte todas las piezas son unidas con adhesivos y costuras realizando las siguientes actividades: forro de tubo, unión de bullón con cemento, costura de fuelles, ojillado, bocas para chinela, enchinelado, y el pegado; posteriormente en el departamento de strobel se unen los contrahortes, previo a unirlos se calientan los contrahortes utilizando parrillas a una temperatura de 130°, luego pasan a conformado (choque térmico entre 248° y 300°), se corta el sobrante y se aplica suavizante de piel; finalmente un operario inspecciona la calidad de los productos semiterminados, además armando por consumos a base de las tarjetas de fabricación, posteriormente traslada los consumos hasta liberación o embarque.

Metodología

Diagnóstico del Departamento de Pespunte

Actualmente la empresa produce 5,000 pares de calzado en una jordana laboral de 8 horas con un total de 400 empleados; Departamento de Pespunte se divide por cuatro líneas de producción: operación de costura recta, operación de ojillado, operación de perforado y operación enchinelar. El departamento cuenta con un equipo de la calidad así también con un laboratorio donde se realizan las pruebas para garantizar el cumplimento de la NOM – 113 – STPS – 2009. De acuerdo al área de calidad, es importante conocer la talla de los calzados o las muescas, además se sugiere leer las tarjetas de fabricación para conocer el tipo de piel, el color de hilo, el tipo de etiqueta, el tipo de cuello, el tipo de puntera, el tipo de forro sintético, tipo de agujeta y el tipo de suela, también considera la revisión de los atributos de las costuras, los atributos de la piel, entre otros, tal como se observa en la figura 1 con los defectos más usuales que hacen que no se cumpla con los estándares de calidad.
Para esta investigación se implementó la metodología de Six Sigma DMAIC y las herramientas auxiliares como análisis de Pareto, gráficos de control, análisis de capacidad de proceso y diagrama de causa y efecto [8], se describen a continuación.
A menudo, las empresas tienen que tomar decisiones para aceptar o rechazar algo sin tener la oportunidad de examinarlo de forma exhaustiva [9] por lo que es necesario primeramente determinar los tamaños de muestreo por atributos utilizando la tabla Military Standard 105E (MIL STD 105E) para las líneas 1, 2, 3 y 4, con producción de 1000, 1050, 1050 y 500-1000 pares respectivamente, se tomó en cuenta un tamaño de lote de 501 a 1200 e inspección de Nivel III, el resultado fue de 128 muestras. La estratificación facilita localizar las fuentes de la variabilidad encontrando pistas de las causas de un problema [10], por lo que el resultado se estratificó en un total de 32 muestras en pares (Izquierdo y Derecho) para cada línea.

 ISSN 2007-8102



Figura 1. Defectos más presentados en las costuras de las piezas que pasan por el Departamento de Pespunte.

Los hallazgos que muestran la tabla 1 es la frecuencia de cada tipo de defecto donde a partir de esta información se realiza el diagrama de Pareto (figura 2), identificando que el defecto "puntada brincada en tubo" (ver figura 1, j) y "piel cortada en tubo" son los principales por atender. Mediante el diagrama causa – efecto se identificaron las causas importantes que ocasionan el problema de la puntada brincada en tubo y que de acuerdo con el personal de calidad de la empresa se determinó que las causan son el mal acomodo de la materia prima y el desgaste de las piezas por el uso diario de las maquinarias (tiempo de uso).

Tabla 1. Defectos que se presentan según el muestreo en el Departamento de Pespunte.

N°	Tipo de defecto	N° de defectos	N°	Tipo de defecto	N° de defectos
1	Piel con lacra en tubo	13	11	Cuellos de tubo mal acomodados	0
2	Piel cortada en tubo	41	12	Sin costura en tubo	19
3	Piel con estrías en tubo	9	13	Esponja despegado en fuelle	15
4	Piel delgada en tubo	31	14	Forro dañado en chinela	3
5	Costura no uniforme en tubo	40	15	Fuelle descosido	2
6	Costura caída en tubo	27	16	Forro cortado en tubo	5
7	Puntada brincada en tubo	61	17	Piel con lacra en chinela	0
8	Hilos no recortados en tubo	28	18	Piel cortada en chinela	28
9	Piel con estrías en chinela	14	19	Piel delgada en chinela	5
10	Piel cortada en tira	16	20	Piel con lacra en tira	3

Fase I. Definir

La "carta del proyecto" es la presentación del arranque de un proyecto Seis Sigma [11], por lo que se realizó estableciendo los objetivos, las necesidades, la declaración del problema, los alcances,

 ISSN 2007-8102

las métricas, los roles y responsabilidades en el Departamento de Pespunte, también se elaboró el diagrama SIPOC (Suppliers, Inputs, Process, Outputs and Customers) para identificar los requerimientos de calidad que desea para cada una de las salidas [12], en la tabla 2, se identifican a los proveedores (P) que van desde el almacén de materia prima, el departamento de corte, posterior al Departamento de Pespunte, las entradas (E) hace referencia a la materia utilizado como suministro para procesar, explicando el procedimiento en cada proceso (P) inicialmente en el área de construcción automatizada (costura orisol) posteriormente se da seguimiento al mismo Departamento de Pespunte, las salidas (S) el departamento de strobel y los usuarios (U) el departamento de montado.

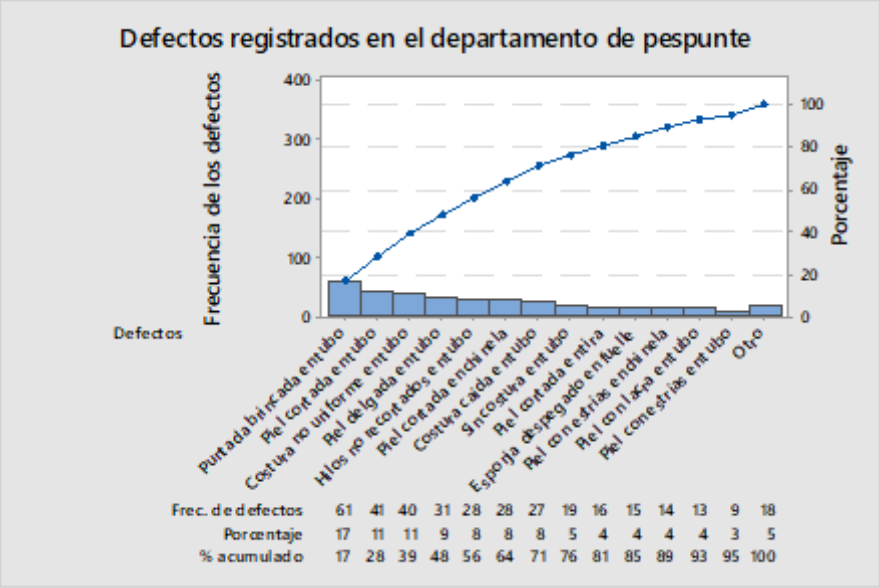


Figura 2. Diagrama de Pareto para defectos que se presentan según el muestreo realizado en el Departamento de Pespunte.

Tabla 2. Diagrama SIPOC del Departamento de Pespunte.

Proveedores (P)	Entradas (E)	Proceso del Departamento de Pespunte Costura Orisol (P)	Salidas (S)	Usuarios (U)
• Almacén de Materia Prima • Departamento de Corte • Departamento de Pespunte	• Piel • Esponjas • Suajes • Adhesivo liquido • Hilos • Tijeras • Etiquetas • Tubos • Estrellas • Cuellos • Fuelles • Chinelas • Bullón • Forros	1. Programación diaria de consumos. 2. Asignación de modelos para las 8 Máquinas. 3. Calibración de Maquinas (Opcional). 4. Programación computarizada por modelos. 5. Suministro de materia prima. 6. Armado de consumos. 7. Suajado de forro. 8. Pegado y costura de etiqueta. 9. Preparado de fuelles. 10. Revolteo de fuelle con espumin 11. Cerrado de fuelle. 12. Verificación de tubo, de chinela y estrellas. 13. Encuartar forro (Costura recta [CR]) 14. Encementado y abullonado. 15. Costura de fuelle – bullón (CR 3 agujas). 16. Bocas para chinela – Máquina 2 Agujas. 17. Pegado de forros. 18. Enchinelado (3 Agujas) 19. Perforado y Ojillado.	Departamento de Strobel.	Embarque

Fase II. Medir

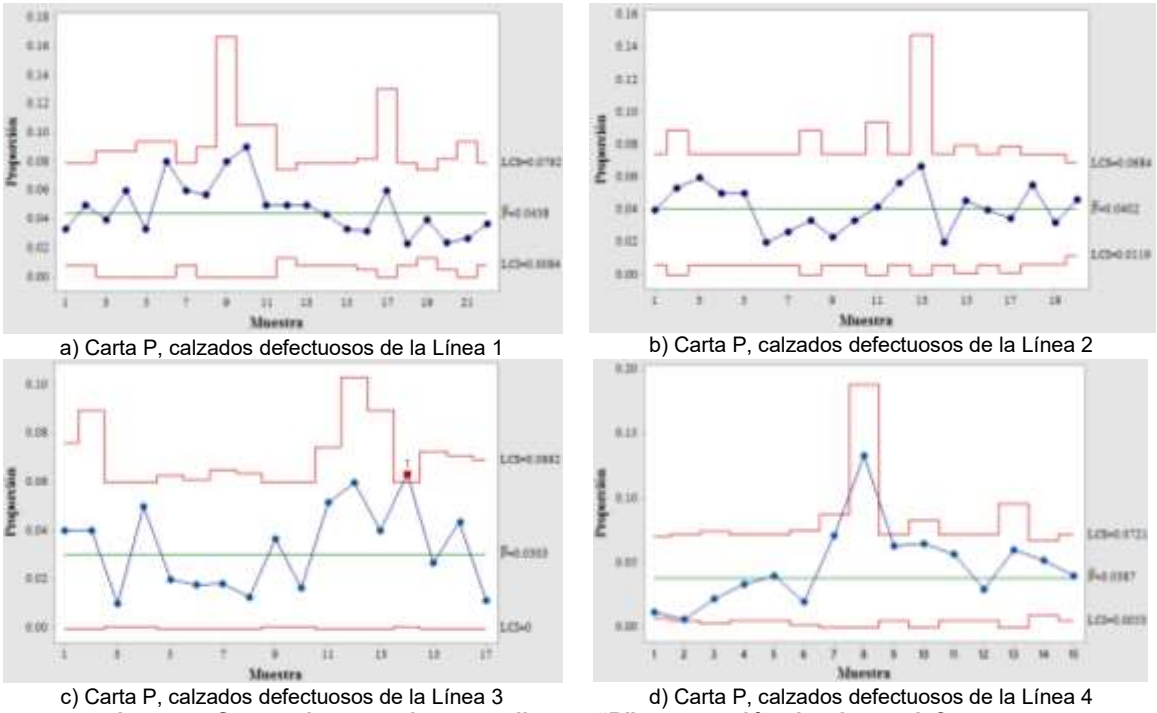
Se desarrolló el análisis de modo y efecto de fallas (AMEF) basado en el proceso de construcción automatizada (costura orisol) permitiendo identificar las fallas y causas potenciales en el proceso de producción de las piezas. De acuerdo al número de prioridad del riesgo (NPR), se obtiene un resultado de 350 siendo este el más alto valor dado como propuesta que la función del proceso es

 ISSN 2007-8102

la maquinaria; los modos de falla potencial son el desgaste de piezas, sobrecalentamiento y cambios de herramientas; los efectos de la falla potencial son paro de máquina, puntas brincadas, costura no uniforme y costura caída; las causas de la falla potencial son tiempo tardío de reparación, prolongado tiempo de uso de la maquinaria, programación inadecuada, mala calibración y tensión de los hilos; los controles actuales del proceso para detección son mantenimiento preventivo, limpieza general, lubricación de componentes, engrasado y compusturas; las acciones recomendadas son uso del SMED, mantenimiento productivo total, personal a capacitar y verificación diaria a la maquinaria.

Fase III. Analizar

Un producto es juzgado como defectuoso o no defectuoso, dependiendo de si posee ciertos atributos y en caso de no poseerla no se le permite pasar a la siguiente etapa del proceso y se le separa denominándolo artículo defectuoso o no conforme [13]. Se analizaron las causas más profundas de las anomalías que se presentan en el calzado, para ello se utilizaron las cartas de control p (proporción de artículos defectuosos) en las cuatro líneas que conforman el Departamento de Pespunte, de acuerdo al registro realizado se encontró que en la línea 1, 219 pares resultaron defectuosos de un total de 5000 pares inspeccionados en grupos de 22 (tamaño de lote); en la línea 2, 211 pares resultaron defectuosos de un total de 5251 pares inspeccionados en grupos de 20; en la línea 3, 104 pares resultaron defectuosos de un total de 3428 pares inspeccionados en grupos de 17 y en la línea 4, 146 pares resultaron defectuosos de un total de 3772 pares inspeccionados en grupos de 15. A partir de los gráficos (figura 3) se determinó que en la línea 1 existe un promedio 219 pares defectuosas y un límite de control máximo de 396 pares defectuosas en el proceso actual; en la línea 2, un promedio de 212 pares defectuosas y un límite de control máximo de 360 pares defectuosas; en la línea 3, un promedio de 104 pares defectuosas y un límite de control máximo de 360 pares defectuosas y en la línea 4, un promedio de 146 pares defectuosas y un límite de control máximo de 272 pares defectuosas.



a) Carta P, calzados defectuosos de la Línea 1

b) Carta P, calzados defectuosos de la Línea 2

c) Carta P, calzados defectuosos de la Línea 3

d) Carta P, calzados defectuosos de la Línea 4

Figura 3. Cartas de control para atributos "P", proporción de piezas defectuosas (tubos) de las líneas 1, 2, 3 y 4 del Departamento de Pespunte.

En la investigación se identificó que las líneas 1 y 4 no cuentan con bandas transportadoras por lo que la meta de producción es de 1000 pares de zapatos, mientras que las líneas 2 y 3 si tienen las bandas transportadoras haciendo que su producción sea de 1050 pares de zapatos en 8 horas (una jornada laboral). Los porcentajes de no aceptación del producto tomando como base la meta de

producción de cada línea es: las líneas 1 y 4 tienen 4.4% y 3.9% respectivamente de defectos en una jordana laboral y las líneas 2 y 3, 4% y 2.95% respectivamente, lo que indica que el tener o no tener bandas transportadoras no hace ninguna diferencia en los defectos hallados, adicional a esta información se sabe que lo permitido en promedio entre las 4 líneas debe ser 30 piezas defectuosas como máximo equivalente a 0.69% aproximadamente de defectos de un promedio de 4362 pares semiterminadas.

Fase IV. Mejorar

En esta etapa se proponen e implementan soluciones que atienden la(s) causa(s) raíz de la problemática; es decir, se busca asegurar que se corrija o reduzca el problema. Las estrategias que se aplicaron son las siguientes:

- Diseño e implementación de una Hojas de Verificación para las líneas de producción y para el uso de carretes en maquinarias orisol, identificando así el momento que deberán cambiar.
- Realizar costura manual, es decir, coser las puntadas brincadas a mano y/o poner una persona que repare las puntadas brincadas entre otros defectos relacionados con las hebras.
- Mantener orden y limpieza en las mesas de trabajo (5's).
- Capacitación a un equipo para el cambio de herramentales de una forma rápida (SMED).
- Usar aditivos para no desechar la piel, esto por el uso de las navajas, las tijeras u otro tipo de herramienta que afectan la piel cortando o rayando las (Poka – Yoke).
- Sacar moldes de cada estilo de tubo para no desperdiciar el material, esto al reparar los tubos con piel delgada uniéndolo con adhesivo y fibras sintéticas (Poka – Yoke).

Fase V. Controlar

Se elaboró un formato especificando cuantos pares se pueden controlar por carrete; el uso adecuado de los carretes es importante dado que aquí se presentan defectos durante el procesamiento de tubos, esto porque la piel queda picada al término del hilo del carrete, las costuras están caídas o simplemente porque no tienen costura. Derivado de las funciones que tiene el operario, este no alcanza a mantener un control visual cuando el hilo del carrete se termina, por lo que se controló durante semanas esta situación dando apoyo visual a los trabajadores detectando cuando sustituir el hilo del carrete.

Resultados y discusión

De acuerdo a los resultados se identifica que las causas son la mala colocación de los hilos, la piel, el desgaste de las agujas y la pieza llamada "gancho" o "cangrejo" en maquinarias orisol, el defecto hallado implicaba reprocesamiento causando que la piel quedara picada o que las costuras no fueran uniformes, luego en el área de embarque los inspectores de calidad regresaban el calzado semiterminado a retrabajo generando desperdicios de piel y de hilo, elevados costos por energía eléctrica y el desgaste de la maquinaria. Para la disminución de los desperfectos se actuó con acciones (costura manual) que contribuyan a la calidad de las piezas dando solución a la "puntada brincada en tubo" (figura 1, j), los resultados fueron mejor evaluados por el área de calidad, no hay defecto de la punta brincada (figura 4). Cosiendo a mano las puntadas de las piezas da un resultado visual favorable conforme a la estética puesto que no se percibe que haya secuelas de la compostura, al aplicar las mejoras se registra la información recaba en la tabla 3 en él que se muestra un comparativo con respecto a la frecuencia histórica de los defectos, gradualmente los resultados mejoraron como se visualiza en la figura 5.

Se eligió la gráfica P' de Laney (figura 6) para ajustar los límites de control dado que las variaciones de los datos no coinciden con la variación esperada; de acuerdo a los resultados de una comparación de capacidad binomial se obtiene lo siguiente:

- En la gráfica P' de Laney como se observa en la figura 6, la proporción de los 12 defectos disminuyen principalmente el defecto "puntas brincadas".
- El % de defectuosos disminuye teniendo como un nuevo eje y hasta con máximo de 4, indicando así una diminución de defectos principalmente en el defecto en estudio.
- El % de elementos defectuosos se redujo en 20% de 1.17% a 0.95%, lo que indica que se está cumpliendo con la expectativa de disminuir los defectos hasta llegar a 30 pares.
- En la caracterización del proceso, el número de defectuosos pasó de ser 615 a 495.

 ISSN 2007-8102

- La capacidad del proceso muestra que hubo un -0.23; el intervalo de confianza con 95% cambio de ser (1.08, 1.27) a (0.86, 1.03); las PPM (DPMO) fue de 11749 a 9457, disminuyéndose a 2292 pares.

Tabla 3. Comparativo de los defectos presentados en piezas "tubos", antes y después de la aplicación de las propuestas de mejora en el Departamento de Pespunte.

N°	Tipo de defectos	Frecuencia de los defectos encontrados "Antes"	Frecuencia de los defectos encontrados "Después"
1	Puntadas brincadas	267	164
2	Piel cortado	68	65
3	Costura caída	65	52
4	Piel delgada	50	64
5	Costura no uniforme	42	25
6	Hilos no recortados	37	48
7	Piel con estrías	24	20
8	Piel con lacra	16	12
9	Sin costura	16	15
10	Sin troquelado	12	13
11	Con exceso de pestaña	10	10
12	Faltante	8	7



Figura 4. Después, compostura a mano de la pieza con puntada brincada.

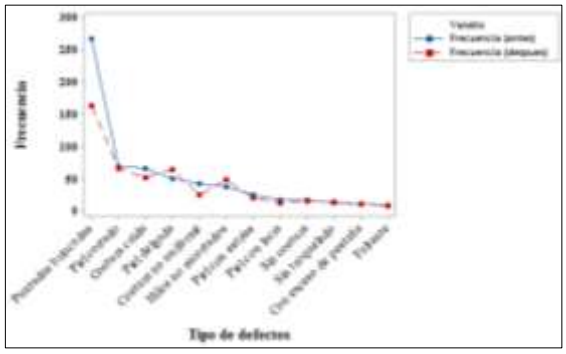


Figura 5. Gráfico comparativo de los defectos presentados en piezas "tubos".

Trabajos a futuro

Seguir con el monitoreo durante 6 meses de las acciones para minimizar los defectos a fin de hacer una evaluación final de los resultados. En el plano general se recomienda poner en marcha la estrategia llamada "el océano azul" para expandir el mercado del calzado o abrir nuevos mercados con líneas de calzado deportivos, botas de dama para invierno o bien calzado casual.

Conclusiones

Las acciones conjuntas para mejoras evolutivas en la organización implicaron la adjudicación de herramientas y pensamientos estadísticos de la calidad basado en operaciones prácticos y propuestas prototípicas como estrategias además de metodologías se alcanzó a obtener un fructuoso resultado para los sucesos ocasionados por el defecto "puntadas brincadas". Consecuentemente para un mejor entendimiento para el área orisol y basado en la recolección de datos se realizó una comparativa del antes y el después de los atributos para las piezas "tubos". Dando un resultado satisfactorio, sin embargo, por coerciones referentes a la demanda de producción y la disposición del área de producción – calidad no se obtuvieron los resultados esperados de 30 piezas defectuosas, pero si una diminución de 615 a 495 defectos equivalente a un 20% de disminución.

Agradecimientos

A la división de Ingeniería Industrial del Instituto Tecnológico Superior de Tamazunchale por apoyarnos en realizar esta investigación, a la empresa de Calzado Industrial por permitirnos acceder a sus instalaciones y a Felipe Jesús Hernández Rubio estudiante del Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey, por sus aportaciones para comprensión de la maquinaria.

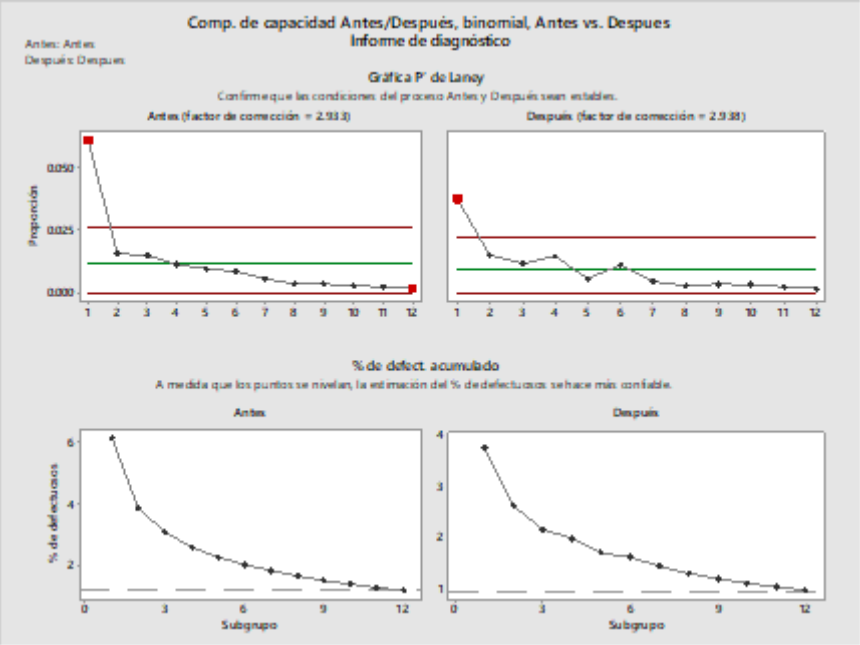


Figura 6. Gráfica P' de Laney, informe de resultados sobre la capacidad del proceso antes/después en el Departamento de Pespunte.

Referencias

[1] S. Wood, Transformation of work, Ed. 1, London: Urwin Hyman, 2009.
[2] G. C. Olivia, C. L. Carlos, "Modelos de Producción en las empresas de calzado: ¿Innovación tecnológica o tecnificación del proceso productivo?," Revista Universidad Juárez del Estado de Durango (UJED), No. 1, 2019.
[3] F. C. Vicente, TQC Control de la Calidad Total Al estilo japonés, Brasil: Fundación Christiano Ottoni Bloch Editores, S.A, 2016.
[4] R. C. Antony, "Defining Quality: Alternatives and implications", Journal Academy of Management Review, No. 1, 2014.
[5] D. G. Emmanuel, "Epistemología de los Modelos de Producción en Los Retos Teóricos de los Estudios del Trabajo Hacia el Siglo XXI," Revista CLACSO, No. 1, 1997.
[6] M. L. Ximena, "El mejoramiento continuo y su incidencia en los procesos de producción en la empresa de calzado Lombardia de la ciudad de Ambato", No. 1, 2018.
[7] E. Roberto, C. Horacio, "El sector de manufacturas en Guanajuato y su participación en el mercado nacional," Problemas del desarrollo, Vol. 165, No. 42, 87-112, 2019.
[8] E. P. Uluskan, "A thorough Six Sigma DMAIC application for household appliance manufacturing systems: Oven door-panel alignment case", The TQM Journal, Vol. ahead-of-print No. ahead-of-print. https://doi.org/10.1108/TQM-06-2019-0171, 2020.
[9] A. S. Pratama, "Pengendalian Mutu dengan Metode Acceptance Sampling pada Boneka Jenis Bocchetta di PT. Sunindo Adipersada," Journal IENACO (Industrial Engineering National Conference), No. 1, Vol. 8, 2020.
[10] G. P. Humberto, Calidad total y productividad, Ed. México: McGraw-Hill. Méxi, 2010.
[11] G. P. Humberto, D. S. Roman, Control estadístico de la calidad y Seis Sigma, Ed. 1, Ed. México: McGraw-Hill, 2013.
[12] C. I. Manuel, H. C. Alberto, M. Chaviano, "Los procedimientos de un sistema de gestión de información: Un estudio de caso de la Universidad de Cienfuegos Biblios," No. 46, pp. 40-50, 2019.
[13] G. P. Humberto, D. S. Roman, Control estadístico de la calidad y Seis Sigma, Ed. 2, Ed. México: McGraw-Hill, 2016.

Reducción del tiempo de paros en producción mediante el cumplimiento de requisitos de la CLAUGTO

A. Montiel Rosales[1], N. Montalvo Romero[1], A. Mejía Vudoyra[1]*
[1]División de Ingeniería Industrial, Tecnológico Nacional de México / ITS de Purísima del Rincón, Blvd. del Valle 2301, Guardarrayas, C.P. 36413, Purísima del Rincón, Gto., México
**aaron.mr@purisima.tecnm.mx*

***Área de participación**: Ingeniería Industrial*

Resumen

El no cumplimiento de las necesidades del cliente y/o no cumplimiento de las especificaciones de diseño genera diversos problemas; *e.g.*, devoluciones, mermas, reprocesos, quejas y validez de garantías. En Guanajuato-México la Acreditación CLAUGTO permite dar validez al cumplimiento de los requisitos de materiales y servicios, suministrados al sector automotriz. El presente trabajo, aborda el diseño, desarrollo e implantación de procedimientos en el Departamento de Calidad y Departamento de Compras, tanto en la inspección de materia prima como en la selección de proveedores. El estudio desarrollado estableció los procedimientos adecuados que permitieron reducir el tiempo de paro de producción en un 34%, a través de un procedimiento de inspección de materia prima y priorización de proveedores. Los procedimientos desarrollados se incorporaron al Sistema Integral de Gestión, lo que apoyará al alcance de la Acreditación CLAUGTO, permitiéndole a la empresa bajo estudio ser proveedora del sector automotriz.

***Palabras clave**: reducción, tiempos, paros, CLAUGTO.*

Abstract

Failure to meet customer needs and/or non-compliance with design specifications creates a variety of problems; e.g., returns, losses, reprocessings, complaints, and validity of guarantees. In Guanajuato-Mexico the CLAUGTO Accreditation allows to give validity to the fulfillment of the requirements of materials and services, supplied to the automotive sector. This work addresses the design, development, and implementation of procedures in the Quality Department and Purchasing Department, both in the inspection of raw materials and in the selection of suppliers. The study developed established appropriate procedures to reduce production downtime by 34%, through a raw material inspection and supplier prioritization procedure. The procedures developed were incorporated into the Integral Management System, which will support the scope of CLAUGTO Accreditation, allowing the company understudy to be a supplier of the automotive sector.

***Keywords**: reduction, times, stoppages, CLAUGTO.*

Introducción

Hoy en día, las empresas trazan estrategias para permanecer fuertes en el mercado; por lo que en varias ocasiones recurren a emplear métodos que proporcionen un control sobre la calidad de sus procesos y productos, para lograr satisfacer las necesidades de sus clientes y establecer una mejora continua. La calidad de los productos y servicios se determina a partir de la capacidad para satisfacer a los clientes [1]. Una de las estrategias a las que recurren las empresas, es contar con una certificación basada en alguna norma que les permita un realce en el prestigio; por lo que, contar con la ejecución de alguna certificación abre la puerta de sectores comerciales de todo tipo, confiando que los artículos ofrecidos son altamente competitivos [2–6]. Dichas certificaciones de calidad se logran evidenciando la implantación de un Sistema de Gestión de Calidad (SGC), que

apoye a mejorar el desempeño global, al mismo tiempo, en que proporciona las bases de un desarrollo organizacional sostenible [7].

En Guanajuato, la “Acreditación CLAUGTO” por parte del Clúster Automotriz de Guanajuato A. C., es el primer paso que las empresas requieren para ser consideradas como proveedores del sector automotriz. Según [8], un Sistema de Gestión se establece a partir del cumplimiento de los requisitos de la norma bajo interés. Una acreditación tiene múltiples beneficios, *e.g.*, permite la aceptación por parte de los clientes y el reconocimiento de parte del sector automotriz [9, 10]. La Acreditación CLAUGTO, evalúa: Sistema de Gestión de Calidad (SGC), Cultura Empresarial (CE), Gestión de Proveedores (GP), *Lean Manufacturing* (LM), Costos (C), Ambiental (Amb), Seguridad y Salud Ocupacional (SSO), Obligaciones Legales (OL) y *Customer Service* (CS); ofreciendo tres tipos de acreditaciones: (a) Directo, sí las partes manufacturadas forman parte del vehículo o son críticas en el proceso de fabricación; (b) Servicio, dirigido a aquellas empresas que se dedican a prestar servicios para el adecuado funcionamiento de las empresas del sector; o (c) Indirecto, destinado a las partes que se manufacturan para el proceso de ensamble o fabricación del auto, pero que no terminan dentro del automóvil [11]. La Acreditación CLAUGTO, es un esfuerzo que sienta las bases para una futura certificación IATF 16949:2016.

El presente estudio se desarrolla en una empresa de El Bajío dedicada a elaborar y envasar grasas, aceites, y lubricante automotriz; y que, como estrategia de crecimiento competitivo ha decidido obtener la “Acreditación CLAUGTO”; para alcanzar dicha acreditación la empresa bajo estudio demanda un Sistema Integral de Gestión (SIG), y es precisamente el alcance de éste trabajo de investigación; el evaluar, diseñar y desarrollar aquellos procedimientos que permitan a la empresa bajo estudio tener un SIG; y así, cumplir con los requisitos para obtener la “Acreditación CLAUGTO”. La acreditación, es un reconocimiento que permite ser al portador una alternativa como distribuidor del sector automotriz, al mismo tiempo en que esta acreditación le proveerá prestigio y posicionamiento en el mercado, aumentando así su margen competitivo.

Metodología

Fase I. Evaluar el cumplimiento de los requisitos de la CLAUGTO

El diagnóstico de las necesidades que la empresa bajo estudio se desarrolla en base a los requerimientos CLAUGTO. La Figura 1, muestra las evidencias y requerimientos que se exigen dentro del apartado de GP, el cual se fue determinado por el Ingeniero de Producción, el Encargado de Compras y la Jefa de Calidad.



Requerimientos Acreditación

INDIRECTO

No.	Clasificación	Sub Clasificación	Requerimiento	Evidencia Sugerida	Hallazgos	
55	F) GESTIÓN DE PROVEEDORES (11)	Requerimiento Generales	¿La empresa cumple con la ley de protección de datos?	Acuerdos de confidencialidad. Manejo de información y datos.		
56			¿La empresa tiene un proceso documentado para la selección de proveedores?	Procedimiento de aprobación de proveedores.		
57			¿La empresa tiene implementado chequeos o auditorías a sus proveedores?	Programa de evaluación a proveedores. Manual o procedimiento de proveedores.		
58			¿La empresa tiene documentado el cumplimiento legal en base al servicio prestado por sus proveedores?	Documentación por proveedor acorde al servicio o actividad prestado.		
59			¿La empresa valida la calidad de sus proveedores?	Garantía del producto y/o servicio. Control de devoluciones.		
60			¿La empresa exige a sus proveedores indicadores para el aseguramiento de calidad en el producto y/o servicio?	Revisar indicadores de desempeño de sus proveedores.		
61			¿Se tiene identificado a los proveedores críticos?	Listado de proveedores críticos.		
62			¿Existe un proceso documentado de mejora continua para proveedores críticos?	Validación de acciones de mejora del proveedor.		
63			¿Existe un proceso estructurado para notificar quejas a los proveedores?	Registro de quejas y cierre de acciones correctivas. Evidencias de Retroalimentación a proveedores.		
64			¿Cómo se notifica a sus proveedores los cambios de especificaciones?	Mostrar evidencias.		
65			¿La empresa se asegura de que sus proveedores cuentan con solvencia económica?	Mostrar evidencias.		

Figura 1. Requerimientos del apartado de GP—Requerimientos Generales, (CLAUGTO).

Del análisis en el cumplimiento o no cumplimiento, de los requisitos para la “Acreditación CLAUGTO”, se identificó que se requiere acción en 95 puntos para el SGC, y 55 puntos para GP; de los 400 puntos generales de las demás clasificaciones. El cumplimiento de estos requisitos faltantes apoyará

 ISSN 2007-8102

a reducir significativamente los paros en producción derivado a que los requisitos no cumplidos están asociados a la falta de procedimiento de inspección de materia prima y priorización de proveedores —la aseveración es proporcionada por los expertos del área de producción y compras—.

Fase II. Desarrollo e implementación de un plan de inspección de materia prima

Durante el periodo comprendido de agosto a noviembre del 2019, se concentraron en una base de datos, las principales no conformidades que el Departamento de Calidad identificó en el producto en proceso y producto terminado, debido a la inadecuada o nula inspección de materia prima (véase Figura 2). De este estudio, se desprende que las principales mermas se asocian a que la materia prima llega sucia al área de producción, mientras que los lotes llegan incompletos, y finalmente el etiquetado es incorrecto.

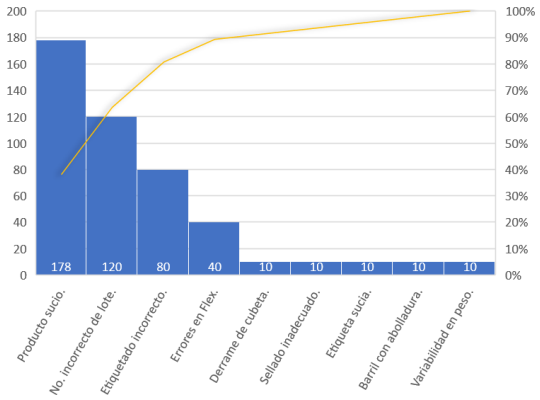


Figura 2. Diagrama de Pareto de mermas en línea de producción.

El estudio anterior permitió identificar las necesidades de la inspección de materia prima, para que el insumo al ser aceptado cumpla con la calidad deseada y así apoyar en el cumplir con los requisitos de la CLAUGTO.

El método implementado según las necesidades de inspección de materia prima es la MIL STD 105E, determinándose el tamaño de lote según el tipo de materia prima que llega a almacén, con un NCA de 1.5 y con un nivel de inspección II, con lo que se fija la letra código, mientras que como plan de muestreo se fija el simple; *e.g.*, para el producto “Hidráulico 300 Ad” con una muestra de 42 cubetas de 19 L y con un NCA de 1.5 el lote se rechaza con 6 “unidades abolladas” y se acepta con 5 “unidades abolladas”.

Fase III. Evaluación en el cumplimiento del plan de inspección de materia prima y jerarquización de proveedores

Se establecieron *Key Performance Indicators* (KPI´s) (ver Tabla 1); los cuales permiten medir el cumplimiento de las entregas del Almacén de Materia Prima al Área de Producción, y con ello controlar el tiempo y el estado de las entregas.

Tabla 1. Indicadores de desempeño.

Indicador	Descripción
Número de entregas	Suma del total de las entregas en un solo pedido.
Lead Time (Hrs)	Tiempo de espera para entregar el pedido, siendo este el tiempo que transcurre desde la emisión del pedido hasta la entrega del material.
% de entrega completa	El porcentaje que relaciona el número de entregas completas y de pedidos totales en la semana.
% de producto rechazado	Relación de los productos con defectos entre el número de pedidos totales en la semana.
% de entregas a tiempo	Porcentaje de las entregas que no generaron paros en la línea entre el número total de pedidos a la semana.
% ordenes planeadas	Porcentaje de órdenes generadas con anticipación entre el número total de ordenes en la semana.

 ISSN 2007-8102

Para la evaluación de proveedores se utilizaron los criterios: calidad, precio, tiempo de entrega, servicio con valores porcentuales de 35, 30, 25 y 10%, respectivamente. El estudio permitió identificar que únicamente 17 proveedores de los 44 cumplen con criterios establecidos por la empresa; obteniéndose así, la cartera de proveedores selecta que permite al mismo tiempo cumplir con los requisitos de GP de la CLAUGTO, disminuyendo así la brecha hacia la certificación.

Fase IV: Diseño y desarrollo de procedimientos necesarios en el SIG

De las fases previas, se desprende la necesidad de desarrollar el procedimiento de inspección de materia prima (ver Figura 3) dentro del SGC. La inspección es para materia prima. Las instrucciones de trabajo desarrolladas son para inspeccionar: envase, tapa/tapón, caja/empaque, etiqueta y tarima; consideradas como materia prima crítica por el área de almacén y área de producción.

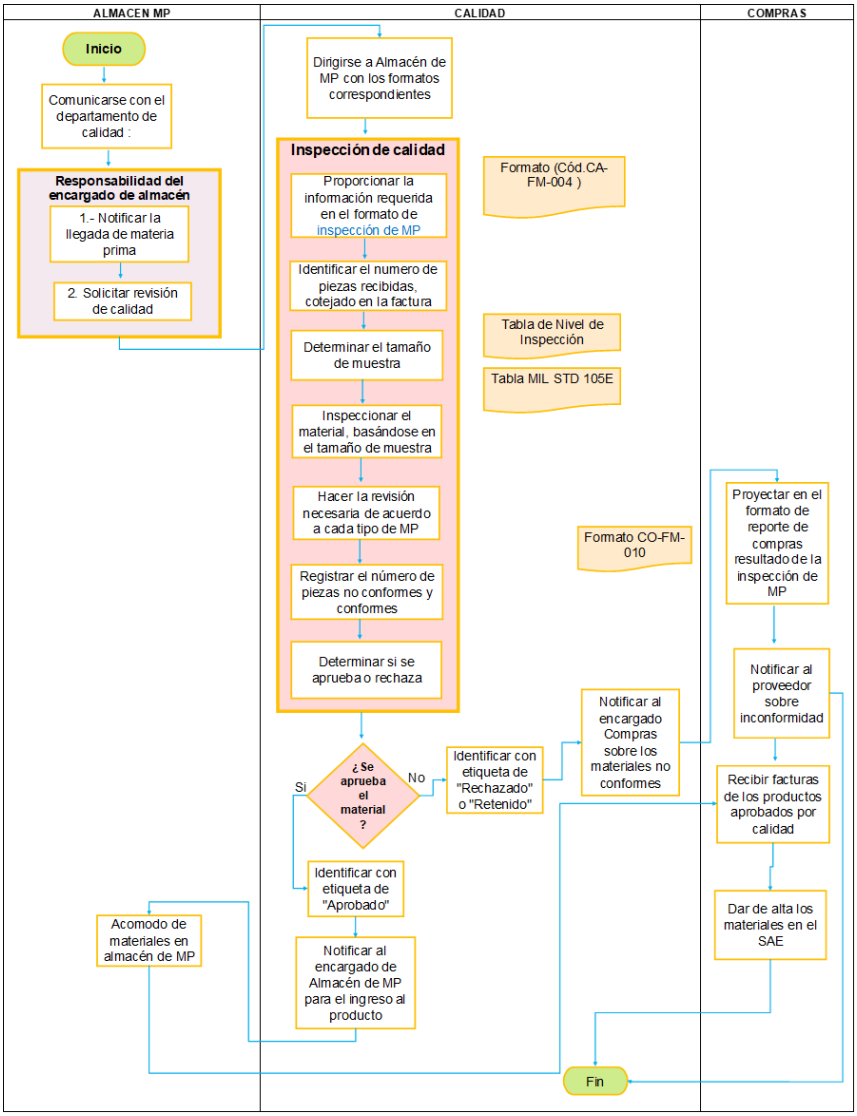


Figura 3. Proceso de inspección de materia prima.

Así mismo se identificó que para GP, se requiere el desarrollo del procedimiento de compras, debido a que la empresa bajo estudió carece de un sistema de control de adquisición de insumos. La Figura 4, muestra el procedimiento desarrollado para cumplir con los requisitos de la “Acreditación CLAUGTO” en GP, en donde se reflejan las responsabilidades de cada departamento y las instrucciones de trabajo requeridas para llevar a cabo las actividades críticas, y así cumplir con los requisitos.

 ISSN 2007-8102

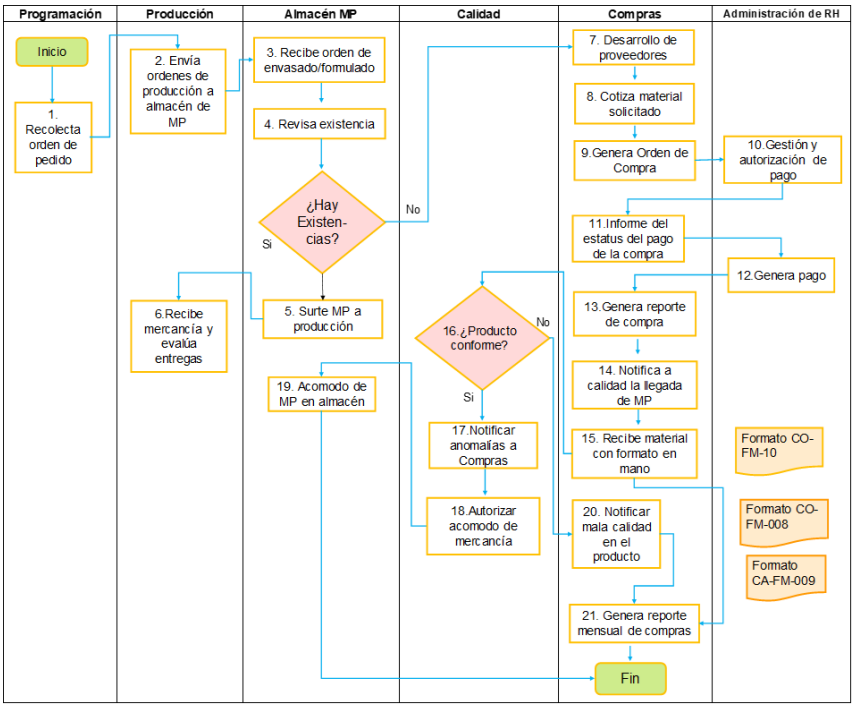


Figura 4. Diagrama de flujo del proceso de compras.

Resultados y discusión

Clasificación de proveedores

Una cartera de proveedores selectos se obtuvo a partir de las evaluaciones y de acuerdo al tipo de producto que ofrecen los proveedores, aplicando la jerarquización por puntos ponderados; para obtener así el nivel de importancia y clasificar los proveedores vitales, obteniéndose con ello un Pareto de Códigos de Material (ver Figura 5). De los 46 proveedores evaluados, 3 proveedores resultaron evaluados por debajo del 65%, 26 proveedores en una calificación promedio y 17 proveedores fueron los mejores evaluados.

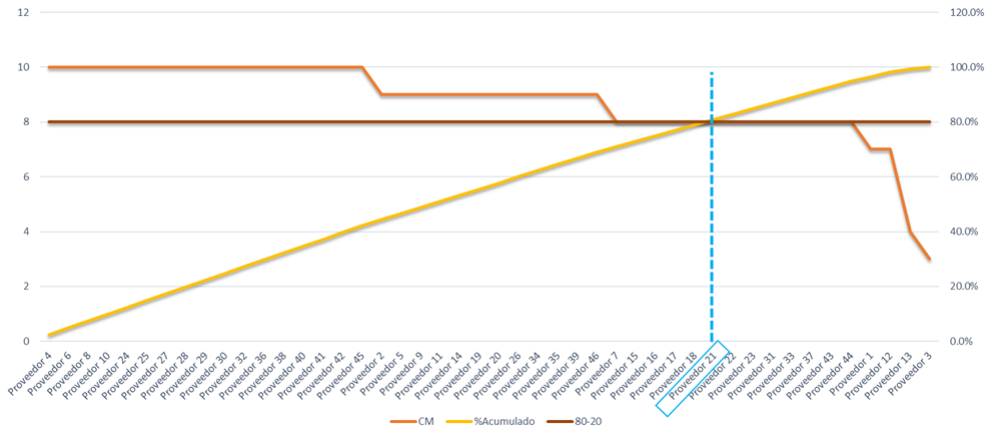


Figura 5. Pareto de código de materiales.

Posteriormente, una jerarquización del proveedor en relación a la importancia de éste en producción se muestra en la Figura 6. Los datos se ordenan, de tal manera que se establece una importancia vital; de los 46 proveedores, 14 proveedores según el estudio dejan de ser vitales para la empresa, ya que su índice está por debajo del 80%.

 ISSN 2007-8102

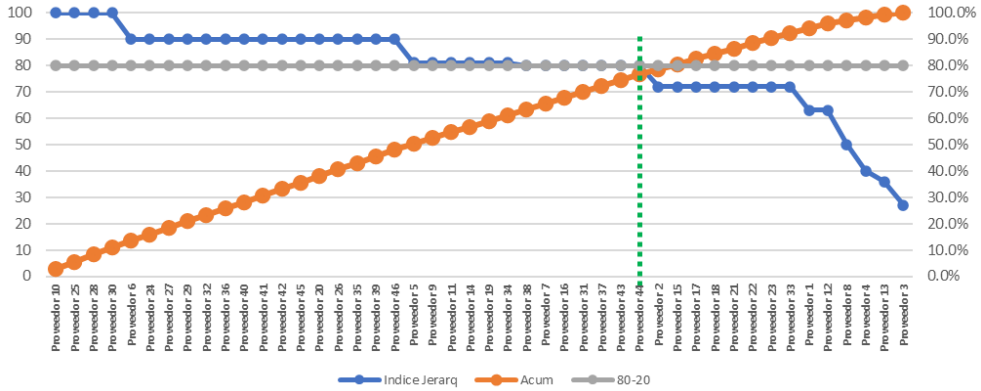


Figura 6. Pareto de código de pedido.

Comportamiento de los KPI´s

En la Tabla 2, se muestra la evolución de los indicadores; en la cual, se observa que estos muestran una tendencia hacia el cumplimiento de la meta; lo que garantiza el cumplimiento de los requisitos para SGC y GP en la certificación CLAUGTO.

Tabla 2. Evolución de los indicadores.

Indicador	Meta	Semana 1	Semana 2	Semana3	Semana 4
Número de entregas	-	18	38	12	19
Lead Time (Hrs)	-	09:43	14:24	09:16	08:40
% de entrega completa	100.00%	89.00%	92.11%	91.67%	94.47%
% de producto rechazado	0.00%	7.89%	3.23%	0.00%	0.00%
% de entregas a tiempo	100.00%	89.00%	94.74%	91.67%	95.46%
% ordenes planeadas	100.00%	84.00%	97.74%	100.00%	99.74%

Paros en producción después de la implantación

La Figura 7, muestra la evolución del comportamiento de los paros antes y después de implementar controles; en un periodo de 24 días para cada momento. El estudio permitió identificar que antes de la implementación se tenía un paro en línea de producción promedio de 112 minutos/día; mientras que, después de identificadas y atendidas las áreas de oportunidad el tiempo promedio de paro en la línea de producción paso a 74 minutos/día. Obteniéndose así una reducción del tiempo de paros en la línea de producción del 34%.

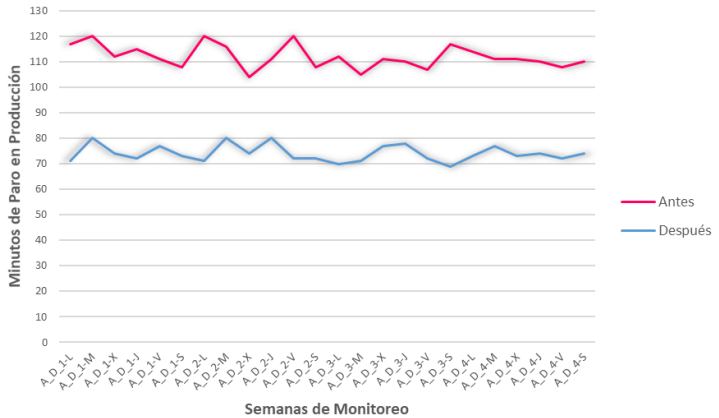


Figura 7. Evolución de comportamiento del tiempo de paro (antes y después).

A partir de la información presentada en esta sección, es posible establecer que el procedimiento de inspección de materia prima y el procedimiento de priorización de proveedores, aportan a la reducción del tiempo de paro en la línea de producción; y así dichos controles apoyan al cumplimiento de los requisitos de la Certificación CLAUGTO.

Trabajo a futuro

Implantar el SIG, en la intranet de la empresa de manera tal que las partes interesadas de los procesos tengan acceso y control de sus procesos. Así mismo, con la intención de disminuir la subjetividad e imprecisión asociada en la evaluación de proveedores por parte de los expertos, se esta modelando la subjetividad por medio de técnicas de la inteligencia artificial.

Conclusiones

El desarrollo del trabajo de investigación permitió diseñar, desarrollar e implementar procedimientos en los Departamentos de Calidad y Departamento de Compras, logrando alcanzar los 95 puntos para el SGC y 55 puntos para el GP; con lo que se logra el cumplimiento al 100% de los 400 puntos requisitados, para así atender la inspección de materia prima y la selección de proveedores críticos, respectivamente. Con el desarrollo del SGC y la GP se integró el SIG, con lo que se tienen los argumentos suficientes que evidencian que la empresa bajo estudio posee la capacidad de pertenecer al mercado automotriz, fungiendo como proveedor de grasas, aceites y lubricantes para el mantenimiento de maquinas y equipos de las empresas, primordialmente en el Puerto Seco—Guanajuato Puerto Interior.

La implantación del SIG, con los puntos desarrollados en este estudio permitirá a la empresa a corto tiempo, alcanzar la “Acreditación CLAUGTO”; permitiéndole ser una empresa reconocida por desarrollar sus procesos con calidad. Así mismo, con el SIG se han sentado las bases para el cumplimiento de los requisitos de una certificación basada en la Norma IATF 16949:2016.

Referencias

[1] ISO 9000:2015, “Quality management systems—Fundamentals and vocabulary”.
[2] S. Curkovic and M. Pagell, “A critical examination of the ability of ISO 9000 certification to lead to a competitive advantage”, *Journal of Quality Management*, vol. 4, no. 1, pp. 51-67, 1999, doi: 10.1016/S1084-8568(99)80095-9.
[3] J.-X. Wang and M.-Z. Zhao, “Economic impacts of ISO 14001 certification in China and the moderating role of firm size and age”, *Journal of Cleaner Production*, vol. 274, 2020, doi: 10.1016/j.jclepro.2020.123059.
[4] W. Jaung, L. Putzel and D. Naito, “Can ecosystem services certification enhance brand competitiveness of certified products?”, *Journal Sustainable Production and Consumption*, vol. 18, pp. 53-62, doi: 10.1016/j.spc.2018.12.003.
[5] E. M. P. Ortega, J. J. T. Guilló, J. P. Moliner, J. F. M. Azorín and M. D. L. Gamero, “Certificación en calidad, resultados empresariales y estructura organizativa en el sector hotelero español”, *Journal Intangible Capital*, vol. 9, no. 1, pp. 199-224, 2013.
[6] J.C. de Francia and C. G. Ayerbe, “Repercusión económica de la certificación medioambiental ISO 14001”, *Journal Cuadernos de Gestión*, vol. 6, no. 1, pp. 45-62, 2006.
[7] ISO 9001:2015, “Quality management systems—Requirements”.
[8] M. J. Mafla, (2016). “Desarrollo de un sistema de certificación de productos para neumáticos reencauchados, alineado a los requisitos de la norma ISO/IEC 17065”. Escuela Politecnica Nacional*: Tesis Maestría en Sistemas de Gestión Integrados*, Quito-Ecuador, 2016, http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/16881 [23.06.2020].
[9] M. D. L. Á. Medina, “Cambios en la industria automotriz frente a la globalización: el sector de autopartes en México”, *Journal Contaduría y Administración*, no. 206, pp. 29-49, 2002.
[10] M. del Rosario, "Resultados iso en pymes de la cadena de proveeduría de la industria automotriz. Estudio cualitativo", Journal Gestión y estrategia, no. 36, 2009.
[11] Cluster Industrial, “Cluster Automotriz reconoce 28 empresas participantes en Acreditación CLAUGTO”, *Revista de la Industria Automotriz*, https://www.clusterindustrial.com.mx/ [14.07.2020].

Modelo de simulación en Promodel para optimizar el proceso productivo de la elaboración de tortillas

A. Santos Osorio[1], Y. Soto Leyva[1], R. Bones Martínez[1], D.J. Cruz Marquez[2]*
[1]Profesor Investigador de la División de Ingeniería Industrial, Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico Superior de Huauchinango, Av. Tecnológico No 80, 5 de Octubre, 73173 Huauchinango, Puebla.
[2] Alumna de la División de Ingeniería Industrial, Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico Superior de Huauchinango.
**a_santos1994@hotmail.com*

***Área de participación**: Ingeniería Industrial*

Resumen
La presente investigación se realiza con el propósito de diseñar un modelo de simulación para el proceso de producción de tortillas en una microempresa, con el objetivo de cuantificar y proponer una solución que mejore notablemente la productividad del sistema actual, utilizando los resultados que proporciona el software ProModel.
El sistema modelado se basó en las siguientes etapas: definición del sistema, formulación del modelo, identificación de variables, recolección de datos, implementación e interpretación de los ítems resultantes; el cual permitió calcular la productividad conforme a las variables del modelo diseñado, interpretando los datos obtenidos de cada una de las locaciones para medir el porcentaje de utilización de la maquinaria que conforma cada una de las estaciones operativas y la carga total de entidades con capacidad unitaria para determinar el estatus de eficacia de los elementos que conforman al conjunto operacional, utilizando el Método Montecarlo como unidad de medición de la productividad.

***Palabras clave**: Simulación, Método Montecarlo, Modelo, ProModel.*

Abstract
This research is carried out with the purpose of designing a simulation model for the tortilla production process in a microenterprise, with the aim of quantifying and proposing a solution that significantly improves the productivity of the current system, using the results provided by the software. ProModel.
The modeled system was based on the following stages: definition of the system, formulation of the model, identification of variables, data collection, implementation and interpretation of the resulting items; which allowed the calculation of productivity according to the variables of the designed model, interpreting the data obtained from each of the locations to measure the percentage of use of the machinery that makes up each of the operating stations and the total load of entities with unit capacity to determine the effectiveness status of the elements that make up the operational set, using the Monte Carlo Method as the unit of measurement of productivity.

***Key words**: Simulation, Monte Carlo Method, Model, ProModel.*

Introducción
La competitividad entre empresas es una situación emergente, que caracteriza y define a un entorno globalizado. La correcta toma de decisiones y la capacidad de adaptación son dos factores fundamentales que originan el éxito de una organización productiva, la elección de diversas alternativas permite conocer el impacto en los procesos productivos, es por ello que se recurre a diversas herramientas o técnicas que faciliten esta acción, una de ellas es la simulación. Esta es considerada como una de las herramientas más importantes para analizar el diseño y operación de sistemas o procesos complejos. Su historia inicia con la construcción de modelos en la época del renacimientos, pero es a partir del año 1940 que se aplica el concepto de simulación; cuando durante la segunda guerra mundial los científicos Von Neuman y Ulam trabajaron en el proyecto Monte Carlo,

resolviendo problemas de reacciones nucleares cuya solución real hubiera sido muy cara y el análisis matemático demasiado complicado [1]. La palabra simulación proviene de distintas vertientes: Thomas H. Naylor [2] la define como: una técnica numérica para conducir experimentos en una computadora digital. Estos experimentos comprenden ciertos tipos de relaciones matemáticas y lógicas necesarias para describir el comportamiento de sistemas complejos del mundo real a través de largos períodos de tiempo. La simulación está basada en la teoría de la probabilidad y la estadística, en matemáticas, en ciencias computacionales, etc. [3]

La simulación ha demostrado ser capaz de hacer frente a las tareas de mejora de la productividad y la eficiencia en las que estas dificultades se superponen e interactúan en distintos ámbitos de aplicación [4]. Históricamente, la mayor parte del éxito de la simulación que ha tenido en otros sectores de la economía se ha debido en gran medida a la reputación que se ganó en el sector manufacturero [5].

El siguiente estudio tiene como objetivo principal desarrollar una simulación del proceso de producción de tortillas, así como la generación de una propuesta de implementación utilizando el software ProModel, buscando una mejora significativa en el proceso de producción de las tortillas producidas, optimizando los recursos disponibles para obtener un beneficio económico, mediante la construcción de un modelo óptimo del proceso de producción de la organización, haciendo uso de herramientas estadísticas y de administración de operaciones.

Metodología

Para el cumplimiento del objetivo propuesto en este proyecto haremos uso de la siguiente metodología propuesta por fases de implementación.

Fase I: Caracterización del proceso y cuantificación de los recursos actuales:

En primer lugar se identifican las operaciones que conforman el sistema de producción de tortillas, esto con la utilización de herramientas de estudios de trabajo, se analizan además los recursos utilizados para la ejecución de cada operación.
Para la producción de tortillas de maíz, se siguen las operaciones que se muestran en el diagrama de operaciones visualizado en la Figura 1 (Ver Figura 1. Diagrama de operaciones y análisis de proceso de obtención de tortillas), iniciando su proceso con el lavado del maíz y finalizando con el depósito de producto terminados para su posterior venta. En esta fase se analizaron los recursos necesarios así como también las cantidades de materia prima para la producción de tortillas.

Fase II: Análisis de entrada:

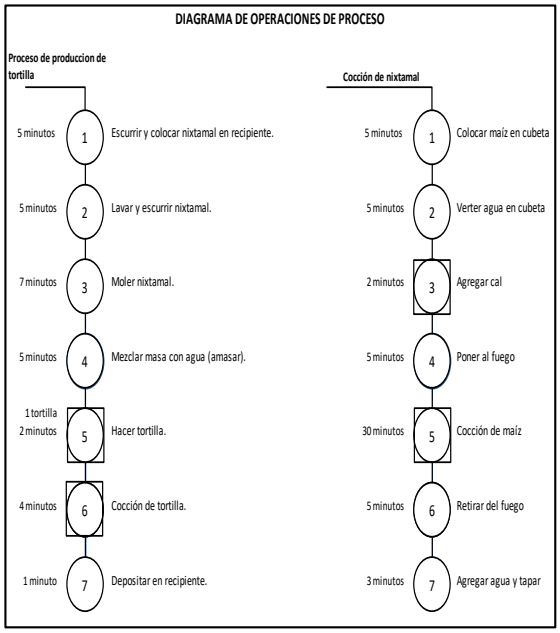
A través de un análisis de tiempos para el proceso de producción de tortillas, se determinaron las operaciones que presentan una estandarización puesto que tenían un tiempo constante o similar. Asimismo se señalaron las operaciones que no presentaban esta condición. Para posteriormente realizar el análisis estadístico correspondiente. Se tomó en cuenta el procedimiento descrito a continuación:

Recolección y tratamiento de los datos.

1. *Identificar información requerida:* Se consideró que la operación en la que haríamos énfasis es la relacionada con la cocción de tortillas, siendo este un problema de influencia en las pérdidas económicas. Por lo que además de la recolección del tiempo de cada operación se analizó el número de tortillas defectuosas (quemadas/crudas).
2. *Recolección de información*: Considerando que el tiempo de cocción es una de las variables que influyen en el número de tortillas defectuosas (quemadas), se realiza la recopilación de datos haciendo énfasis al tiempo de cocción por operación (Ver Figura 2. Gráfica de estabilidad del tiempo promedio de cocción por tortilla).
3. *Preparación de datos en Excel. (Modelo de simulación de Montecarlo*): Se presenta un modelo de simulación con el Método Montecarlo con el fin de determinar cuáles serán las pérdidas económicas por tortilla quemada. Tomando en cuenta los datos recolectados durante dos semanas y considerando que se elaboran dos veces al día.

 ISSN 2007-8102

4. *Ajuste de datos a una distribución de probabilidad*: Las estimaciones de intervalo indican la precisión de una estimación y son, por lo tanto, preferibles a las estimaciones de punto. Para este punto en todas las pruebas que necesiten un nivel de significancia se utilizó el 90%.



CURSOGRAMA ANALÍTICO DEL MATERIAL

DIAGRAMA, 1 HOJA, 1	ACTIVIDAD		ACTUAL
	Operación		4
OBJETO: Análisis del proceso de producción de tortilla	Transporte		4
	Demora		0
ACTIVIDAD: Elaboracion de tortillas de manera manual	Inspección		0
	Almacenamiento		0
MÉTODO ACTUAL	Inspección de operación		1
	DISTANCIA (metros)	30,00	9
LUGAR: Microempresa "Lupita"	TIEMPO (horas)	1,23	

No.	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	DISTANCIA (m)	TIEMPO (min)	SÍMBOLO
1	Colocar nixtamal en recipiente	2 kg nixtamal		5,00	
2	Trasladar nixtamal a zona de lavado	3 kg nixtamal	8,00	2,00	
3	Lavado y escurrido de nixtamal.	1 cubeta		5,00	
4	Trasporte de nixtamal a zona de molido.	1 cubeta	6,00	3,00	
5	Moler nixtamal	2,5 kg de masa		7,00	
6	Traslado a zona de produccion.	2,5 kg de masa	9,00	3,60	
7	Amazado de masa	2,5 kg de masa		2,00	
8	Produccion de tortillas	80 tortillas		45,00	
9	Traslado a zona de ventas	80 tortillas	7,00	1,13	
	Total		30,00	73,73	

Figura 1. Diagrama de operaciones y análisis de proceso de obtención de tortillas. Elaboración propia.

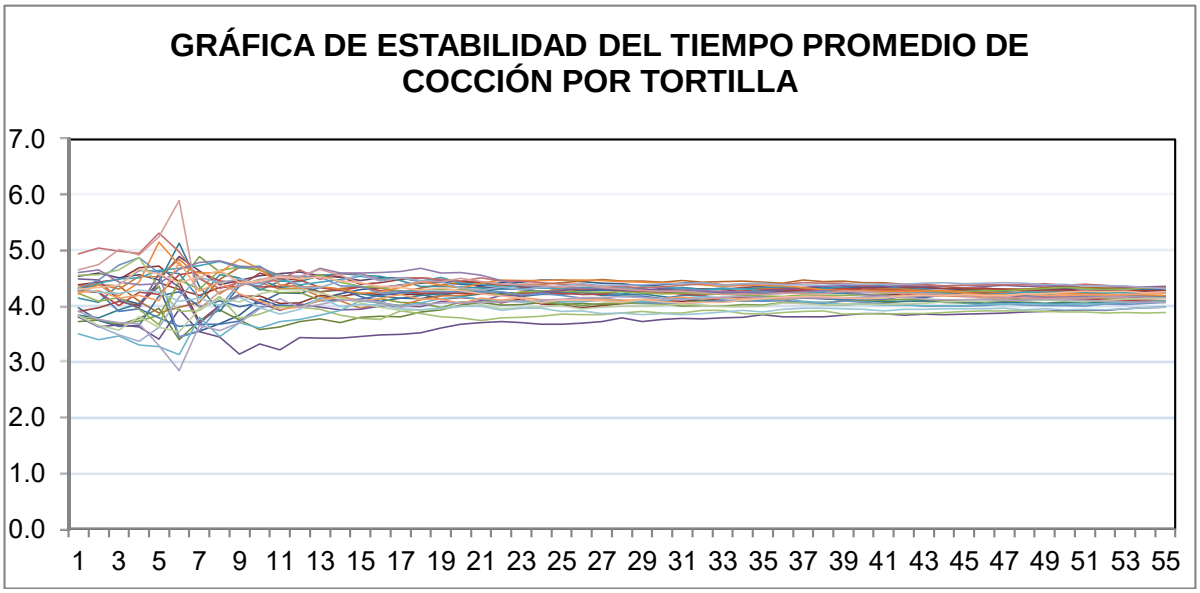


Figura 2. Gráfica de estabilidad del tiempo promedio de cocción por tortilla. Elaboración propia.

Fase III: Desarrollo del modelo de simulación y validación:

Para la formulación del modelo se utilizó como herramienta el software Promodel versión 7, considerando la información obtenida en la Fase I y II. Para ello además se toma en cuenta la metodología propuesta por García Dunna, García Reyes & Cárdenas Barrón (2013) en su libro Simulación y análisis de sistemas con Promodel, para verificar su validez. En el desarrollo del modelo de simulación en el software Promodel, se definieron los escenarios posibles para poder

 ISSN 2007-8102

determinar cuál es la mejor opción, se recurrió al uso del método Montecarlo modificando la variable principal de entrada.

Fase IV: Propuesta y simulación escenarios:

Se proponen tres escenarios para la simulación y con ello determinar la posibilidad de aplicación futura en la empresa:

1. Distancias de recorrido: considerando que el operario realiza recorridos innecesarios.
2. Control en tiempo de cocción de tortillas.
3. Cambio en las instrucciones de producción.

Fase V: Análisis de resultados:

Se efectuó un análisis comparando la situación actual del proceso de producción con lo obtenido en cada uno de los escenarios simulados, con ello se seleccionó el escenario que mejores resultados genera al realizarse, validando cada uno de los indicadores que intervienen en el proceso.

Resultados y discusión

Análisis de entrada

A través del análisis de tiempos para cada operación, se identificaron los procesos estandarizados y los que presentan irregularidad en el desarrollo de su operatividad; determinando que los procesos estandarizados son: moler, amasar, lavar; las operaciones no estandarizadas son: cocción y producción de tortilla, para estas se realizó un muestreo aleatorio con un intervalo de periodicidad fijo de 30 días, teniendo en cuenta que la producción diaria es diferente durante la semana, y la empresa labora de lunes a domingo, en un horario comprendido entre 8:00 am a 6:00 pm. De acuerdo a los datos obtenidos de este muestreo se formuló el modelo de simulación de Montecarlo, en el que después de realizar las 10 réplicas para alcanzar la estabilidad y con un nivel de significancia del 90% (Ver Figura 3. Prueba de normalidad para determinar intervalo de tiempo de cocción de tortillas), se determina el intervalo en el tiempo de cocción de tortillas de entre 4.14 y 4.22 minutos.

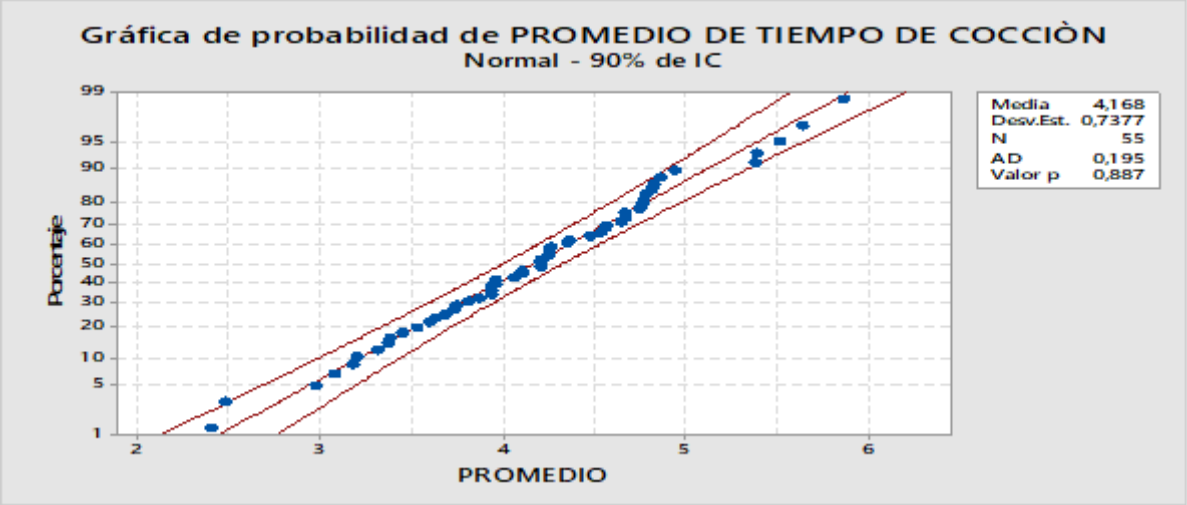


Figura 3. Prueba de normalidad para determinar intervalo de tiempo de cocción de tortilla. Elaboración propia.

Desarrollo del modelo de simulación y validación:

Considerando lo obtenido en la Fase II se plantea el siguiente modelo de simulación. Las especificaciones para su desarrollo se describen a continuación (Ver Figura 4. Lay out de simulación Promodel).

 ISSN 2007-8102

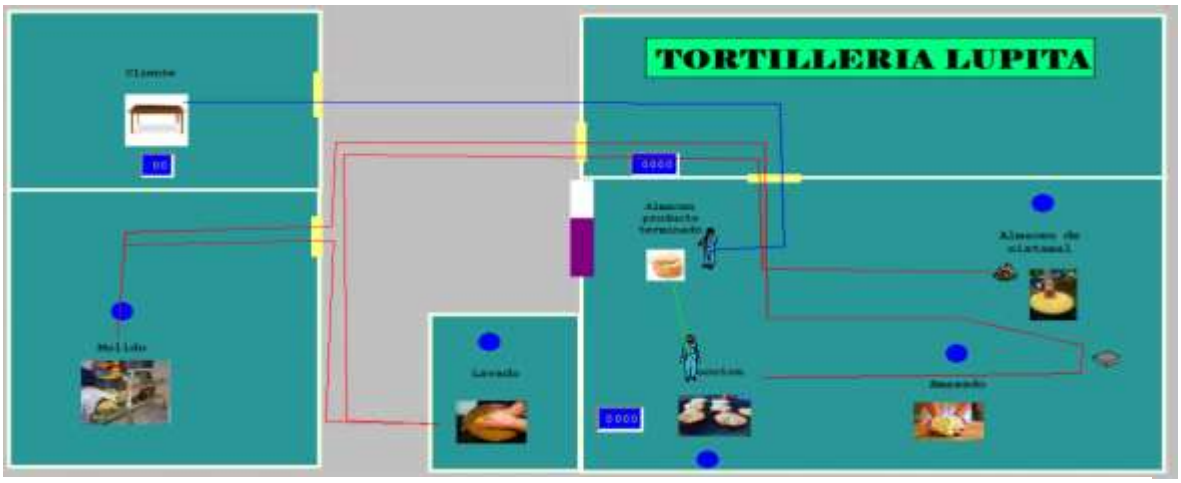


Figura 4. Lay out de simulación ProModel. Elaboración propia software Promodel.

En primer lugar se toman en cuenta las locaciones que constituyen el proceso de producción de tortillas, los datos con respecto a la capacidad son los que se obtuvieron de la Fase I: Caracterización del proceso y cuantificación de los recursos actuales. En segundo lugar encontramos a las entidades del sistema, considerando el proceso de obtención de tortillas, tenemos que existen tres productos obtenidos en cada etapa de procesamiento: nixtamal, masa y tortilla. Un punto importante en el cual se colocó un mayor énfasis es en la asignación de rutas que se siguen, tomando en cuenta principios de programación que permitan disminuir la distancia de recorrido de los recursos, el proceso cuenta con tres rutas cada una relacionada con su respectiva locación. Posterior a la definición de rutas que seguirá el producto, se establecen los tres recursos del sistema cada uno con sus respectivas líneas de movimiento. Para definir la lógica de proceso, operación y movimientos, se tomaron los datos obtenidos anteriormente basándonos en principios de administración de operaciones, utilizando una distribución uniforme y normal.

Para la validación del modelo de simulación, se realiza una comparación de los resultados obtenidos durante 24 horas de procesamiento con 10 réplicas. Los resultados se presentan a continuación. En primer lugar analizaremos el estado de las locaciones después de la simulación, la Tabla 1 (Ver Tabla 1. Resultados después de efectuar 10 corridas en modelo de simulación. Información de estado de locaciones), nos muestra que después de 24 horas de proceso se producen un total de 820 tortillas.

Tabla 1. Resultados después de efectuar 10 corridas en modelo de simulación. Información de estado de locaciones. Elaboración propia software Promodel.

General | Locations | Location States Multi | Location States Single | Resources | Resource States | Failed Arrivals | Entity Activity | Entity States

tortilla 2.MOD (Normal Run - Avg. Reps)

Name	Scheduled Time (HR)	Capacity	Total Entries	Avg Time Per Entry (MIN)	Avg Contents	Maximum Contents	Current Contents	% Utilization
Almacen de nixtamal	24.00	1.00	42.00	3.21	0.09	1.00	0.00	9.36
Lavado	24.00	1.00	42.00	4.88	0.14	1.00	1.00	14.23
Molido	24.00	1.00	41.00	6.00	0.17	1.00	0.00	17.07
Amasado	24.00	100.00	41.00	2.61	0.07	1.00	0.00	0.07
Coccion	24.00	100.00	820.00	1.04	0.59	20.00	0.00	0.59
Almacen producto terminado	24.00	80.00	820.00	46.57	26.52	60.00	40.00	33.15
Cliente	24.00	999999.00	780.00	20.24	10.96	40.00	20.00	0.00

Partiendo del problema planteado en la formulación del Método Montecarlo notamos que el sistema permite que cada 5.6 minutos una tortilla sea producida, con un tiempo de cocción de 4.2 minutos. Con respecto a la utilización de cada locación observamos que ninguna consigue más del 50% de su capacidad, lo que significa que hay un área de oportunidad en este punto, lo que implica un análisis de las posibles causas que provocan este resultado (Ver Figura 5. Utilización de locaciones después de 24 horas de simulación en 10 réplicas).

 ISSN 2007-8102

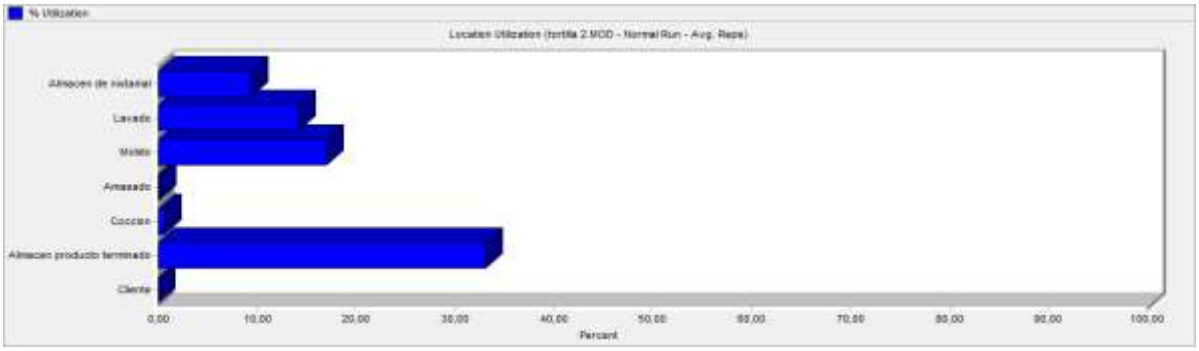


Figura 5. Utilización de locaciones después de 24 horas de simulación en 10 réplicas, Elaboración propia software Promodel.

Propuesta y simulación escenarios:

Juzgando lo encontrado en la fase anterior, se propone un ajuste al sistema de modo que beneficie positivamente a la productividad de la microempresa. Tomando en cuenta las limitaciones que supone el proyecto de investigación, no podemos realizar un rediseño del Lay out completamente, puesto que estas fueron las indicaciones del gerente. Se realizaron varios ajustes que nos permitieron reducir desperdicios producidos por la falta de organización al realizar las operaciones.

Tal como se aprecia en la Figura 6 (Ver Figura 6. Modelo de simulación propuesto con modificación en ubicación de locaciones) solo una locación cambio de posición (almacén de nixtamal), de esta manera reducimos la distancia de recorrido y con ello el tiempo de desplazamiento. Otro punto a considerar con respecto a la distancia de recorrido es la eliminación de actividades que no generan valor al producto, por ejemplo la búsqueda de herramientas. Para ello se propone la utilización de la metodología de las 5 S` en cada una de las áreas de trabajo en donde interviene el trabajador. De esta forma para la creación de este modelo se toman en cuenta tiempos estimados al utilizar los cambios descritos.

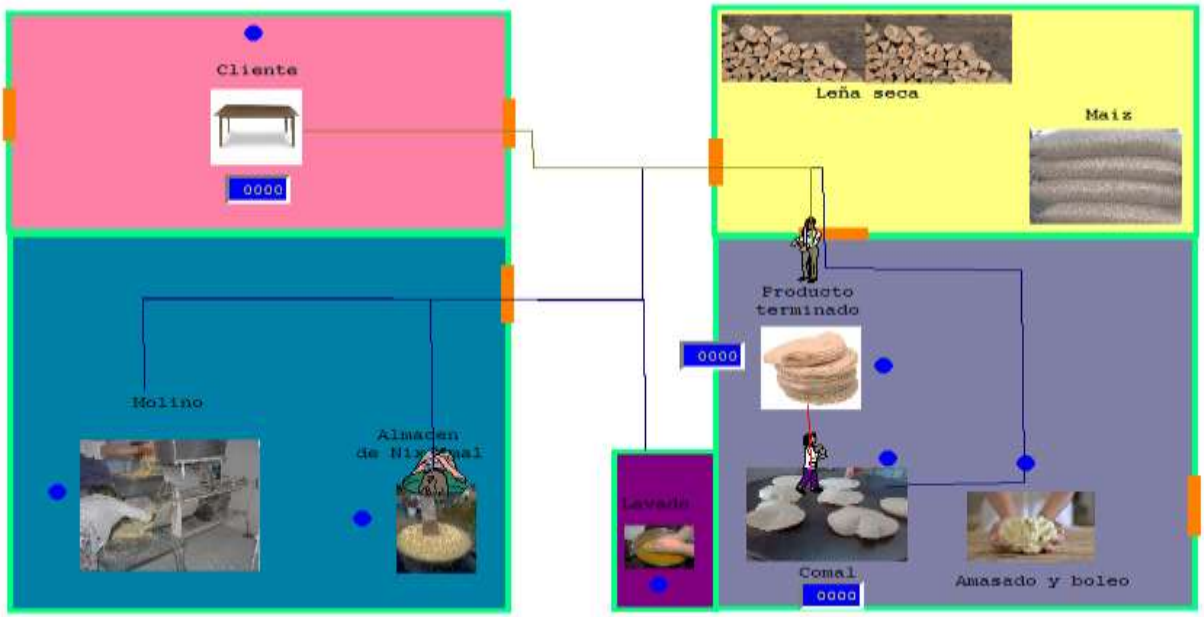


Figura 6. Modelo de simulación propuesto con modificación en ubicación de locaciones, Elaboración propia software Promodel.

Utilizando el cambio de locación para el almacén de nixtamal, las distancias se reducirían de 12 metros a 5 metros. Lo antes mencionado queda reflejado en el tiempo de desplazamiento indicado en el proceso. También realizaron modificaciones en el tiempo de cocción, de modo que nos permita tomar en cuenta la sugerencia planteada en el modelo Montecarlo. Se programó el modelo de simulación con las mismas especificaciones que el del estado actual: durante 24 horas con 10

réplicas. Los resultados fueron los siguientes: (Ver Tabla 2. Resultados de simulación propuesta, con 24 horas de simulación y 10 réplicas).

Tabla 2. Resultados de simulación propuesta, con 24 horas de simulación y 10 réplicas. Elaboración propia software Promodel.

General | Locations | Location States Multi | Location States Single | Resources | Resource States | Failed Arrivals | Entity Activity | Entity States

Propuesta.MOD (Normal Run - Avg. Reps)

Name	Scheduled Time (HR)	Capacity	Total Entries	Avg Time Per Entry (MIN)	Avg Contents	Maximum Contents	Current Contents	% Utilization
Almacen de Nixtamal	24,00	1,00	33,00	3,31	0,08	1,00	1,00	7,58
Lavado	24,00	1,00	32,00	4,99	0,11	1,00	0,00	11,09
Molino	24,00	1,00	32,00	6,00	0,13	1,00	0,00	13,34
Amasado y boleo	24,00	100,00	32,00	2,31	0,05	1,00	0,00	0,05
Comal	24,00	100,00	1280,00	1,45	1,29	40,00	0,00	1,29
Producto terminado	24,00	80,00	1280,00	42,51	37,79	80,00	35,10	47,23
Cliente	24,00	999999,00	1244,90	12,32	10,65	40,00	4,90	0,00

Haciendo énfasis al número de tortillas que entran y salen del sistema tenemos los siguientes resultados, el análisis en kg producidos actualmente nos indica que: 1 kg de tortillas contiene 27 unidades aproximadamente deduciendo que se producen 30.3 kg (820 tortillas), con el modelo de simulación propuesto que establece la reducción de tiempos de operación la producción es de 47.4 kg (1280 tortillas), obteniendo un aumento del 56.4% con respecto al sistema actual, con una ganancia económica de $2,394 semanales. Es así que el modelo de simulación propuesto es factible para la microempresa puesto que se obtienen resultados significativos en la producción de tortillas.

Trabajo a futuro

Al analizar los resultados del proceso de simulación implementado recomendamos ampliamente a la organización la realización de las siguientes actividades:

1. Reubicación de áreas de almacenaje (aprovechamiento de espacios físicos disponibles).
2. Asignación de horarios (jornadas laborales óptimas), para el aprovechamiento del factor humano.
3. Creación de células de manufactura agrupando estaciones operativas que manejen un nivel de productividad menor al 22%.

Conclusiones

Realizar un modelo de simulación utilizando las fases para su desarrollo permitió evidenciar el estado actual de la microempresa, verificar la utilización de cada una de las locaciones que compone dicho proceso así como observar la influencia que tienen los desperdicios provocados por la falta de organización en el área de trabajo. Asimismo al analizar las posibles causas del estado actual se formuló una propuesta que involucra la utilización de diversas herramientas en el área de trabajo, esto se vio reflejado en el aumento de producción de tortillas así como también en el uso eficaz de las locaciones.

Tomando en cuenta el objetivo planteado que persigue este proyecto de investigación, concluimos que se cumplió, trayendo consigo resultados favorables para la microempresa en la que se aplicó el estudio, derivado del proceso de simulación realizado.
Es importante mencionar que para lograr una exitosa aplicación de la propuesta es necesario que cada uno de los integrantes de la microempresa adopten un pensamiento de apertura al cambio, siendo esta uno de los mayores obstáculos que enfrentan las empresas en la actualidad sin importar el giro al que pertenezcan.

Agradecimientos

Al Instituto Tecnológico Superior de Huauchinango y a la división de Ingeniería Industrial por el apoyo para la presentación del presente artículo de investigación.

Referencias

[1] G., A. et al. Modelado y simulación: aplicación a procesos logísticos de fabricación y servicios, 1.a ed. Alfaomega, México, p. 7. 2005.

[2] Y. Pernía, V. Ramírez & R. Márquez. “Un modelo de simulación del proceso de producción de la Línea DTC-2000 de Alimentos Pepsico”. Revista Ciencia e Ingeniería. Edición Especial: “Jornada de Modelado y Simulación”, pp. 9-20, 2017

[3] G. D., Eduardo; G. R., Heriberto; C. B. Leopoldo E. *“Simulación y análisis de sistemas con ProModel”*. México: PEARSON. 2012.

[4] D. Mourtzis & M. Doukas, D. Bernidaki. “Simulation in Manufacturing: Review and Challenges”, Procedia CIRP, Volume 25, pp. 213-229, ISSN 2212- 8271, 2014.

[5] C. S. Rivadeneira Ortiz. “Propuesta de un modelo de simulación en el laboratorio de ingeniería de producción industrial de la Universidad de las Américas, para mejorar la productividad en procesos industriales”.2017

.

[6] C. Garriz & R. Domingo. “Simulation, through discrete events, of industrial processes inproductive environments”. Manufacturing Engineering Society International Conference 2017, MESIC 2017, 28-30 June 2017, Vigo (Pontevedra), Spain, 2017

[7] G. P., Humberto; De la Vara, Román. “Control estadístico de la calidad y seis sigma”. México: Mc Graw Hill. 2012

[8] M.H. Badii & J. Castillo. Técnicas Cuantitativas en la Investigación. UANL, Monterrey. 2007.

Estudio de reproducibilidad y repetibilidad para la medición de humedad en un laboratorio de metrología

J. Fuentes Sierra[1], F. Ortiz Flores[2], J. L. Hernández Mortera[3], M. L. Arrioja Rodríguez[4], R. Cortes Vélez[5],*
[1]Departamento de Ingenierías, Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Orizaba, Oriente 9, Emiliano Zapata, C.P. 94320 Orizaba, Veracruz, México
[2] Departamento de Ingenierías, Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Orizaba, 94320, Orizaba, Veracruz, México
*javierfs1988matriz10@hotmail.com

***Área de participación**: Ingeniería Industrial*

Resumen

En el presente artículo se describe un procedimiento de calibración, realizado con base en referencias emitidas por la EMA y por CENAM, para realizar un estudio de repetibilidad y reproducibilidad en la medición de la magnitud humedad, en un laboratorio de ensayo y calibración, para cumplir con uno de los requisitos técnicos establecidos en la norma NMX EC 17025-IMNC-2018 para la acreditación de una magnitud ante la Entidad Mexicana de Acreditación. Los resultados muestran que el laboratorio puede realizar la calibración sin que éste se vea afectado por el método de medición o por el operador que realiza la calibración, puesto que el valor obtenido se encuentra dentro del intervalo de aceptación.

***Palabras clave**: Repetibilidad, Reproducibilidad, Humedad.*

Abstract

This article describes a calibration procedure, carried out based on references issued by the EMA and CENAM, to carry out a repeatability and reproducibility study in the measurement of humidity, in a test and calibration laboratory, to comply with one of the technical requirements established in the NMX EC 17025-IMNC-2018 standard for the accreditation of a magnitude before the Mexican Accreditation Entity. The results show that the laboratory can perform the calibration without being affected by the measurement method or by the operator performing the calibration, since the value obtained is within the acceptance range.

***Key words**: Repeatability, Reproducibility, Humidity.*

Introducción

Un proceso típico en un laboratorio de calibración es la realización de comparaciones directas de los valores obtenidos por un instrumento de medición con respecto a la medida de un instrumento patrón [1].

Tecnología Avanzada en Calibración S.A. de C.V. (TACSA), es una empresa que ofrece servicios de calibración acreditados para distintas magnitudes, constituida en la ciudad de Orizaba en el año 2002. Actualmente se encuentra posicionada como una de las mejores opciones en la región en cuanto a número de magnitudes acreditadas, alcances de medición y valores de incertidumbre que ofrece.

TACSA siempre ha mantenido el compromiso de satisfacer las necesidades y expectativas de los clientes en servicios de calibración, mediante la mejora continua en la calibración de sus instrumentos, cumpliendo con la norma NMX EC 17025-IMNC-2018.

 ISSN 2007-8102

Con base en su experiencia, TACSA ha notado la creciente demanda del servicio de calibración en la magnitud humedad, por lo que se ha dispuesto incluir esta magnitud dentro de los servicios que actualmente ofrece. Para que TACAS garantice la confiabilidad de un servicio de calibración, es necesario que obtenga reconocimiento por parte de una entidad de acreditación; por tal motivo, TACSA se ha planteado el objetivo de acreditarse en la magnitud de humedad ante la Entidad Mexicana de Acreditación (EMA), siguiendo la guía establecida por Metrológica [2].

Para la acreditación de una magnitud ante la EMA, se requiere cumplir con una serie de requisitos generales para la competencia, la imparcialidad y la operación coherente de los laboratorios establecidos en la norma NMX EC 17025-IMNC-2018. Como parte de los requisitos técnicos establecidos, es necesario realizar un estudio de repetibilidad y reproducibilidad, donde se refleje la competencia técnica, tanto del personal como del sistema de medición, así como un estudio de sesgo y linealidad de los instrumentos de medición empleados para cada uno de los servicios que requiera acreditar, tomando en consideración las características del instrumento bajo calibración (IBC) para el servicio que se pretenda acreditar [3].

Con base en lo anterior, se decidió desarrollar un proyecto enfocado en la aplicación de un estudio de repetibilidad y reproducibilidad de la magnitud humedad en el laboratorio de TACSA, que contribuya al cumplimiento de los requisitos para obtener una acreditación.

Metodología

La realización del estudio de repetibilidad y reproducibilidad, en la magnitud humedad de 74.4%HR, se realizó por medio de las siguientes etapas:

1. Selección de equipos a utilizar
2. Preparación del medio generador de humedad
3. Cálculo de promedios y desviación estándar
4. Cálculo de promedios totales
5. Cálculo de la varianza estándar normal
6. Cálculo de la varianza de repetibilidad y la varianza total de los promedios
7. Cálculo de la repetibilidad y reproducibilidad
8. Repetir etapas 1 a 7 para las magnitudes de humedad de 53.4%HR y 33.1%HR

1. Selección de equipos a utilizar

Los equipos utilizados para el estudio de repetibilidad y reproducibilidad fueron los siguientes:

- Una cámara de acrílico (Figura 1a), de 40x30x40cm de paredes de acrílico de 9 mm de espesor unidas por ángulos de acero inoxidable de 1 pulgada, para contener al medio.
- Un controlador de humedad y temperatura, modelo SHT2000, para establecer un límite alto o bajo de humedad (Figura 1b).
- Un termohigrómetro patrón modelo PCE-THB-40 de rango 10% a 90%, resolución de 0.1, precisión de ± 4%HR, con certificación en tres puntos de calibración (74.4%HR, 53.4%HR, 33.1%HR), para asegurar la trazabilidad metrológica del mismo (Figura 2a).
- Un instrumento bajo calibración o IBC Marca *Company* modelo 4195 (Figura 2b).



(a)



(b)

 ISSN 2007-8102

Figura 1 Instrumentos para la calibración: a) Cámara de humedad, b) Controlador



(a) (b)

Figura 2 Instrumentos para la calibración: a) Termohigrómetro patrón, b) IBC

2. Preparación del medio generador de humedad

Se preparó la cámara de acrílico para generar la humedad relativa de 74.4%HR[1], mediante un controlador de humedad. La temperatura se reguló hasta que la humedad de la cámara fuera igual a 74.4%HR y ésta se estabilizara como lo menciona Sierra [4], después se tomaron diez lecturas dentro de la cámara, cada diez segundos, con el termohigrómetro patrón y con el IBC. Este proceso se repitió por cada signatario que participó en el estudio. La Tabla 1 muestra las lecturas tomadas.

Tabla 1 Lecturas tomadas dentro de la cámara de acrílico.

Punto alto 74.4%HR					
#n	Equipo patrón	Signatario 1	Signatario 2	Signatario 3	Signatario 4
1	74.4	74.4	74.3	74.3	74.4
2	74.4	74.4	74.4	74.4	74.5
3	74.4	74.5	74.4	74.5	74.4
4	74.4	74.4	74.4	74.4	74.4
5	74.4	74.5	74.4	74.5	74.4
6	74.4	74.4	74.3	74.5	74.4
7	74.4	74.4	74.4	74.4	74.4
8	74.4	74.4	74.4	74.4	74.3
9	74.4	74.3	74.5	74.5	74.3
10	74.4	74.4	74.4	74.4	74.4

3. Cálculo de promedios y desviación estándar

Una vez que se tomaron los datos (Tabla 1), se realizaron cálculos de promedios (Tabla 2) y desviaciones estándar (Tabla 3) de cada signatario con la Ecuación 1 y Ecuación 2, respectivamente[2].

$$\bar{Y} = \frac{\sum_{k=1}^{n} Y_i}{n} \quad \text{(1)}$$

[1] Los puntos de humedad relativa fueron tomados del certificado de calibración del equipo que se usó como referencia, o patrón, en el laboratorio de ensayo y calibración.
[2] Los cálculos fueron realizados con el software Excel.

 ISSN 2007-8102

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{k=1}^{n}(y_i - \bar{y})^2}{n-1}} \quad \text{..... (2)}$$

Donde:

$\bar{Y}$: Son los promedios de cada signatario.
s: Es la desviación estándar de cada signatario.
Y_i: Son cada una de las lecturas tomadas.
n: Es el número de datos de la Tabla 1 (n = 10).

Tabla 2 Promedio de cada signatario.

	PROMEDIO ($\tilde{Y}$)				
Equipo	Punto de calibración	Signatario 1	Signatario 2	Signatario 3	Signatario 4
Termohigrómetro	74.4	74.41	74.39	74.43	74.39

Tabla 3 Desviación estándar de cada signatario.

	DESVIACION ESTÁNDAR (s_i)				
Equipo	Punto de calibración	Signatario 1	Signatario 2	Signatario 3	Signatario 4
Termohigrómetro	74.4	0.0568	0.0568	0.0675	0.0568

4. Cálculo de promedios totales

Una vez calculado los promedios (Tabla 2) y desviaciones estándar (Tabla 3) de los datos de la Tabla 1, se realizó el cálculo del promedio de promedios (Tabla 4) con la Ecuación 3.

$$\bar{\bar{Y}} = \frac{\sum_{k=1}^{p}\bar{y}}{p} \quad \text{..... (3)}$$

Donde:

$\bar{\bar{Y}}$: Es el promedio de promedios.
$\bar{y}$: Son los promedios de cada signatario.
p: Es el número de signatarios (p=4).

Tabla 4 Promedio de promedios.

Equipo	*Puntos de calibración*	*Promedio de promedio ($\bar{\bar{Y}}$)*
Termohigrómetro	74.4	74.4050

5. Cálculo de la varianza estándar normal

Una vez calculado el promedio de promedios (Tabla 4) de los datos de la Tabla 1, se realizó el cálculo de la varianza normal estándar (Tabla 5) con la Ecuación (4):

$$s^2\bar{y} = \frac{\sum_{k=1}^{n}(\bar{y_i} - \bar{\bar{y}})^2}{p-1} \quad \text{..... (4)}$$

Donde:

$s^2\bar{y}$ Varianza estándar normal
$\bar{\bar{y}}$: Es el promedio de promedios (Tabla 4).
$\bar{y}$: Son los promedios de cada signatario (Tabla 2).

 ISSN 2007-8102

p: Es el número de signatarios (p=4).

Tabla 5 Varianza estándar normal obtenida.

Equipo	*Punto de calibración*	*Varianza estándar normal* ($s^2\bar{y}$)
Termohigrómetro	74.4 %	0.00037

6. Cálculo de la varianza de repetibilidad y la varianza total de los promedios

Una vez calculada la varianza estándar normal (Tabla 5) de los datos de la Tabla 1, se realizaron los cálculos de la varianza de repetibilidad y la varianza total de los promedios (Tabla 6) con la Ecuación 5 y Ecuación 6, respectivamente:

$$s_r^2 = \frac{\sum_{i=1}^{p} s_i^2}{p} \quad \text{(5)}$$

Donde:

s_r^2: Es la varianza de repetibilidad.
s_i^2: Varianza de cada uno de los signatarios (cada valor de la Tabla 3 elevada al cuadrado).
p: Es el número de signatarios (p=4).

$$s_d^2 = \frac{n}{p-1}\sum_{i=1}^{p}(\bar{y}_i - \bar{\bar{y}})^2 \quad \text{(6)}$$

Donde:

s_d^2: Varianza total de los promedios.
$\bar{\bar{y}}$: Es el promedio de promedios (Tabla 4).
$\bar{y}$: Son los promedios de cada signatario (Tabla 2).
p: Es el número de signatarios (p=4).
n: Es el número de datos de la Tabla 1 (n = 10).

Tabla 6 Varianza de repetibilidad y varianza de los promedios.

Equipo	*Punto de calibración*	*Varianza de repetibilidad* (S^2_r)	*Varianza total de promedios* (S^2_d)
Termohigrómetro	74.4 %	0.00356	0.00367

7. Cálculo de la repetibilidad y reproducibilidad

Una vez calculada la varianza de repetibilidad (s_r^2) y la varianza total de los promedios (s_d^2), mostrados en la Tabla 6, de los datos de la Tabla 1, se realizaron los cálculos de la repetibilidad y la reproducibilidad.

El cálculo de la repetibilidad (Tabla 7) se realizó con la Ecuación 7:

$$r = \sqrt{s_r^2} \quad \text{(7)}$$

Donde:

r: Repetibilidad.
s_r^2: Varianza de Repetibilidad (Tabla 6).

 ISSN 2007-8102

Tabla 7 Repetibilidad.

Equipo	*Punto de calibración*	*repetibilidad r*
Termohigrómetro	74.4 %	0.0596

El cálculo de la reproducibilidad se realizó con los pasos siguientes:

1. Se calculó la varianza de la reproducibilidad (Tabla 8), entre las condiciones de los signatarios, utilizando la Ecuación 8:

$$s_L^2 = \frac{s_d^2 - s_r^2}{n} \quad \text{(8)}$$

Donde:

s_L^2: Varianza de Reproducibilidad.
s_d^2: Varianza total de los promedios (Tabla 6).
s_r^2: Varianza de Repetibilidad (Tabla 6).
n: Es el número de datos de la Tabla 1 (n = 10).

Tabla 8 Varianza de Reproducibilidad.

Equipo	*Punto de calibración*	*Varianza de Reproducibilidad* S^2_L
Termohigrómetro	74.4 %	0.0000111

2. Se calculó la reproducibilidad (Tabla 9) utilizando la Ecuación (9):

$$R = \sqrt{s_L^2} \quad \text{(9)}$$

Donde:

R: Reproducibilidad.
s_L^2: Varianza de Reproducibilidad (Tabla 8.)

Tabla 9 Reproducibilidad.

Equipo	*Punto de calibración*	*Reproducibilidad R*
Termohigrómetro	74.4 %	0.0033

8. Repetir etapas 1 a 7 para los puntos de humedad de 53.4%HR y 33.1%HR

El cálculo de la repetibilidad (Ecuación 7) y reproducibilidad (Ecuación 9) para los puntos de humedad de 53.4%HR y 33.1%HR, se muestran en la Tabla 10.

Tabla 10 Repetibilidad para 53.4% y 33.1%.

Equipo	*Punto de calibración*	*repetibilidad r*	*Reproducibilidad R*
Termohigrómetro	53.4%	0.0577	0.0058
	33.1%	0.0514	0.0053

 ISSN 2007-8102

Resultados y discusión

Una vez calculada la repetibilidad (Tabla 7 y Tabla 10) y la reproducibilidad (Tabla 9 y Tabla 10), se determinó lo siguiente:

1. La combinación de repetibilidad y reproducibilidad (Tabla 11), para cada uno de los puntos de calibración, se calculó con la Ecuación 10.

$$r\&R = \sqrt{r^2 + R^2} = \sqrt{S_r^2 + S_L^2} \quad \ldots\ldots\ldots\

Trabajo a futuro

Para los estudios de r y R se plantearon los siguientes trabajos a futuro:

- Cambiar el instrumento patrón de medición por uno con mayor precisión (±2%HR) y que éste se calibre en al menos 5 puntos, ya que la AIAG [6] recomienda realizar estudio de r y R en al menos 5 puntos en todo el rango de medición del instrumento.
- Cambiar el método de generación de humedad por flujo divido que propone Jesús, et al. [7] para reducir la reproducibilidad (Tabla 13), buscando que sea menor al 10% de la repetibilidad en todos los puntos de calibración, ya que Asociados [5] menciona que un valor de reproducibilidad menor al 10% de la repetibilidad se considera como óptimo.
- Realizar estudios de sesgo y linealidad, previos al estudio de repetibilidad y reproducibilidad para descartar problemas en el instrumento de medición.

Conclusiones

El estudio de repetibilidad y reproducibilidad determinó que el laboratorio de ensayo y calibración cuenta con la capacidad de realizar calibraciones en la magnitud de humedad relativa, sin que éstas se vean afectadas por su método de medición o por los instrumentos empleados, debido a que su índice de reproducibilidad está entre el 10 % y el 30 % de repetibilidad para los puntos de humedad de 53.4%HR y 33.1%HR, para el punto de 74.4%HR% la reproducibilidad (Tabla 13) es menor al 10% de la repetibilidad, lo cual indica que se tiene un índice óptimo para el punto de humedad de 74.4%HR y aceptable para los puntos de humedad de 53.4%HR y 33.1%HR, pero que se puede mejorar ya que Asociados [5] menciona que el óptimo debe ser menor a 10%.

Referencias

[1] J. C. f. G. i. M. JCGM, "Vocabulario Internacional de Metrología – Conceptos fundamentales y generales, y términos asociados (VIM)." [Online]. Available: https://www.cem.es/sites/default/files/vim-cem-2012web.pdf

[2] T. Metrológica, "Guía técnica sobre trazabilidad metrológica e incertidumbre de medida para productores de materiales de referencia."

[3] N. Norma Mexicana, "EC-17025-IMNC-2006," *Requisitos Generales para la Competencia de los Laboratorios de Ensayo y de Calibración,* pp. 1-45, 1999.

[4] J. F. Sierra, "Estudio de reproducibilidad y repetibilidad de medición de la magnitud humedad para el proceso de acreditación de un laboratorio de metrología en la zona centro del estado de Veracruz," Maestria en Ingeniería Industrial, Ingeniería Industrial, Tecnológico Nacional de México Instituto Tecnológico de Orizaba, 2020.

[5] M. y. M. Asociados, "Aplicación Metrológica de los Estudios r&R (Repetibilidad y Reproducibilidad)," vol. 11. [Online]. Available: http://www.metas.com.mx/guiametas.html

[6] AIAG, *Análisis de sistemas de medición MSA*, Cuarta edición ed. www.aiag.org, 2010.

[7] D. P. Jesús, J. C. Nadia, and Q. El Marqués, "Diseño y construcción de un sistema de generación de humedad por flujo dividido," 2010.

Evaluación de una línea de producción cárnica mediante simulación en SIMIO

M. Hernández Bonilla[1], C. G.* Moras Sánchez[1], *G. Cortés Robles[1], A. A. Aguilar Lasserre[1],* C. E. Argüelles Téllez [1]
[1]*Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico de Orizaba, Departamento de Estudios de Posgrado e Investigación, Oriente 9, Emiliano Zapata sur, C. P. 94330, Orizaba, Veracruz, México.*

marisolbonilla0593@gmail.com

***Área de participación**: Ingeniería Industrial*

Resumen

El modelado y la simulación tradicionalmente han formado parte sustancial del juego de herramientas utilizadas para el soporte a la toma de decisiones, especialmente en la planificación estratégica. La presente investigación desarrolla la aplicación de la técnica de simulación en una línea de producción de salchichas. Por medio de eventos discretos se emplean distribuciones continuas, estadística inferencial y diseño de experimentos en apoyo a la metodología de simulación. Esta técnica es aprobada por estándares internacionales para reducir el sesgo entre sistemas reales contra los simulados. Mediante el software SIMIO se modeló el sistema actual de trabajo en una empresa cárnica, con el objetivo de evaluar los indicadores de desempeño de cada equipo dinámico que conforman la línea de producción, identificar cuellos de botella y presentar cuantitativamente la alternativa propuesta por la empresa para plantear opciones atractivas que optimicen el proceso de fabricación de la salchicha.

***Palabras clave**: Simulación en SIMIO, Estadística inferencial, Toma de decisiones, Productividad.*

Abstract

Modeling and simulation have traditionally been a substantial part of the toolkit used to support decision-making, especially in strategic planning. The present investigation develops the application of the simulation technique in a sausage production line. Using discrete events, continuous distributions, inferential statistics and design of experiments are used in support of the simulation methodology. This technique is approved by international standards to reduce the bias between real systems against simulated ones. Using the SIMIO software, the current work system in a meat company is modeled, with the aim of evaluating the performance indicators of each dynamic team that make up the production line, identifying bottlenecks and present quantitatively the proposed alternative by the company to propose attractive options that optimize the sausage manufacturing process.

***Key words**: Simulation in SIMIO, Inferential Statistics, Decision Making, Productivity.*

Introducción

De acuerdo con el consultor Gira N. Beaumond [1], la evolución y pronóstico del consumo de carne entre 2010 y 2020 se espera que tenga un crecimiento de un 1.6% anual, mientras que con los datos de INEGI [2] a nivel mundial, México ocupa el 7º lugar en producción de carne de las tres principales proteínas consumidas en el mundo. Los estudios realizados por SADER y SIAP informan [3] que el sureste aportó el 44.6% de producto al volumen nacional cárnico.

En esta investigación se muestra una perspectiva clara sobre el valor añadido que ofrece la simulación para incrementar la productividad de cualquier proceso industrial [4]. En la actualidad, con base en el conocimiento del personal las empresas desarrollan sistemas de inteligencia [5] que colaboran a los procesos de toma de decisiones [6]. La simulación permite plantear, así como evaluar problemas complejos [7] con la finalidad de comparar cuantitativamente posibles alternativas [8] que generen una solución confiable bajo entornos multicriterio y con un tiempo de resolución razonable [9]. La literatura presenta un caso de estudio en una empresa

cárnica de Bogotá Colombia [10], donde se determinó el 70% de las causas que generan los efectos negativos en su proceso por medio de la simulación y herramientas de lean manufacturing [11] se probaron distintas soluciones en corto tiempo, sin interrumpir el proceso de producción y a un bajo costo. Se han generado propuestas de plan y diseño de instalaciones en empresas cárnicas que minimizan cuellos de botella, optimizan la mano de obra, los riesgos para la salud y el aumento de la seguridad del recurso humano [12]. Algunos estudios recomiendan unir la técnica de simulación con otras herramientas de innovación [13], con la finalidad de generar ideas y soluciones innovadoras para resolver problemas tecnológicos en distintos sectores [14], es así como las herramientas: la voz del cliente VOC, Despliegue de la Función de la Calidad (QFD) y TRIZ han brindado alternativas para desarrollar sistemas y resolver problemas [15].

En la presente investigación se realiza un análisis de las áreas involucradas en una línea de producción de salchichas, la cual incorpora el uso de la simulación de eventos discretos mediante el software SIMIO como herramienta de apoyo en la toma de decisiones. En la búsqueda de plantear soluciones a partir de la evaluación de su sistema actual de producción, se espera minimizar tiempos y cuellos de botella en su proceso. Al aplicar la metodología de simulación y sus herramientas de ingeniería industrial sugeridas por Law and Kelton [16], investigaciones previas [17, 18, 19] y cursos de capacitación impartidos en el Tecnológico Nacional de México [20], se desea obtener tiempos de procesamiento, porcentajes de utilización de cada área, además del impacto generado al producto terminado al realizar modificaciones en la línea de producción de salchichas, con el propósito de mejorar su productividad al comparar una alternativa propuesta por la empresa y plantear alternativas atractivas que mejoren los procesos de fabricación de la salchicha.

Metodología

La problemática de este estudio, inició cuando la empresa cárnica presentó problemas en la entrega de sus productos, lo cual originó considerar la adquisición de maquinaria más eficiente en el área de hornos e incorporar una segunda peladora a su proceso. Lo que trajo como consecuencia la contratación de personal en el área de pelado, ya que en gran medida las operaciones son manuales de manera que requieren más operarios para agilizar el proceso de separación y traslado de la salchicha a la etapa de empaquetado. De esta forma se evitó que los tiempos muertos de producción se extendieran. La empresa solicitó a la brevedad posible la evaluación de su línea de producción, para conocer los cuellos de botella que estaban ocasionando retrasos y pérdidas en su proceso. Para el desarrollo de esta investigación se utilizó la metodología de simulación propuesta por Law and Kelton [16], la cual consistió en 10 pasos como se puede observar en la figura 1. Posteriormente se plantearon escenarios con la maquinaria disponible en la empresa para evaluar y comparar alternativas sin comprometer la producción de la línea.

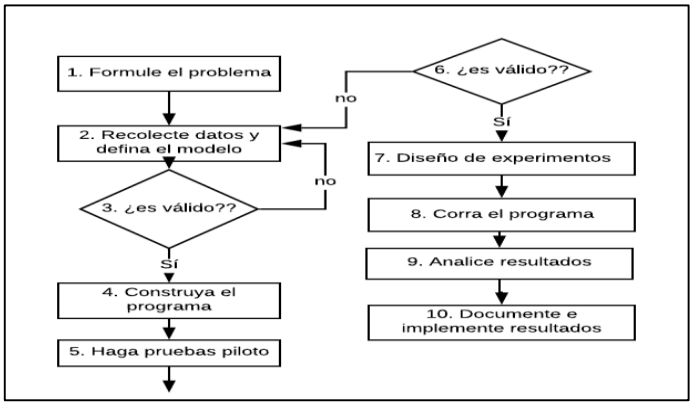


Figura 1.- Metodología de simulación. Fuente: [16]**.**

Formulación del problema

Se definieron los objetivos del problema [21] y de acuerdo a los registros de producción de la empresa cárnica, existen seis líneas de producción de embutido [22]. La línea donde se realizó esta investigación es la que produce salchichas tipo Viena (Figura 2), la cual generó aproximadamente el 35% de las ganancias para la compañía cárnica [23]. Por consiguiente el desarrollo de este proyecto, se enfocó en la línea número tres correspondiente al producto antes mencionado donde se detectó una variabilidad significativa en el proceso, incumplimiento en la producción planeada y actividades que no agregan valor al producto.

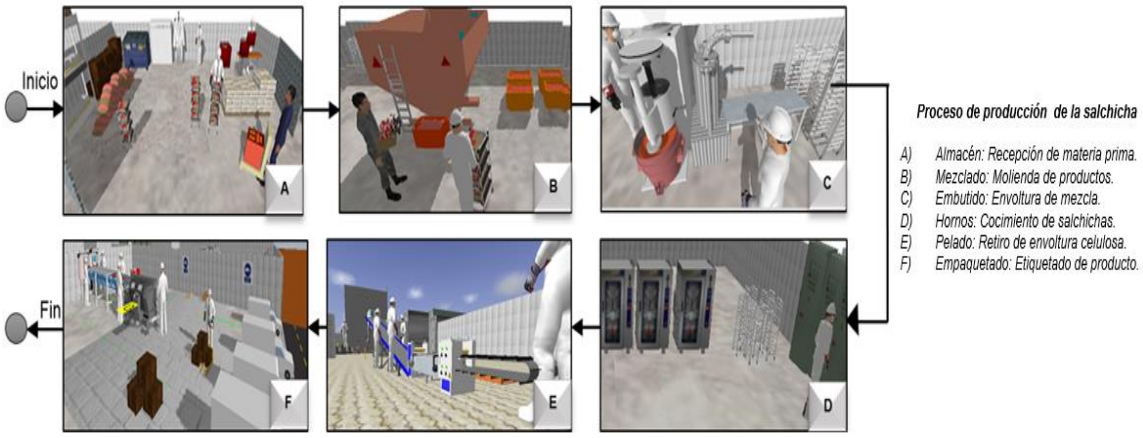


Figura 2.- Proceso de producción de la salchicha Viena. Fuente: [22]**.**

Recolección de datos

Para la recolección de información de este estudio se designó un periodo de cinco meses aproximadamente. Mediante la observación de cada célula de trabajo que compone la línea de producción, se logró obtener los tiempos de servicio de cada máquina, el número de lotes, número de salchichas, paquetes, pallets y operarios de cada área que integra el proceso de fabricación de salchichas. Cabe destacar que de la información recolectada sólo se tomaron los datos que correspondían a cuatro toneladas, ya que el 60% de la producción diaria es de cuatro toneladas de materia prima. Todos los registros fueron aprobados por el ingeniero en producción [23]. Finalmente se observó que el proceso de producción en su totalidad duró entre 12 y 12.30 horas, esto debido a que no se tiene una consistencia en el proceso de pelado de las salchichas y por tal motivo no se cuenta con una hora exacta de terminación.

Análisis estadístico de los datos recolectados del sistema

Se realizaron una serie de pruebas, de manera que se pudieran cotejar los comportamientos de los modelos y su semejanza con la realidad [24]. Para el análisis estadístico de los tiempos de servicio registrados de cada máquina, se utilizó el software Stat: Fit. Mediante esta herramienta fue posible la aplicación de las pruebas de bondad de ajuste Chi-Cuadrada y Kolmogorov-Smirnov a todos los datos que fueron recolectados con un nivel de significancia de 0.05. La línea de producción de salchichas consideró las siguientes áreas: mezclado, embutido, hornos, pelado y empaquetado de las cuales tres no se ajustaron a distribuciones teóricas conocidas y por lo tanto se procedió a elaborar diferentes distribuciones empíricas que se ajustarán a los datos de las áreas anteriormente mencionadas [21, 24].

Medidas de desempeño evaluadas

Para poder analizar el estado actual del sistema [25], se definieron y evaluaron algunas medidas de desempeño las cuales fueron: el porcentaje de utilización, tiempo de procesamiento de las diferentes áreas y el impacto que se obtuvo en producto terminado, dado en número de pallets[1] manufacturados.

Construcción de los programas de simulación

Una vez que se verificaron estadísticamente los datos reales, se construyeron dos modelos de simulación en el software SIMIO, cuyas características aparecen en la Tabla 1. El primer modelo representó el estado actual del proceso de producción de salchichas, el cual consistió en procesar cuatro toneladas de pasta que generó un total de 16 carritos, que fueron distribuidos en dos hornos con capacidad de ocho carritos cada uno (2/8). El segundo modelo representó la alternativa propuesta por la empresa, modificaciones que se pueden observar para el área de hornos (5/3), es decir, cinco hornos con capacidad de tres carritos cada uno, cabe destacar que entre todos los carrito, se encontraban distribuidas las cuatro toneladas procesadas. Para el área de pelado, la empresa solicitó que se evaluara la alternativa con dos peladoras. Posteriormente se realizó una comparación de los indicadores de desempeño para visualizar si realmente existió mejora que incrementará la productividad de la empresa.

[1] Pallet: Elemento utilizado para el transporte, almacenamiento, manipulación y agrupamiento de todo tipo de cargas presentes en la industria" (Slogo-Pasqualini, 2016).

 ISSN 2007-8102

Tabla 1.- Características de los modelos elaborados en Simio. Fuente: [23]**.**

Modelos de simulación/SIMIO		
	Actual	Alternativa
Máquina	Cantidad	Cantidad
Mezcladora	1	1
Embutido	1	1
Hornos/carritos	2/8	5/3
Pelado	1	2
Empaquetado	1	1

En la Figura 3 se muestra una vista en 3D de los dos modelos realizados en SIMIO. En las dos primeras imágenes se puede visualizar la planta cárnica actual vs la alternativa, posteriormente las áreas donde se realizaron cambios. En el área de hornos del modelo actual se tiene la cantidad de dos hornos con capacidad de ocho carritos (2/8), en la alternativa se considera la cantidad de cinco hornos con capacidad de tres carritos (5/3). Para el área de pelado se observa una peladora para la línea actual, cotejada con dos peladoras de la alternativa propuesta por la empresa.

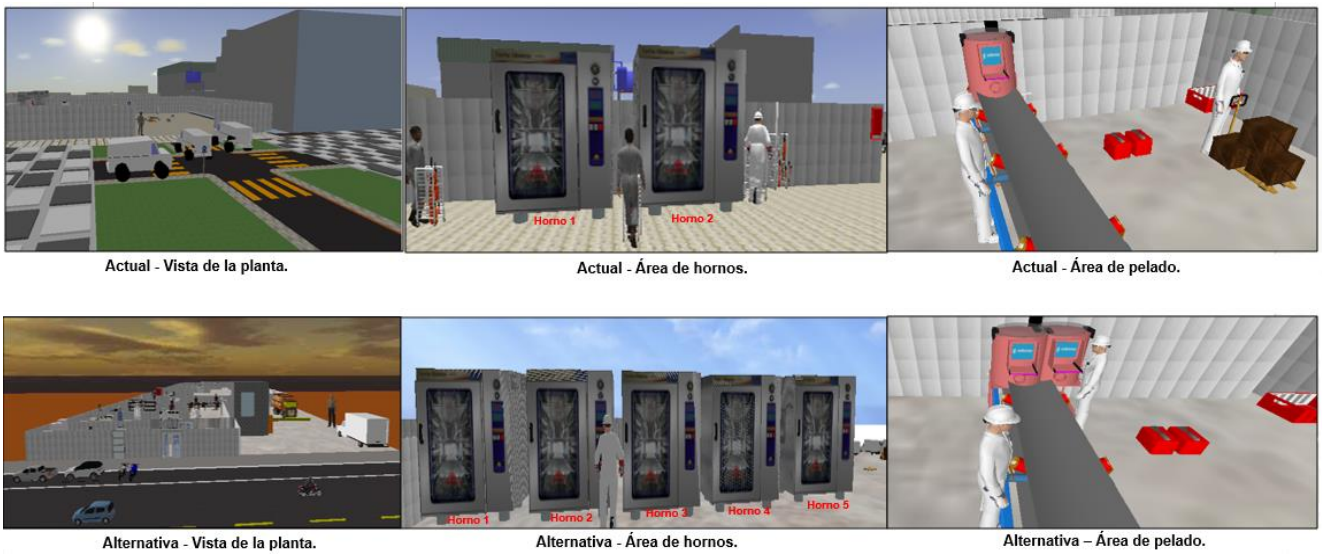


Figura 3.- Representación de las áreas simuladas de la empresa (Actual vs Alternativa). Fuente: [22]**.**

Validación del programa de simulación

En este paso se buscó realizar pruebas experimentales para cotejar si el modelo fue una representación fidedigna o semejante del sistema real, esto se hace mediante la comparación de la información de salida del modelo o resultados obtenidos de la simulación previa contra los datos observados reales [26]. Para la validación de los resultados reportados por el programa de simulación se aplicó la prueba t-apareada con un nivel de significancia de α=0.05, a tres medidas de desempeño: tiempo de procesamiento, porcentaje de utilización y número de pallets manufacturados. Para la validación del modelo se consideraron 30 corridas piloto.

Al aplicar la prueba t-apareada se obtuvieron intervalos de confianza que incluían al cero, de tal manera que no se rechaza la hipótesis nula; por lo tanto, se aceptó como válido el modelo de simulación.

Diseño de experimentos

Para que fueran realizados los experimentos en la simulación, fue necesario encontrar el número óptimo de corridas del modelo. Para poder calcular el número óptimo de corridas se usaron los datos obtenidos de las corridas piloto (N=30) realizados en el modelo de simulación, los cuales usaron diferentes valores para el stream, asegurando la intervención de diferentes números pseudo-aleatorios en cada corrida.

A continuación se muestra la fórmula que se aplicó para calcular el número óptimo de corridas:

$$n^*(\beta) = \min\left\{ i \geq n : t_{i-1,1-\alpha/2}\sqrt{\frac{S^2_{(n)}}{i}} \leq \beta \right\}$$

Donde:
i= Aumento en uno del número de corridas.
n=Cantidad de datos obtenidos en las corridas piloto.
t= estadístico t de Student.
S^2= Varianza muestral.
β= Error Absoluto.

De acuerdo con el libro "Simulación, métodos y aplicaciones" [27], para el cálculo del número óptimo de corridas se recomendó iniciar con un valor para el error absoluto β del 5% para cada medida de desempeño o variable de interés, con la finalidad de asegurar que el valor de β fuera menor que la desviación estándar calculada. Para calcular el número de corridas óptimas se estableció un nivel de confianza del 90%. Los resultados del cálculo del número óptimo de corridas se muestran en la Tabla 2.

Tabla 2.- Número de corridas óptimo para cada variable de interés. Fuente: [22]**.**

	Embutido		Horno 1		Horno 2		Pelado	
	Tiempo de procesamiento	% Utilización	Tiempo de procesamiento	% Utilización	Tiempo de procesamiento	% Utilización	Tiempo Procesamiento	% Utilización
# ÓPTIMO CORRIDAS	30	30	30	30	30	30	33	33

Conforme al número óptimo de corridas obtenidas se escogió el número máximo para establecerlo en todas las medidas de desempeño a analizar. En la tabla anterior se muestra el número óptimo de corridas, donde el mayor valor es 33, por lo que se escogió dicho número para todos los indicadores clave de desempeño.

Para el análisis de la línea de producción de salchichas, fue necesario delimitar las células de trabajo de interés y los indicadores de desempeño. De acuerdo al problema de estudio, se analizaron los siguientes indicadores de desempeño: tiempo promedio de procesamiento, porcentaje promedio de utilización por día y en base a esa información se delimitaron si existieron cuellos de botella en el equipo dinámico que integra la línea de producción cárnica, como el impacto a producto terminado dado en número de pallets. Cabe destacar que para la recolección de las muestras, se realizó con la ayuda del ingeniero en producción eliminando las células de trabajo de mezclado y empaquetado, ya que tenían un tiempo estándar en su servicio. Las células que se evaluaron fueron las siguientes: embutido, hornos y pelado.

Resultados y discusión

Una medida parcial de la productividad con respecto al rendimiento en función del tiempo, es uno de los índices de productividad parcial más utilizados para medir el trabajo en las empresas [28]. Después de realizar el diseño de experimentos, se corrió el modelo actual y el propuesto 33 veces. En la Tabla 3 se muestran los resultados obtenidos para el modelo actual y para la alternativa propuesta por la empresa. En la sección de embutidos se tuvo una mejora en el tiempo de procesamiento de un 18% en comparación con la línea de producción actual. Cabe destacar que aunque el porcentaje de utilización del equipo fue reducido de 14.34% a 13.41%, es compensado con el tiempo en el que se realiza el procesamiento de las cuatro toneladas.

Para el área de hornos se obtuvieron excelentes resultados, ya que se vio beneficiado el porcentaje de utilización de 1.30% a 14.64% con un decremento del 50% en su tiempo de procesamiento de las cuatro toneladas procesadas por 15 carritos. Esto se debe a que la capacidad de hornos al ser menor, el vapor generado es distribuido a mayor velocidad entre todos los carritos y por lo tanto, aunque se trabaje a la misma temperatura que se emplea en la línea actual, se lograría en un tiempo menor hornear los 15 carritos de salchichas tipo Viena sin afectar las características organolépticas de la salchicha, por esta razón es que los hornos de menor capacidad ofrecen una ventaja mecánica, en la cual se pueden procesar carritos con un poco más de producto a un tiempo menor. De acuerdo a los resultados de este estudio y la simulación mediante SIMIO, fue de gran ventaja que la empresa considere cambiar los hornos de mayor capacidad por unos de menor capacidad para poder incrementar su producción y reducir los tiempos de entrega.

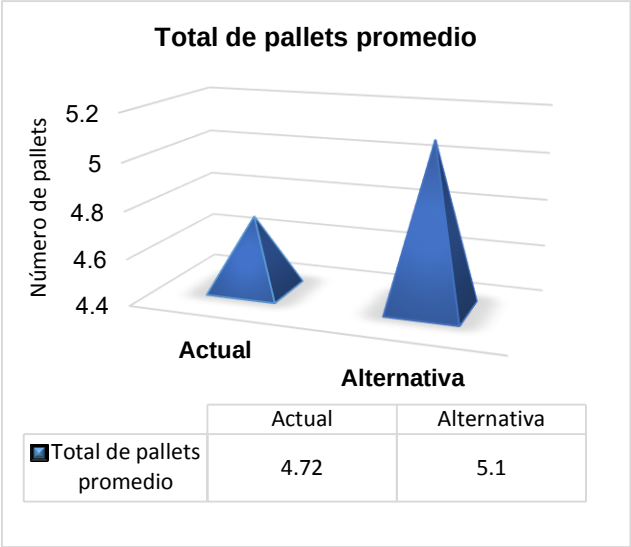
Para el área de pelado en el sistema actual se obtuvo un porcentaje de utilización de 36.40% que a simple vista es bueno y no es necesario considerar una segunda peladora, ya que se tendría una sobrecapacidad de

producción y un bajo volumen de producto que afectaría al porcentaje de utilización de la maquinaria a un 18.59 %. El tiempo de procesamiento de la alternativa disminuyó casi a la mitad, lo cual es muy bueno pero no necesariamente el valor óptimo. Por lo tanto, es evidente que existe un cuello de botella que no está relacionado con el equipo dinámico, sino con las actividades manuales posteriores al retiro de la funda plastificada que están involucradas en el desempeño de esta célula de trabajo. Se recomienda a la empresa profundizar más el área de pelado para conocer las causas operacionales que generan demoras en esa estación de trabajo. Posteriormente es necesario realizar la evaluación mediante un modelo en SIMIO con la finalidad de conocer el desempeño que se obtendría al profundizar las actividades involucradas, la incorporación de los cinco hornos y la consideración de una peladora en la línea de salchichas tipo Viena. Puesto que cuando se realizó la evaluación del equipo dinámico el porcentaje de utilización fue bajo y no es necesario por el momento incorporar una peladora adicional a la que ya se encuentra en la línea.

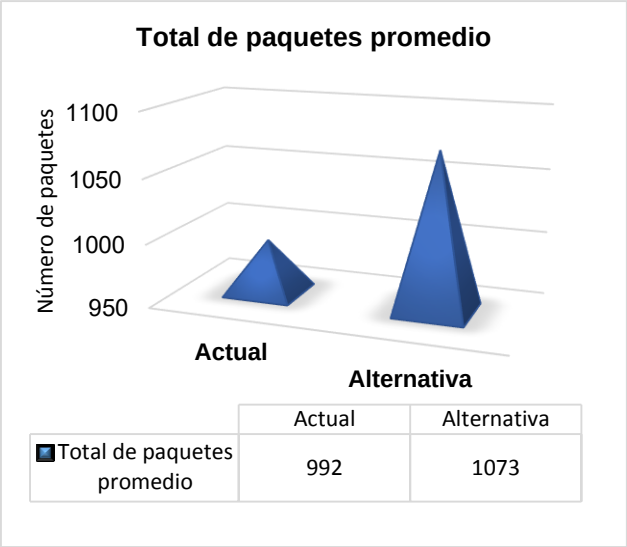
Finalmente, se puede observar en la Gráfica 1 el impacto positivo al producto terminado de 9% aproximadamente, se debe considerar que cada pallet está compuesto por 42 cajas con 5 paquetes cada una, por lo que se tiene en promedio la cantidad de 992 para el modelo actual contra la alternativa que tiene en promedio 1073 paquetes, resultados que se observan en la Gráfica 2.

Tabla 3.- Resultados promedios finales de los dos modelos. Fuente: [22]**.**

Modelo	Embutido		Hornos		Pelado		Total de Pallets
	Porcentaje de utilización	Tiempo de Procesamiento	Porcentaje de utilización	Tiempo de Procesamiento	Porcentaje de utilización	Tiempo de Procesamiento	
Actual	14.34	113.39 minutos	1.30	74.41 minutos	36.40	261.83 minutos	4.72
Alternativa	13.41	96.47 minutos	14.64	34.88 minutos	18.59	133.23 minutos	5.1



Gráfica 1.- Impacto en el producto terminado/pallets. Fuente: [22]**.**



Gráfica 2.- Impacto en el producto terminado/paquetes. Fuente: [22].

Gracias al estudio de simulación fue posible determinar las utilizaciones reales del equipo dinámico y conocer el impacto que se obtendría al considerar una posible alternativa de mejora [4]. Los registros de la base de datos para alimentar el modelo actual fueron validados por expertos en la línea de salchicha y por el ingeniero de producción que se encarga de realizar los procedimientos para la obtención de información. Se puede decir que no siempre al realizar simulaciones de procesos industriales se van a obtener decrementos en el porcentaje de utilización de las máquinas, ya que algunas veces es mayor en las alternativas propuestas, lo cual puede ser muy bueno en determinados casos. [8]. Cabe destacar que esta investigación se vio limitada a solo la evaluación de la línea en proceso y la alternativa propuesta por la empresa cárnica, por lo cual es necesario aplicar alguna metodología de lean manufacturing e innovación para aumentar la productividad de la empresa [11]. De acuerdo a la información científica que existe, se propone emplear oportunidades de mejora mediante innovación y Triz

[13] para poder alcanzar la idealidad, que es la tendencia de un sistema (producto) a desempeñar su función sin consumir materia y energía. Mediante Triz y herramientas para el diseño de nuevos productos [15] se pueden profundizar más ciertas áreas que generan retrasos en una línea de producción, para encontrar soluciones creativas a problemas ergonómicos, tales como el diseño de estaciones de trabajo, manipulaciones manuales entre otros [14].

La aportación principal de este trabajo fue la combinación de la ciencia de simulación con herramientas, programas informáticos, diagramas de control, métodos, gráficas y técnicas estadísticas para obtener resultados a problemas complejos en la industria cárnica. Esto contribuye a una nueva exploración de trabajo al estado vigente en el área de simulación y procesos industriales, lo que puede llegar a servir de orientación para cualquier investigador, aplicable a campos internacionales.

Trabajo a futuro

En este artículo se ha puesto énfasis en el procedimiento para construir un modelo de simulación con la ayuda de la herramienta SIMIO. De acuerdo con la alternativa planteada se obtuvieron buenos resultados; sin embargo, para que la empresa cárnica sea más competitiva en su sector y responda mucho mejor a las exigencias del cliente se requiere la mejora continua, por lo que se aplicará la técnica TRIZ y otras herramientas de ingeniería industrial. El propósito posterior al presente artículo es encontrar soluciones factibles y creativas que permitan modificar, aplicar e innovar en la línea de producción de salchichas tipo Viena. Fundamentándose en los principios inventivos se realizará la validación en patentes a nivel mundial, con esto reducir al menos un 35% de los operarios, eliminar cuellos de botella, deducir tiempos de procesamiento de manera significativa y lograr un adecuado flujo del producto a su etapa final que es empaquetado.

Conclusiones

Actualmente muchas empresas deben gestionar una elevada cantidad de alternativas a la hora de tomar sus decisiones, debido a la enorme complejidad existente en el entorno de competencia en el que se desenvuelven. Mediante la combinación de simulación, técnicas estadísticas y experimentales es posible comparar diferentes escenarios en un entorno simulado como experimental, para obtener una perspectiva sobre las ventajas e inconvenientes de implementar alguna alternativa de un modo cuantificado.

El modelo de este trabajo permitió concentrarnos en el valor de la simulación como soporte a la toma de decisiones, se demostró que la alternativa propuesta por la empresa es una buena alternativa que mejora las medidas de desempeño, pero posiblemente no sea la óptima, ya que además de la simulación, se necesita aplicar metodologías como TRIZ para simplificar actividades que retrasan el tránsito del producto y optimizar los niveles de funcionamiento del sistema.

Agradecimientos

Primeramente, quiero dar gracias a Dios por haberme dado la oportunidad de llegar hasta el momento de hoy, agradezco el apoyo del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) como al Instituto Tecnológico de Orizaba. Quiero dedicar este artículo a mis profesores: el MC. Constantino Gerardo Moras Sánchez, el Dr. Guillermo Cortés Robles, el Dr. Alberto Alfonso Aguilar Lasserre y al Ing. Carlos Edu Argüelles Téllez por su contribución al presente artículo.

Referencias

[1] L. Quintana, «Situación actual y perspectivas del mercado mundial de las carnes,» 13 02 2017. [En línea]. Available: https://www.interempresas.net/Industria-Cárnica/Articulos.html. [Último acceso: 24 Julio 2020].

[2] I. L. F. H. Encinas, «Importancia de la industria cárnica en México,» Consejo Nacional Agropecuario, Mexico, 2019.

[3] SADER, «Boletín mensual de producción cárnica en canal de bovino,» Gobierno de México, México , 2019.

[4] C. G. M. S. M. J. F. C. Á. P. José Efraín Ferrer Cruz, « Aplicación de simulación para el incremento de la productividad de una empresa generadora de panela en la Ciudad de Tuxtepec, Oaxaca,» *Academia Journals,* vol. 7, nº 1, p. 8, 2013.

[5] S. Beer, Diagnosing the System for Organizations., USA: John Wiley & Son, 1985.

[6] D. Davis, Investigación en administración para la toma de decisiones, México: Thomson, 2001.

[7] D. L. Z. R. y. J. C. O. Lopera, «Modelo de simulación de alternativas de productividad para apoyar los procesos de toma de decisiones en empresas del sector cárnico,» *Revista de métodos cuantitativos para la economía y la empresa,* vol. 30, nº 2, p. 16, 2019.

[8] H. Mejía Ávila y M. Galofre Vásquez, «Aplicación del software de simulación como herramienta en el rediseño de plantas de producción en empresas del sector de alimentos,» *Prospectiva -Universidad Autónoma del Caribe,* vol. 6, nº 2, p. 8, 2008.

[9] A. A. S. C. Pritsker, Management Decision making : A Network Simulation Approach, USA: Prentice:Hall, 1983.

[10] J. C. C. G. J. A. V. Puche Regaliza, «Simulación como herramienta de ayuda para la toma de decisiones empresariales. Un caso práctico,» *Revista de métodos cuantitativos para la economía y la empresa,* vol. 21, nº (), p. 18, 2016.

[11] A. D. C. F. D. L. S. M. Pablo Canalesa, Trabajo de grado en modalidad de aplicación de una metodología Lean Manufacturing para aumentar la productividad del chorizo en una empresa que elabora productos cárnicos procesados, Bogotá, Colombia: Pontificia Universidad Javeriana, 2018.

[12] J. C. T. L. A. P. P. A. S. Helmer Paz Orozco, «Propuesta para un diseño de distribución en planta,en el área de separado para una empresa de alimentos cárnicos, evaluada mediante una herramienta de simulación - FLEXIM.,» *Publicaciones e Investigación. Bogotá, Colombia,* vol. 12, nº 2, p. 12, 2018.

[13] M. V. V. M. F. M. A. Q. C. M. S. Jaime A. Aguilar Zambrano, «Uso de la Teoría de Solución de Problemas Inventivos (TRIZ) en el análisis de productos de apoyo a la movilidad,» *Ingeniería y Competitividad-Pontificia Universidad Javeriana, Cali, Colombia.,* vol. 14, nº 1, p. 15, 2012.

[14] O. R. L. Marco Henrich Saavedra, «Aplicaciones de la metodología TRIZ en el diseño ergonómico de estaciones de trabajo,» *Revista de la Facultad de Ingeniería Industrial,* vol. 16, nº 1, p. 6, 2013.

[15] C. E. M. O. M. R. P. S. O. M. ,. E. L. O. Lidilia Cruz Rivero, « Uso de TRIZ, VOC y QFD como herramientas para el diseño de nuevos productos,» *Cujae,* vol. S/N, nº S/N, p. 7, 2014.

[16] A. M. y. K. D. Law, “Simulation modeling and analysis”, U.S.A: , Editorial McGraw Hill, 2007.

[17] E. A. M. R. A. C. Jose A. Campo, «Metodología basada en simulación para la programación de recursos en líneas de confección,» *Espacios,* vol. 39, nº 24, p. 16, 2018.

[18] J. D. Domínguez, «Optimización simultánea para la mejora continua y reducción de costos en procesos,» *Universidad EAFIT,* vol. 2, nº 4, p. 19, 2006.

[19] M. C. G. G. L. B. H. José Roberto C.González, «Simulación de procesos, una perspectiva en pro del desempeño operacional,» *Revista Iberoamericana de Producción Académica y Gestión Educativa,* nº 4, p. 21, 2007.

[20] C. Moras S., «“Apuntes de Simulación”,» Instituto Tecnológico de Orizaba, Posgrado, México, 2019.

[21] J. Banks, Introduction to Discrete-Event System Simulation, (4ta ed.). India: Pearson Education India, 2005.

[22] M. H. Bonilla, Evaluación de una línea de producción de embutidos utilizando simulación en SIMIO y la teoría de TRIZ Para crear estrategias de mejora en las células de trabajo, México: Tecnológico Nacional de México, 2020.

[23] E. CIANCA, Base de datos,México: Empacadora CIANCA, 2019.

[24] H. G. D. E. &. C. B. L. García Reyes, Simulación y Análisis de sistemas con Promodel, México: Pearson, 2006.

[25] E. Garavito, « Técnicas Modernas de Optimización. Bucaramanga,» Universidad Industrial de Santander UIS., 2012, p. 3.

[26] D. S. W. K. Jeffrey Smith, Modelación y Simulación: Modelado análisis y aplicaciones, México: CreateSpace Independent Publishing Platform, 201, 2018.

[27] R. I. S. M. J. Rios Insus David, Simulación métodos y aplicaciones, México: Alfaomega, 2000.

[28] S. D., Ingeniería y administración de la productividad, México: Editorial McGraw Hill, 1994.

Identificación de variables que más inciden en la eficiencia en fábrica de un ingenio azucarero

L.G. Tobón Galicia[1], L. Fuentes Rosas[2], M.A.Flores Serrano[3], A.A. Reyes Lepe[4]*
[1-3] Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico Superior de Tierra Blanca, Prol. Av. Veracruz s/n, Esq. Héroes de Puebla, Col. Pemex, C.P. 95180, Tierra Blanca Veracruz México.
[4] Servicios Profesionales Muevetierra, S. A. de C.V., Calle Viuda de González #4A, Col. Las Minitas C.P. 83285, Hermosillo Sonora.

Lucila.Tobon@itstb.edu.mx

***Área de participación**: Ingeniería Industrial*

Resumen

Se utilizó el método multivariante de análisis de componentes principales para extraer las componentes que explicarán el mayor porcentaje de variabilidad de un conjunto de diecinueve variables que son monitoreadas en el proceso de elaboración de azúcar de un ingenio durante la zafra 2019-2020, el objetivo principal fue identificar las variables que más correlacionadas están con la eficiencia en fábrica; el análisis arrojó que son cinco las componentes que explican el 90.491% de la varianza de los datos originales, así mismo, que la componente dos, contiene las variables mayormente asociadas con la eficiencia en fábrica, por lo tanto se aplicó un análisis de regresión lineal múltiple para cuantificar el efecto de dichas variables sobre la eficiencia; el modelo obtenido explica el 63.9% de la variable, por lo que deberá ser validado y adecuado, durante la zafra 2020-2021 y posteriormente utilizado como método de predicción para a toma de decisiones.

***Palabras clave**: Análisis de componentes principales, Regresión Lineal, Ingenio Azucarero.*

Abstract

The multivariate method of principal component analysis was used to extract the components that will explain the highest percentage of variability from a set of nineteen variables that are monitored in the sugar production process of a mill during the 2019-2020 harvest, the main objective was to identify the variables that are most correlated with factory efficiency; The analysis showed that there are five components that explain 90.491% of the variance of the original data, likewise, that component two, contains the variables most associated with factory efficiency, therefore a linear regression analysis was applied multiple to quantify the effect of these variables on efficiency; The model obtained explains 63.9% of the variable, so it must be validated and appropriate during the 2020-2021 harvest and later used as a prediction method for decision-making.

***Key words**: Principal component analysis, Linear Regression, Sugar Mill.*

Introducción

La agroindustria azucarera es uno de los sectores económicos de mayor importancia en el país, la caña de azúcar que es la materia prima principal, se cultiva en 22 de sus 32 entidades federativas [1], con una producción de seis millones de toneladas anuales, se considera la cuarta agroindustria más productiva del país, ya que genera 3.7 billones de dólares anuales y representa el 4.7% del Producto Interno Bruto del sector primario [2].

Este sector agroindustrial tiene aproximadamente dos décadas de hacer frente a los nuevos mercados globalizados, que implicaron la presencia de azúcar y otros edulcorantes en los mercados mexicanos y extranjeros, compitiendo fuertemente con el azúcar producida en México; hoy en día existen grupos azucareros mexicanos fuertemente posicionados en el mercado del azúcar de caña

en sus diferentes variedades, que para lograr su presencia en éste sector tan competido, los administradores han necesitado cambiar de filosofía de trabajo, primeramente adoptando sistemas de gestión de la calidad y posteriormente acogiendo métodos de trabajo para la gestión de la inocuidad, el cuidado del medio ambiente y de manera reciente la seguridad industrial.

Este trabajo se realiza en un ingenio azucarero de la zona centro del estado de Veracruz (se omite el nombre por solicitud de la empresa) que forma parte de uno de los consorcios azucareros más grandes del país; dentro de su grupo, el ingenio en estudio ha sido pionero en la implementación de métodos de análisis matemáticos para la toma de decisiones efectivas, entre ellos las técnicas estadísticas avanzadas; cabe mencionar que en la industria azucarera se generan una gran cantidad de datos de las variables monitoreadas durante el proceso, que en la mayoría de los casos únicamente se quedan en datos y no se les da el tratamiento necesario para convertirlos en información valiosa para la compañía.

El presente estudio hace uso de los datos generados durante la última zafra 2019-2020, consiste en un análisis estadístico multivariante de la interdependencia, que es un método que busca disminuir la cantidad de información bajo el supuesto de que ésta puede estar asociada, ser repetida o abundante; se emplean variables de tipo cuantitativas, mismas que fueron definidas por los expertos en el área y que se consideran son las que tienen probabilidad de incidir en la eficiencia total de la fábrica. Los tipos de análisis multivariante de reducción de dimensiones se clasifican según el tipo de variables, López Aguado & Gutierrez Provecho [3] describen la clasificación de los métodos tal como lo ilustra la Tabla 1.

Tabla 1. Clasificación de los métodos de reducción de dimensión de acuerdo al tipo de variable.

Escala de medida de las variables	Técnica
Cuantitativas	Análisis de componentes principales Análisis factorial
Cualitativas	Análisis de correspondencias Escalamiento óptimo
Cualitativas Ordinales	Escalamiento multidimensional

Para el caso de este estudio se usará el análisis de componentes principales, que tiene por objeto transformar un conjunto de variables, a las que se denomina *originales*, en un nuevo conjunto de variables denominadas *componentes principales*. Estas últimas se caracterizan por estar incorrelacionadas entre sí y, además, pueden ordenarse de acuerdo con la información que llevan incorporada [4]. El objetivo principal es encontrar las variables que más se correlacionen con la eficiencia total de la fábrica y a partir de ello cuantificar el efecto de las variables a través de la técnica de regresión lineal, ofreciendo a los administradores un modelo de predicción que será validado durante la zafra 2020-2021.

Metodología

Este estudio se realizó siguiendo la metodología propuesta por Pérez [5], que se menciona en la Figura 1 y de manera posterior se describe su implementación.

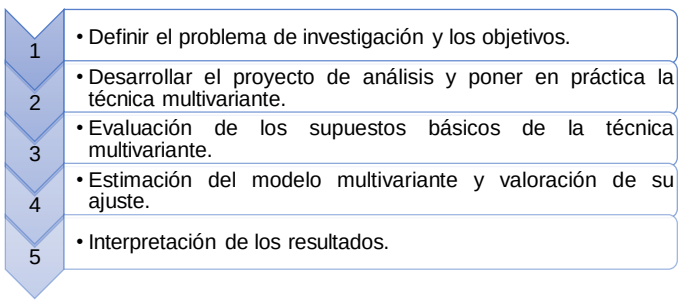


Figura 1. Metodología de la técnica multivariante.

1. Definir el problema de investigación y los objetivos.

La eficiencia en fábrica es una variable que se utiliza como parámetro de competitividad dentro del sector azucarero, a través de ella se mide el desempeño de cada ingenio con respecto a su operación de recuperación de sacarosa (pol) durante el proceso de elaboración de azúcar, esta variable resulta ser de tipo dependiente, ya que su resultado está en función de otras variables más que son medidas y controladas año con año en cada molienda. Este estudio tiene el objetivo de identificar las variables del proceso que más asociadas o correlacionadas se encuentran con la eficiencia en fábrica, una vez identificadas se cuantificará el efecto de dichas variables a través de la técnica de regresión lineal, obteniendo un modelo de predicción que una vez validado sirva como sustento para la toma de decisiones en el proceso.

2. Desarrollar el proyecto de análisis y poner en práctica la técnica multivariante.

En esta etapa de la metodología se deben establecer las variables que se incluirán en el modelo, así mismo, se pide indicar el método seleccionado y la muestra de datos a utilizar. Con respecto a las variables empleadas se muestran en la Tabla 2; en relación al método multivariante a elegir, se considera el tipo de variable, para este caso son cuantitativas y se usará el método de componentes principales (Ver Tabla 1); en lo que respecta a los datos, se utilizaron los 152 días de molienda de zafra 2019-2020 del ingenio azucarero en estudio y fueron obtenidos del informe de corrida de fábrica diario que emite el área de laboratorio químico.

Tabla 2. Variables incluidas en el modelo.

Abreviatura	Nombre de la variable	Abreviatura	Nombre de la variable
FactEfect	Factor Efectividad	**PolPerdMielF**	Pol pérdidas en miel final
PzaJgoMez	Pureza en jugo mezclado	**PolPerdCachz**	Pol pérdidas en cachaza
BrixJgoMez	°Brix en jugo mezclado	**PolAzcProdYestim**	Pol azúcar producido y estimado
PolPorcBag	Pol porciento bagazo	**PolPorcCaña**	Por porciento caña
ExtracPolPorcPol	Extracción Pol porciento Pol	**MielProducFinal**	Miel producida final
PolPorcCachz	Pol porciento cachaza	**BrixFiltrado**	°Brix en jugo filtrado
CachzPorcCaña	Cachaza porciento caña	**PzaFiltrado**	Pureza en jugo filtrado
KgMielFTonCañ	Kilogramos de miel final por tonelada de caña	**BrixClaro**	°Brix en jugo claro
Efic.TotalFbrca	Eficiencia total de fábrica	**PzaClaro**	Pureza en jugo Claro
PolPerdBagz	Pol pérdidas en bagazo		

3. Evaluación de los supuestos básicos de la técnica multivariante

Ya se ha mencionado que la técnica de análisis es el método de componentes principales, es una técnica estadística multivariada clasificada como de la interdependencia que no obliga a comprobar los supuestos de normalidad, linealidad y homocedasticidad, pero que sí requiere que exista una correlación entre las variables analizadas, por lo tanto la Figura 2 muestra la matriz de correlación de las variables que emite el software estadístico SPSS® en dónde se aprecia que sí existen valores cercanos a 1 y -1 (correlación positiva y negativa), así mismo se observa el valor de la determinante muy aproximado a cero ($1.49E^{-021}$), y según Montero Fernández [6], entre menor es el valor de la determinante, mayor es el grado de correlación de las variables, lo que indica que se cumple la condición inicial para aplicar el método de componentes principales.

4. Estimación del modelo multivariante y valoración de su ajuste.

Ahora corresponde valorar de manera global el ajuste del modelo a partir del método utilizado (análisis de componentes principales), en este caso, se evalúa con la medida de adecuación muestral de Kaiser-Meyer-Olkin (KMO) y con la prueba de esfericidad de Bartlett, ambas determinarán si es factible aplicar el método al conjunto de datos.

 ISSN 2007-8102

Matriz de correlaciones

		FactEfect	PzaJgoMez	BrixJgoMez	PolPorcBag	ExtracPolPorcPol	PolPorcCachz	CachzPorcCaña	KgMielFTonCañ	Efic.TotalFbrca	PolPerdBagz	PolPerdMielF	PolPerdCachz	rodYestim	PolPorcCaña	MielProducFinal	BrixFiltrado	PzaFiltrado	BrixClaro	PzaClaro
Correlación	FactEfect	1.000	-.060	.629	.322	-.067	.573	-.530	-.049	.740	.289	-.462	-.370	.718	.626	-.103	.588	-.045	.672	-.059
	PzaJgoMez	-.060	1.000	-.145	-.173	.400	-.115	.222	-.212	.588	-.293	-.580	.211	.195	.067	-.010	.063	.899	.008	.979
	BrixJgoMez	.629	-.145	1.000	.734	-.421	.851	-.496	.137	.313	.683	.091	-.203	.886	.930	-.042	.812	-.099	.914	-.136
	PolPorcBag	.322	-.173	.734	1.000	-.859	.678	-.452	.152	.027	.971	.078	-.233	.667	.756	-.047	.563	-.135	.672	-.166
	ExtracPolPorcPol	-.067	.400	-.421	-.859	1.000	-.387	.327	-.164	.331	-.938	-.171	.216	-.246	-.370	.067	-.214	.350	-.315	.382
	PolPorcCachz	.573	-.115	.851	.678	-.387	1.000	-.502	.134	.299	.628	.068	-.153	.824	.863	-.020	.855	-.083	.894	-.108
	CachzPorcCaña	-.530	.222	-.496	-.452	.327	-.502	1.000	.081	-.238	-.434	-.140	.927	-.461	-.459	.133	-.428	.221	-.524	.228
	KgMielFTonCañ	-.049	-.212	.137	.152	-.164	.134	.081	1.000	-.158	.167	.239	.167	.054	.115	.791	.156	-.141	.106	-.199
	Efic.TotalFbrca	.740	.588	.313	.027	.331	.299	-.238	-.158	1.000	-.096	-.766	-.146	.620	.445	-.048	.458	.553	.458	.585
	PolPerdBagz	.289	-.293	.683	.971	-.938	.628	-.434	.167	-.096	1.000	.123	-.234	.562	.668	-.070	.479	-.248	.592	-.279
	PolPerdMielF	-.462	-.580	.091	.078	-.171	.068	-.140	.239	-.766	.123	1.000	-.120	-.199	-.027	.116	-.039	-.549	-.032	-.587
	PolPerdCachz	-.370	.211	-.203	-.233	.216	-.153	.927	.167	-.146	-.234	-.120	1.000	-.174	-.154	.157	-.126	.226	-.224	.223
	PolAzcProdYestim	.718	.195	.886	.667	-.246	.824	-.461	.054	.620	.562	-.199	-.174	1.000	.978	-.046	.829	.203	.912	.196
	PolPorcCaña	.626	.067	.930	.756	-.370	.863	-.459	.115	.445	.668	-.027	-.154	.978	1.000	-.032	.832	.085	.923	.069
	MielProducFinal	-.103	-.010	-.042	-.047	.067	-.020	.133	.791	-.048	-.070	.116	.157	-.046	-.032	1.000	.014	.023	.000	-.025
	BrixFiltrado	.588	.063	.812	.563	-.214	.855	-.428	.156	.458	.479	-.039	-.126	.829	.832	.014	1.000	.096	.906	.073
	PzaFiltrado	-.045	.899	-.099	-.135	.350	-.083	.221	-.141	.553	-.248	-.549	.226	.203	.085	.023	.096	1.000	.034	.921
	BrixClaro	.672	.008	.914	.672	-.315	.894	-.524	.106	.458	.592	-.032	-.224	.912	.923	.000	.906	.034	1.000	.004
	PzaClaro	-.059	.979	-.136	-.166	.382	-.108	.228	-.199	.585	-.279	-.587	.223	.196	.069	-.025	.073	.921	.004	1.000

a. Determinante=1.49E-021

Figura 2. Matriz de correlaciones.

La prueba KMO valora el grado en que cada una de las variables puede predecirse a partir de las demás variables, se distribuye entre 0 y 1 (entre más cercano a 1 más recomendable es el método), para el caso de este estudio el valor del KMO es de 0.768 (Ver Tabla 3) por lo que se considera un valor recomendable para inferir que los datos son factibles al análisis de componentes principales. La prueba de esfericidad de Bartlett evalúa que la matriz de correlaciones sea diferente a la matriz identidad a través de la hipótesis H_0:$|R_p|$=1(No hay correlación de variables, no aplicar el método) H_1:$|R_p|$≠1 (Hay correlación de las variables, aplicar el método). Se concluye a través del valor de significancia, si p<0.05 se rechaza la hipótesis nula y se aplica el modelo, si p>0.05, se acepta la hipótesis nula y no se asegura la aplicación del modelo. En este estudio el contraste de Bartlett fue de cero, por lo que se rechaza la hipótesis nula y se procede con la aplicación del modelo.

KMO y prueba de Bartlett		
Medida de adecuación		.768
Prueba de esfericidad de Bartlett	Chi-cuadrado aproximado	6897.374
	gl	171
	Sig.	.000

Figura 3. Estadístico KMO y Prueba de Bartlett.

5. Interpretación de resultados.

Para la interpretación de resultados serán consideradas las diferentes tablas emitidas por el software estadístico SPSS®, mismas que a continuación serán descritas brevemente:

- Matriz de comunalidades, sirve para identificar la variabilidad en cada una de las variables que será explicada por los componentes principales, aquí pueden eliminarse del estudio las variables con valores menores a 0.70, cabe mencionar que ésta regla varía según del punto de vista del autor.
- Gráfico de sedimentación, es una gráfica que se utiliza como un método alternativo para localizar el número de componentes, es un procedimiento visual que consiste en localizar el punto de inflexión en la gráfica que normalmente se da con valores menores a la unidad, de tal forma que el número de puntos que se observan por arriba del 1 son el número de componentes que se deben considerar.
- La varianza total explicada, se utiliza para identificar el número de componentes en función de la varianza que explica cada uno de ellos, por lo tanto, deben elegirse los componentes que están acumulando el porcentaje de variabilidad que se considere suficiente.
- La matriz de componentes principales muestra las cargas de cada variable en cada una de las componentes, de tal forma que las variables con mayor cargar en cada componente son las que definirán al mismo.

 ISSN 2007-8102

Resultados y discusión

Matriz de comunalidades

La Tabla 3 corresponde a los valores de las comunalidades de cada una de las variables, como se observa, la mayoría de ellas tienen valores cercanos a la unidad, explican entre el 97.2% y 81.8% de la variabilidad, excepto la variable de Pol Pérdidas en Miel Final, que sólo explica el 61%, para efectos de este estudio, aunque aporta menos del 70% de variabilidad, se decidió que permaneciera para el análisis de componentes principales.

Tabla 3. Matriz de comunalidades.

Comunalidades					
	Inicial	Extracción		Inicial	Extracción
FactEfect	1.000	.818	PolPerdMielF	1.000	.610
PzaJgoMez	1.000	.928	PolPerdCachz	1.000	.957
BrixJgoMez	1.000	.920	PolAzcProdYestim	1.000	.960
PolPorcBag	1.000	.972	PolPorcCaña	1.000	.948
ExtracPolPorcPol	1.000	.935	MielProducFinal	1.000	.920
PolPorcCachz	1.000	.866	BrixFiltrado	1.000	.837
CachzPorcCaña	1.000	.939	PzaFiltrado	1.000	.881
KgMielFTonCañ	1.000	.904	BrixClaro	1.000	.938
Efic.TotalFbrca	1.000	.944	PzaClaro	1.000	.942
PolPerdBagz	1.000	.974			

Gráfico de sedimentación

La Figura 4 corresponde al gráfico de sedimentación, se observa que son cinco el número de componentes que se localizan por encima del auto valor 1 y por lo tanto son los componentes que resumen la información presentada por las 19 variables estudiadas.

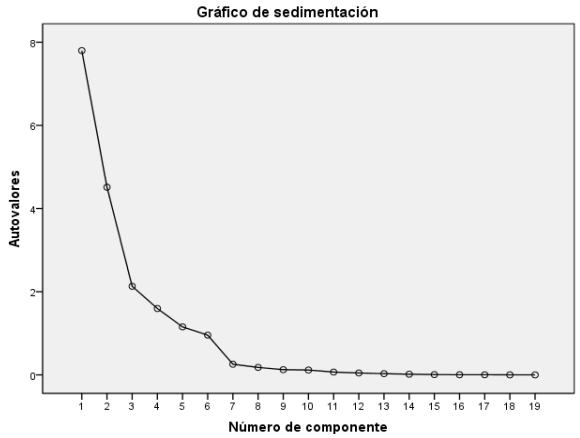


Figura 4. Gráfico de sedimentación.

Varianza total explicada

La columna de *porciento de la varianza* de la Tabla 4, refleja el porcentaje de variabilidad de cada una de las componentes, en este caso la primera explica el 41.049%, la segunda el 23.75%, la tercera el 11.21%, la cuarta el 8.39% y la quinta componente el 6.07%, acumulando un total de 90.491% de la varianza de los datos originales. Los resultados que aporta esta tabla son útiles para determinar el número de componentes idóneos que deben extraerse, decisión que está en función de la variabilidad contenida en los datos que se requiere explicar.

 ISSN 2007-8102

Tabla 4. Tabla de la varianza total explicada.

Varianza total explicada						
Componente	Autovalores iniciales			Sumas de las saturaciones al cuadrado de la extracción		
	Total	% de la varianza	% acumulado	Total	% de la varianza	% acumulado
1	7.799	41.049	41.049	7.799	41.049	41.049
2	4.514	23.757	64.806	4.514	23.757	64.806
3	2.130	11.211	76.018	2.130	11.211	76.018
4	1.596	8.399	84.416	1.596	8.399	84.416
5	1.154	6.074	90.491	1.154	6.074	90.491
6	.956	5.029	95.520			
7	.257	1.350	96.870			
8	.180	.945	97.815			
9	.126	.661	98.476			
10	.116	.612	99.088			
11	.068	.356	99.444			
12	.045	.238	99.682			
13	.029	.155	99.837			
14	.016	.086	99.922			
15	.007	.039	99.961			
16	.004	.019	99.980			
17	.003	.016	99.996			
18	.001	.003	99.999			
19	.000	.001	100.000			

Matriz de componentes

En la matriz de componentes que se ilustra en la Tabla 5 se observa el peso de las variables sobre cada componente, cómo ya se ha mencionado, la primera componente explica el 41.049% de la variabilidad total e incluye las variables que mayormente se relacionan con las ***pérdidas de pol en bagazo***, en la segunda componente, que explica el 23.75% de la variación se localizan las variables que más correlacionadas están con la ***eficiencia en fábrica***, con ésta componente 2 se logra cumplir el objetivo del estudio, que es la identificación de las variables que más inciden en la eficiencia en fábrica del ingenio azucarero.

Tabla 5. Matriz de componentes.

Matriz de componentes					
	Componente				
	1	2	3	4	5
FactEfect	.706				
PzaJgoMez		.901			
BrixJgoMez	.936				
PolPorcBag	.823				
ExtracPolPorcPol	-.521	.539		.523	
PolPorcCachz	.900				
CachzPorcCaña	-.641		.534		
KgMielFTonCañ			.746		
Efic.TotalFbrca		.824			
PolPerdBagz	.768				
PolPerdMielF		-.753			
PolPerdCachz			.675		.528
PolAzcProdYestim	.917				
PolPorcCaña	.943				
MielProducFinal			.699	.516	
BrixFiltrado	.851				
PzaFiltrado		.865			
BrixClaro	.940				
PzaClaro		.903			

 ISSN 2007-8102

Análisis de regresión

Se realizó el estudio de regresión lineal múltiple asignando como variable dependiente la Eficiencia en fábrica y como variables independientes: Pureza en jugo mezclado, extracción Pol porciento Pol, Pol pérdidas en miel Final, Pureza en jugo filtrado y Pureza en jugo claro; los resultados obtenidos se muestran a continuación:

Tabla 6. Resumen del modelo de regresión.

Resumen del modelo d									
Modelo	R	R cuadrado	R cuadrado-corregida	Error típ. de la estimación	Estadísticos de cambio				
					Cambio en R cuadrado	Cambio en F	gl1	gl2	Sig. Cambio en F
3	.800	.639	.632	1.07458	.012	4.809	1	148	.030

En la Tabla 6 se observa el coeficiente de correlación de Pearson (R) con un valor de 0.800 indicando una asociación positiva entre las variables; también se indica el valor del coeficiente de regresión R^2 con un valor de 0.639, este resultado indica la proporción de datos en los que es posible predecir la eficiencia en fábrica en función de las variables, entre más cercano se encuentre a la unidad mejor será el modelo de estimación, en éste caso aunque el valor es más cercano a 1 que a 0, el modelo generado sólo explica el 63.9% de la variable real; en relación al coeficiente de determinación ajustado(R^2 ajustado), que en la regresión múltiple sirve para medir el grado de efectividad de las variables independientes para explicar la variable dependiente, se observa un valor de 0.632, es decir que solo el 63.2% de la variación de la eficiencia en fábrica, es explicado colectivamente por las variables: PolPerdMielF, ExtracPolPorcPol y PzaJgoMez, si se analiza en conjunto con los coeficientes tipificados, las dos últimas variables no se considerarían relevantes en el estudio y por lo tanto la eficiencia en fábrica estaría en función de las pérdidas de sacarosa (pol) en la miel final.

Tabla 7. Tabla de coeficientes.

Modelo		**Coeficientes no estandarizados**		**Coeficientes tipificados**	**t**	**Sig.**
		B	Error típ.	Beta		
3	(Constante)	46.696	11.023		4.236	.000
	PolPerdMielF	-7.729	.718	-.655	-10.770	.000
	ExtracPolPorcPol	.368	.123	.162	2.994	.003
	PzaJgoMez	.144	.066	.143	2.193	.030

Para formar la ecuación de regresión se presenta la Tabla 7, en la columna B se localizan los valores de cada variable con respecto a la eficiencia en fábrica, de tal forma que la ecuación de regresión quedaría como se indica en la siguiente expresión matemática:

$$\boldsymbol{Eficiencia\ en\ Fábrica} = \mathbf{46.696} - (\mathbf{7.729} * \boldsymbol{Pol\ pérdidas\ en\ miel\ final}) + (\mathbf{0.368} * \boldsymbol{Extracción\ Pol\ \%\ Pol}) + (\mathbf{0.144} * \boldsymbol{Pureza\ en\ jugo\ mezclado})$$

En la columna Beta se muestran los pesos que cada una de las variables tienen con respecto a la eficiencia en fábrica, así mismo, los valores de significancia menores 0.05, que evidencian que la constante y los coeficientes de las variables son significativos y deben ubicarse en la ecuación construida.

Finalmente se aplicó el modelo de regresión a los datos y se generó una nueva variable (EficienciaFca) que fue comparada contra la variable real (Eficiencia Total de fábrica), observando la media, se perciben diferencias importantes que muy posiblemente se deban al bajo valor del coeficiente R^2.

Tabla 8. Resultados de la comparación de medias.

Estadísticos de muestras relacionadas					
		Media	N	Desviación típ.	Error típ. de la media
Par 1	EficienciaFca	101.1653	152	1.04640	.08487
	Efic.TotalFbrca	84.8102	152	1.77135	.14368

Trabajo a futuro

Con éste estudio se lograron identificar las variables que más inciden con la Eficiencia en Fábrica del Ingenio Azucarero; el trabajo a futuro a corto plazo es probar el modelo de predicción con los datos de la nueva zafra 2020-2021 y observar el comportamiento de las medias del proceso, con los resultados obtenidos se determinará el uso del modelo o la elaboración de otro, utilizando los datos de la zafra actual, de tal forma que los administradores involucrados en el proceso tengan la certeza de que el modelo de predicción se acercará a los valores esperados.

Conclusiones

1. Se utilizó el método de componentes principales para identificar las relaciones existentes entre las variables de control del proceso de elaboración de azúcar de un ingenio, demostrando con ello la factibilidad de la técnica estadística multivariable para los casos de interdependencia.
2. El método de componentes principales permitió identificar las variables que más asociadas se encuentran con la eficiencia en fábrica, que es el objetivo principal de la investigación, para posteriormente poder generar un modelo de predicción.
3. El modelo de regresión obtenido permite predecir la Eficiencia total de la fábrica, sin embargo, el nivel de precisión de la predicción debe evaluarse nuevamente e incluso modificarse.

Referencias

[1] SAGARPA, «Planeación Agrícola Nacional 2017-2030: Caña de Azúcar Mexicana,» México , 2017.

[2] Diario de Querétaro, «Industria Azucarera, la cuarta más productiva del país,» Querétaro, 2018.

[3] M. López Aguado y L. Gutierrez Provecho, «Cómo realizar e interpretar un análisis factorial exploratorio utilizando SPSS,» *Revista d´Innovació i Recerca en Educació,* 2019.

[4] S. De la Fuente Fernández, «Componentes principales ACP,» Universidad Autónoma de Madrid, Madrid, 2011.

[5] C. Pérez, Técnicas de análisis multivariante de datos, Madrid: Prentice Hall, 2004.

[6] J. Montero Fernández, «Manual abreviado de Análisis Multivariante,» Madrid, 2015.

Aplicación de SMED para la reducción de tiempos muertos en una empresa manufacturera

H. J. Juan Santiago[1], N. Pérez España[2], G. A. Galindo Rosales[3], H. Romero Montoya[4], U. Cortez Silva[5]
1 Departamento de Ing. Industrial, Instituto Tecnológico Superior de Poza Rica, Luis Donaldo Colosio s/n, Arroyo del Maíz, C.P. 93230 Poza Rica de Hidalgo, Ver.
2 Departamento de Ing. industrial, Universidad Politécnica del Estado de Morelos, Paseo Cuauhnáhuac 566, Lomas del Texcal, C.P. 62574 Jiutepec, Mor.
3 Departamento de Ing. en gestión empresarial, Instituto Tecnológico Superior de Poza Rica.
4 Posgrado en planeación estratégica y dirección de tecnología, Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla, Av. 9 Pte. 1712, Barrio de Santiago, 72410 Puebla, Pue
5 Departamento de Ing. en sistemas computacionales, Instituto Tecnológico Superior de Poza Rica

***Área de participación**: Ingeniería Industrial*

Resumen

Mediante la aplicación de SMED en la empresa ClosetMaid, dedicada a la elaboración de muebles de madera se lograron reducir los tiempos de ajuste para cambio de modelo, retrabajos, reprocesos e inventarios; del mismo modo, se eliminó el exceso de desperdicios impactando directamente en la mejora de la calidad del producto final. Durante el desarrollo del proyecto se generó un impacto directo en la gestión de las operaciones, lo cual, se evidenció mediante el diagrama de espagueti, obteniendo una reducción del tiempo durante el cambio de modelo de 57:52 minutos, a un tiempo de 15:33 min, es decir, se redujo el tiempo en un 74.75%, todo esto fue posible con la implementación de las actividades propuestas, así como, el apoyo de los operadores y demás áreas involucradas. El logro de los objetivos generó la oportunidad de continuar implementado la metodología desarrollada en el resto de los equipos de la organización.

***Palabras clave**: SMED, estandarización, desperdicios, mejora.*

Abstract

Through the application of SMED in the company ClosetMaid dedicated to the elaboration of wooden furniture, it was possible tu reduce the adjustment times for model change, rework, reprocessing and stocktacking; in the same way, excess waste was eliminated, directly impacting on the improvement of the quality of the final product. During the development of the project, a direct impact was generated in the management of operations, which was evidenced by the spaghetti diagram, obtaining a reduction in time during the change of model from 57:52 minutes to a time of 15:33 minutes, that is, the time was reduced by 74.75%, all this was possible with the implementation of the proposed activities as well as the support of the operators and other areas involved. The achievement of the objectives created the opportunity to continue implementing the methodology developed in the rest of the organization's equipments.

***Key words**: SMED, standardization, waste, improvement*

Introducción

La herramienta SMED (acrónimo de Single-Minute Exchange of Die) es una herramienta que busca la identificación y optimización de actividades en un sistema productivo; en específico, en las acciones a realizar para la adecuación, cambio de herramentales o piezas para que una máquina pueda cambiar su producción de un modelo "A" a un modelo "B". La creación de esta herramienta estuvo orientada hacia la reducción de tiempos muertos en un sistema de producción. Con el paso del tiempo y el desarrollo de la industria, el mercado se volvió más exigente, por lo cual las empresas

se vieron en la necesidad de incrementar la gama de productos a ofertar, y con esto, tuvieron que ampliar las opciones de operaciones a realizar. Una opción fue adecuar la maquinaria para que sea capaz de fabricar diferentes variedades de modelos o utilizarse en diferentes líneas de producción. Al tener una gama más amplia de operaciones de manufactura, se hace evidente una necesidad de optimizar las actividades para realizar los cambios de modelo. Aunado a esto, se sabe que aunque existan 2 empresas que fabriquen el mismo producto, la manera de desarrollar las herramientas es completamente diferente. Esta situación genera que existan muchas formas de aplicar la herramienta SMED; algunas más eficientes que otras. Este trabajo propone la aplicación de la herramienta SMED en una empresa manufacturera, teniendo como panorama, el poco conocimiento sobre la misma, y las pocas actividades emprendidas. El objetivo que se planteó fue el de mejorar los sistemas de producción mediante la aplicación de SMED. En este proyecto, se detalla la forma de trabajo desarrollada en la empresa ClosetMaid para que la aplicación de la herramienta SMED fuera lo más eficiente. El alcance de este objetivo se demuestra en la sección de resultados.

Metodología

Se tomaron como base, las actividades de la herramienta SMED para establecer la metodología para el desarrollo de esta investigación. Al principio se hizo una adecuación o introducción para que el personal de la empresa estuviera más familiarizado con el sistema de producción. La metodología quedó de la siguiente manera:

1. Identificación y delimitación de la problemática
2. Fase preliminar
3. Etapa 1. Identificación de actividades internas y externas
4. Etapa 2. Transformas actividades internas a externas
5. Etapa 3. Perfeccionar actividades internas a externas
6. Resultados

1. Identificación y delimitación de la problemática

De toda la maquinaria con que cuenta la empresa ClosetMaid, existe un grupo de máquinas en específico que presentaba indicadores fuera de lo esperado; las máquinas Slatbed, estas se encargan de realizar ranuras de 16mm en diferentes subemsambles denominados Gables, con ayuda de seis motores que deben estar colocados a partir de diferentes configuraciones. La empresa cuenta con 12 máquinas de este tipo que son utilizadas para subemsambles en donde el maquinado es más complejo y de mayor costo. Los *gables* van de 2, 3 y 6 ranuras, sin embargo, cada ranura depende del modelo, ya que existen unos de mayor dimensión

- Mayor dimensión: Largo (758 mm), Ancho (298mm), grosor (16mm)
- Dimensión máxima. Largo (2026 mm), Ancho (394mm) Grosor (16mm)

De acuerdo a los modelos a realizar, los tiempos muertos y el WIP (del acrónimo *Work in process*) presentaban valores que afectaban la productividad y eficiencia de la línea de producción. Por esta razón, se identificó como un área de oportunidad ideal para la aplicación de herramientas de ingeniería industrial. Al analizar a detalle los indicadores, y darse cuenta que el número de elementos en el WIP era demasiado, se decidió que la herramienta SMED sería ideal para alcanzar los valores óptimos de los indicadores mencionados.

2. Fase preliminar

Para tener información actualizada de las operación de la máquina Slatbed se hizo un registro de los tiempos que se tardaban los operadores en realizar el ajuste de la máquina. De acuerdo a indicaciones de la dirección, el tiempo disponible para realizar el registro de los tiempos fue de mes y medio (Tabla 1 y Figura1). Una vez recabados los datos, se procedió a su análisis. En primera instancia se notó que los tiempos de registros más alto y más bajo fueron de 70 y 52 minutos, respectivamente.

Esta información se le mostró a la dirección, y fue unánime la observación de que los tiempos de registro se encontraban por encima de lo esperado. Esto generaba las siguientes situaciones:

- Pérdida de tiempo productivo

 ISSN 2007-8102

- No alcanzar la producción planeada
- Retraso en las operaciones subsecuentes.
- De acuerdo al tiempo estándar, se debían maquinar 360 piezas por hora, en la realidad de maquinaban cerca del 55%.

Tabla 1. Registro de tiempos de los ajustes

#Muestras	Minutos	Horas	#Muestras	Minutos	Horas
1	67	1,12	11	61	1,02
2	65	1,08	12	58	0,97
3	70	1,17	13	63	1,05
4	58	0,97	14	62	1,03
5	52	0,87	15	57	0,95
6	60	1,00	16	59	0,98
7	65	1,08	17	65	1,08
8	62	1,03	18	68	1,13
9	65	1,08	19	64	1,07
10	60	1,00	20	61	1,02

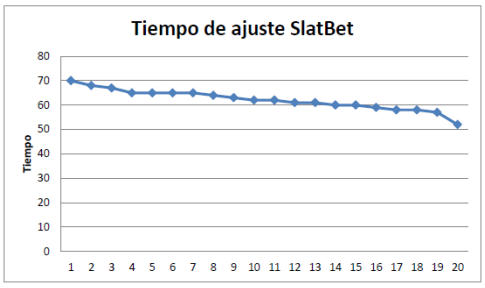


Figura 1. Gráfico de los tiempos de ajuste

Para concluir esta etapa, la empresa decidió que este proyecto de investigación se iba a centrar en el Gable con más dimensiones, ya que de acuerdo los diseños de la pieza y a la opinión de los ajustadores, este modelo requiere más ajustes en la máquina Slatbed para su manufactura. Una vez identificado y cuantificado el problema, se realizó un análisis de las actividades que tiene que llevar a cabo el operador para realizar el ajuste de la máquina Slatbed. Se analizaron a detalle las condiciones reales en las que se desarrolla el setup (tiempo necesario de ajuste de máquina para la manufactura de un modelo diferente), ya que en la mayoría de los casos se realizan actividades que no generan valor al proceso, estas son:

- Buscar por largos periodos herramientas básicas
- Localizar elementos que son indispensables para realizar el trabajo como lo son tornillos, llaves, instrumentos de medición.
- Elaborar formatos de calidad o producción.
- Caminar sin sentido por el área de trabajo.

Con la ayuda de una cámara se tomó el video del ajuste de la máquina desde la indicación del líder del área sobre el gable a maquinar hasta la fabricación de la pieza con las medidas establecidas. El Gable que se estudió, como ya se había mencionado, fue el de mayor dimensión debido a que en este se utilizan los 6 motores, cada motor para una ranura a distancias diferentes una de otra. Una vez realizado, se revisó la grabación para poder analizar cada actividad con detalle y anotar el tiempo que este tarda por cada una, como se muestra en la tabla 2. También se realizó un diagrama de espagueti para conocer el recorrido que este tenía que hacer y saber cuáles eran aquellas distancias que se debían de acortar (Figura 2a y 2b).

3. Etapa 1. Identificación de actividades internas y externas

En esta etapa se identificaron cada una de las actividades que se registraron en la etapa preliminar. Se pudo detectar que de 52 actividades realizadas; 49 son actividades internas y 3 son actividades externas, esto quiere decir que la mayoría de las actividades que se realizan durante el ajuste son efectuadas mientras la máquina se encuentra parada. En la tabla 3, se expresa cada una de las actividades realizadas por el operador durante el cambio y se puede apreciar el tipo de actividad, se clasificaron en interna o externa (columna4, titulo “Step 1 Clasify (I/E)”).

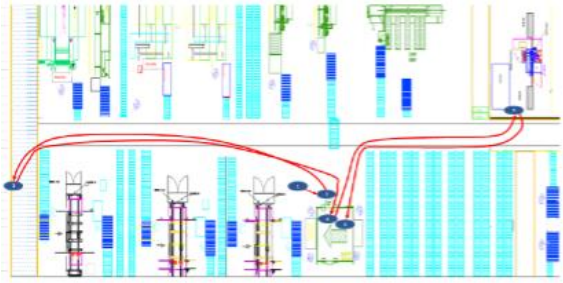
4. Etapa 2. Transformar actividades internas a externas

Es en esta etapa del SMED en donde se enfoca en reducir el tiempo de las actividades internas o inclusive si es posible eliminarlas, encontrando áreas de oportunidad, mediante herramientas de análisis. El 94% del tiempo en las actividades que se realizan en el cambio de subemsamble son internas, es decir, son actividades ocasionan que la maquinaria este parada.

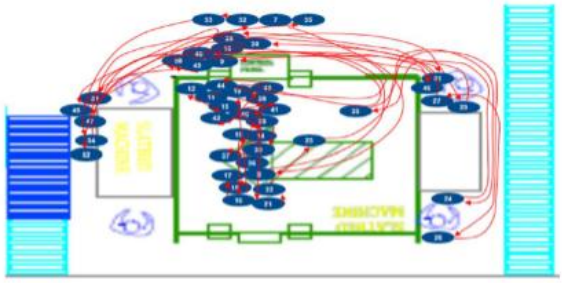
 ISSN 2007-8102

Tabla 2. Tiempo de ajuste de subensamble de seis ranuras

Changeover Analysis Form				
Observador:	Carmina Bello	Maquina a Observar:	Slatt Bed – Cuna	Part # From
Fecha	09/04/2017	Setup	Ruben Martinez	LGP-000101
Step	Observaciones			Tiempo observado
1	Jefe de grupo entrega el plano al setup			0:08
2	Candadear la maquina			0:16
3	Ir por la manguera			2:09
4	Sopletear la maquina			1:42
5	Ir por el gage			0:54
6	Posicionar guias laterales y colocar el gages debajo de los motores			2:06
7	Ir por herramienta para posicionar motores			0:52
8	Posicionar Motor B, C y D			3:45
9	Retirar candado y bajar motores desde el tablero de controles			0:28
10	Candadear maquina y esperar a que abra la puerta			2:47
11	Tomar herramienta, molote faltante y colocarlo			1:27
12	Ajustar guia y posicionar motores E Y F			2:12
13	Apretar motor F			0:32
14	Reposicionar gage bajo los motores A B C D y reposicionar motores C Y D			1:00
15	Apretar motores D y C			1:41
16	Reposicionar motor B			0:26
17	Apretar motor B			0:30
18	Posicionar y ajustar mecanismo de ruedas (entre motor A y motor B)			0:35
19	Posicionar y ajustar mecanismo de ruedas de motor F			3:18
20	Ajustar altura de mecanismos de ruedas de motor F y E (2 mecanismos)			0:34
21	Posicionar mecanismo de ruedas en motor C Y D			1:05
22	Apretar y ajustar mecanismo de ruedas en motor C Y D			3:12
23	Retirar el gage			0:36
24	Colocar 1 pieza en la cama para ajustar guias			0:15
25	Posicionar y apretar guias			1:37
26	Quitar candado, subir motores y prender la maquina			0:26
27	Revisar que no topen los empujadores con motores o con mecanismo de ruedas			0:41
28	Bajar motores y encenderlos			0:31
29	Pasar una pieza			0:42
30	Apagar maquina y colocar candado			0:22
31	Tomar gage y verificar primera pieza contra el gage			0:34
32	Ir por cinta y plano			0:21
33	Ir por crayola			0:23
34	Medir primera pieza con cinta			1:10
35	Tomar herramienta para mover los motores			0:30
36	Aflojar y posicionar con cinta motor B			1:12
37	Apretar motor B			1:12
38	Aflojar y posicionar con cinta motor C			1:01
39	Apretar motor C			1:03
40	Aflojar y posicionar con cinta motor D			0:44
41	Reposicionar mecanismo de ruedas y apretar motor D			3:36
42	Aflojar y reposicionar con cinta motor F			0:49
43	Apretar motor F			0:38
44	Dar profundidad a motor E			0:28
45	Quitar candado, encender la maquina y bajar motores			0:52
46	Pasar una pieza			0:43
47	verificar pieza con gage			0:40
48	Ir por vernier y medir pieza			1:02
49	colocar candado y dar profundidad a motor E, B y C			0:43
50	Quitar candado, encender máquina y bajar motores			0:30
51	Pasar piezas			0:20
52	Verificar primera pieza contra el plano y firmarlo			2:32
			TIEMPO TOTAL	57:52:00



a) Recorrido en la planta para realizar el ajuste



a) Recorrido en la maquinaria para realizar el ajuste

Figura 2. Mapa de spaguetti de situación actual

Tabla 3. Identificación de actividades internas y externas

Changeover Analysis Form				
Observador	Carmina Bello	Maquina a observar	Slatt Bed	Part # From
Date	30/10//2017	Setup	Ruben Martinez	LGP-000101
#	Observaciones		Time	Step 1 Clasify (I/E)
1	Jefe de grupo entrega el plano al setup		0:08	E
2	Candadear la maquina		0:16	I
3	Ir por la manguera		2:09	E
4	Sopletear la maquina		1:42	I
5	Ir por el gage		0:54	E
6	Posicionar guias laterales y colocar el gages debajo de los motores		2:06	I
7	Ir por herramienta para posicionar motores		0:52	I
8	Posicionar Motor B, C y D		3:45	I
9	Retirar candado y bajar motores desde el tablero de controles		0:28	I
10	Candadear máquina y esperar a que abra la puerta		2:47	I
11	Tomar herramienta, molote faltante y colocarlo		1:27	I
12	Ajustar guia y posicionar motores E Y F		2:12	I
13	Apretar motor F		0:32	I
14	Reposicionar gage bajo los motores A B C D y reposicionar motores C Y D		1:00	I
15	Apretar motores D y C		1:41	I
16	Reposicionar motor B		0:26	I
17	Apretar motor B		0:30	I
18	Posicionar y ajustar mecanismo de ruedas (entre motor A y motor B)		0:35	I
19	Posicionar y ajustar mecanismo de ruedas de motor F		3:18	I
20	Ajustar altura de mecanismos de ruedas de motor F y E (2 mecanismos)		0:34	I
21	Posicionar mecanismo de ruedas en motor C Y D		1:05	I
22	Apretar y ajustar mecanismo de ruedas en motor C Y D		3:12	I
23	Retirar el gage		0:36	I
24	Colocar 1 pieza en la cama para ajustar guias		0:15	I
25	Posicionar y apretar guias		1:37	I
26	Quitar candado, subir motores y prender la maquina		0:26	I
27	Revisar que no topen los empujadores con motores o con mecanismo de ruedas		0:41	I
28	Bajar motores y encenderlos		0:31	I
29	Pasar una pieza		0:42	I
30	Apagar máquina y colocar candado		0:22	I
31	Tomar gage y verificar primera pieza contra el gage		0:34	I
32	Ir por cinta y plano		0:21	I
33	Ir por crayola		0:23	I
34	Medir primera pieza con cinta		1:10	I
35	Tomar herramienta para mover los motores		0:30	I
36	Aflojar y posicionar con cinta motor B		1:12	I
37	Apretar motor B		1:12	I
38	Aflojar y posicionar con cinta motor C		1:01	I
39	Apretar motor C		1:03	I
40	Aflojar y posicionar con cinta motor D		0:44	I
41	Reposicionar mecanismo de ruedas y apretar motor D		3:36	I
42	Aflojar y reposicionar con cinta motor F		0:49	I
43	Apretar motor F		0:38	I
44	Dar profundidad a motor E		0:28	I
45	Quitar candado, encender la máquina y bajar motores		0:52	I
46	Pasar una pieza		0:43	I
47	verificar pieza con gage		0:40	I
48	Ir por vernier y medir pieza		1:02	I
49	colocar candado y dar profundidad a motor E, B y C		0:43	I
50	Quitar candado, encender máquina y bajar motores		0:30	I
51	Pasar pieza		0:20	I
52	Verificar primera pieza contra el plano y firmarlo		2:32	I
		TIEMPO TOTAL	57:52:00	

Tomando como referencia la filosofía *Lean Manufacturing* (*manufactura esbelta*), la maquinaria en paro es un desperdicio, el cual debe ser minimizado o eliminado. Por esta razón se analizaron los principales factores que ocasionan las actividades internas para poder aplicar una mejora y el tiempo de cambio se pueda disminuir. Un punto a resaltar, fue que a partir de la actividad #31 el operador

debe de verificar las medidas correspondientes al plano ya que máquina la primera pieza, en total estas actividades duran 21:03 minutos (Tabla 4). Al realizar otros ajustes similares, se alarga el tiempo de cambio debido a que deben de maquinarse las piezas necesarias hasta que cumpla con las tolerancias permitidas de ±2mm que establece el departamento de calidad para poder liberar el material. Para poder eliminar, estandarizar y reducir el tiempo de ajuste en la máquina ranuradora, se realizó un análisis con el video filmado y con fotos en el área, y con ayuda de diferentes herramientas de análisis de ingeniería.

4.1 Diagrama de Pareto

Como primer paso, se tomaron aquellas actividades que causan más impacto sobre el tiempo de preparación conforme a la lista de actividades que se realizaron en el video que se grabó debido a que en este se podrían tomar tiempos exactos al momento de realizar alguna actividad, para después con ello poder obtener un tiempo total a partir de aquellas que tenían similitud de proceso (Tabla 5). Como se observa, uno de los principales problemas era el posicionamiento junto con la sujeción de los motores, el cual el operador puntualizaba que era lo que más le costaba trabajo al momento de realizar el ajuste, esto debido al mecanismo de sujeción denominados perros. Muchas actividades quizás no se realicen en un tiempo prolongado, sin embargo, estas son clasificadas como externas, por lo que es necesario eliminarlas del proceso que realiza el operador para ajustar la máquina. Con esta información se realizó el diagrama de Pareto (Tabla 6 y figura 3).

Tabla 4. Actividades de verificación.

31	Tomar gage y verificar primera pieza contra el gage	0:34
32	Ir por cinta y plano	0:21
33	Ir por crayola	0:23
34	Medir primera pieza con cinta	1:10
35	Tomar herramienta para mover los motores	0:30
36	Aflojar y posicionar con cinta motor B	1:12
37	Apretar motor B	1:12
38	Aflojar y posicionar con cinta motor C	1:01
39	Apretar motor C	1:03
40	Aflojar y posicionar con cinta motor D	0:44
41	Reposicionar mecanismo de ruedas y apretar motor D	3:36
42	Aflojar y reposicionar con cinta motor F	0:49
43	Apretar motor F	0:38
44	Dar profundidad a motor E	0:28
45	Quitar candado, encender la máquina y bajar motores	0:52
46	Pasar una pieza	0:43
47	verificar pieza con gage	0:40
48	Ir por vernier y medir pieza	1:02
49	colocar candado y dar profundidad a motor E, B y C	0:43
50	Quitar candado, encender máquina y bajar motores	0:30
51	Pasar piezas	0:20
52	Verificar primera pieza contra el plano y firmarlo	2:32
	TIEMPO TOTAL	**21:03**

Tabla 5. Actividades de mayor impacto

Actividad	Tiempo en segundos
Posicionar motores	806
Apretar motores	709
Posicionar y apretar guías	501
Ajustar y apretar mecanismo de ruedas	441
Ir por herramienta	436
Verificación de piezas	383
Candadear máquina	375
Limpieza de máquina	331
Ir por gage	154

Tabla 6. Frecuencia normal y acumulada

No.	Actividad	Tiempo en segundos	% normal	% acum	No.	Actividad	Tiempo en segundos	% normal	% acum
1	Posicionar motores	806	19.49%	19.49%	6	Verificación de piezas	383	9.26%	79.21%
2	Apretar motores	709	17.14%	36.63%	7	Candadear máquina	375	9.07%	88.27%
3	Posicionar y apretar guías	501	12.11%	48.74%	8	Limpieza de máquina	331	8.00%	96.28%
4	Ajustar y apretar mecanismo de ruedas	441	10.66%	59.41%	9	Ir por gage	154	3.72%	100.00%
5	Ir por herramienta	436	10.54%	69.95%					

4.2 Diagrama causa y efecto

Una vez que se pudo identificar, con la ayuda del diagrama de Pareto, las principales actividades en las cuales el encargado del ajuste de la máquina demoraba mucho tiempo, se elaboró el diagrama de causa y efecto con ayuda de los ajustadores. El objetivo de este diagrama, fue poder identificar las principales causas que originaban las actividades con mayor duración de tiempo para realizar el ajuste, y posteriormente poder idear la manera de reducir estas causas o eliminarlas. (Figura 4).

4.3 Lluvia de ideas

A través de los problemas encontrados mediante el análisis de las herramientas del diagrama de Pareto y Causa-Efecto, en conjunto con el gerente y supervisor de producción y sobre todo con el encargado de la máquina por su experiencia y por ser la persona que está en más contacto con ella, se expusieron diversas ideas de mejora para los problemas que afectaban a la máquina, siempre y

 ISSN 2007-8102

cuando, éstas fuera flexibles tanto en financiamiento como en tiempo de implantación e impacto para el tiempo de cambio

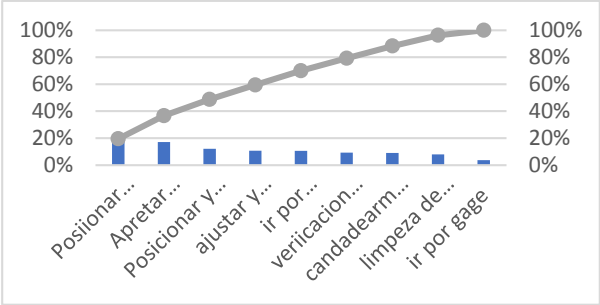


Figura 3. Diagrama de Pareto

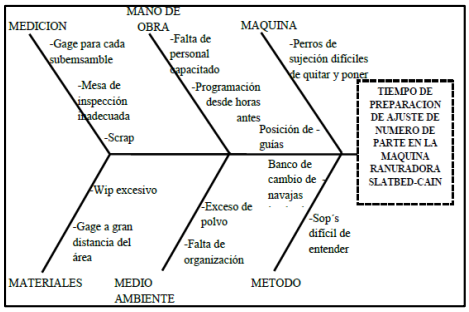


Figura 4 Diagrama causa y efecto

. En el desarrollo del diagrama se propusieron las siguientes ideas.

- Ajuste de motores. Fabricación de topes para cada modelo, con las medidas establecidas en los planos
- Guías. Realizar guías que fueran ajustadas sin necesidad de subirse a la banda transportadora.
- Mecanismo de ruedas. Rediseñar sistema de sujeción de mecanismo.
- Planos. Ayudas visuales de planos.
- Mesa de trabajo inadecuada. Rediseñar mesa con medidas para las piezas de mayor dimensión
- Banco de cambio de navajas. Rediseñar banco para cambio de navajas de molote con ayuda visual
- Gage. Realizar uno que tuviera todas las ranuras para los números de parte ranurados en la máquina.
- Banco de cambio de navajas. Rediseñar banco para cambio de navajas de molote con ayuda visual.
- Exceso de polvo. Rutinas de limpiezas hechas por los operadores de máquinas que están ubicadas a los extremos de la Slatbet-Cain
- SOP´S (Instrucciones de trabajo). Rediseñar SOP´S con nuevo sistema de trabajo.

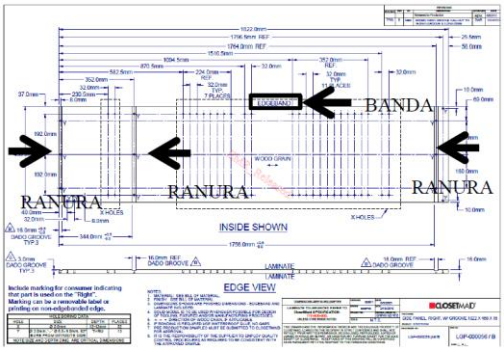
Al concluir la etapa 2 de SMED, y con la ayuda del diagrama de lluvia de ideas, se determinaron que acciones se debían realizar para convertir las actividades internas de mayor impacto en el tiempo de cambio de modelo (tabla 5) en actividades externas. Como se mencionó anteriormente, la empresa tenía poco conocimiento de SMED, las actividades propuestas en la lluvia de ideas tuvieron que llevar un proceso de mejora el cual se detalla en la siguiente etapa.

5. Etapa 3. Perfeccionar actividades internas a externas.

El objetivo principal de esta etapa es reducir al mínimo el tiempo de ajuste. Después de conocer todas aquellas áreas de oportunidad, se deben de implementar piezas, herramientas y ayudas que puedan eliminar, estandarizar y reducir los tiempos de ajuste. Una de las prioridades de mejora radicaba en el ajuste de los motores, debido a que con anterioridad se utilizaban fijadores de sujeción denominados pernos, que se colocaban a cada extremo de cada motor para que este quedara fijo y no se moviera durante el proceso de ranurado por la vibración que este emitía, sin embargo, estos no cumplían con su objetivo; además, que se desperdiciaba mucho tiempo de ajuste, ya que se necesitaba quitar tornillos que median cerca de 3ft de largo, lo que era muy complicado, sumándole el espacio que tenía el operador para realizar esta actividad. Cuando realizaban el setup de la forma convencional, era a través de unas líneas que habían marcado con plumón permanente sobre la barra, de esta manera se ayudaba para saber en dónde debía ir cada motor, sin embargo, las medidas no eran como se marcaba en el plano, sino que era solo una guía para que el motor quedara cerca a la medida establecida, esto para que después se verificara y se moviera los milímetros necesarios hasta que quedara en el límite de tolerancia. Para dar una solución a esta situación se

determinó utilizar topes. El proceso de colocación de los topes consistió en buscar, primeramente, todos aquellos gables que son maquinados en la Slatbed, mediante un documento denominado “exposición”, el cual contiene toda la información de cada modelo como los subemsambles (#parte denominados así en la empresa) con sus respectivas medidas y su número de plano (figura 6). La principal guía para este paso fue el plano, ya que el ajustador dio una lista de aquellos que llevan ranura.

Con ayuda del ajustador, se asistió a la máquina para conocer cuáles eran aquellos motores que se utilizaban en cada una de las medidas en los subemsambles. Fue de notar que existía similitud entre la utilización de unos topes de un plano con otros, como el motor A que coincidían en la primera ranura de las 5 configuraciones, el motor B en 2 y el motor E en 2 configuraciones (Figura 7). Ya hechas todas las configuraciones y enlazando todas aquellas coincidencias entre planos y medidas, se llegó a la conclusión de que solo era necesaria la realización de 10 pares de topes (Figura 8).



a)

DIBUJO	MEDIDAS
LGP-000077	**Largo 758**
	0
	758
LGP-000056	**Largo 1822**
LGP-000057	0
LGP-000071	352
LGP-000070	1764
LGP-000072	**902**
LGP-000073	
LGP-000219	0
LGP-000220	844
LGP-000101 LGP-000102	**Largo 2026**
	0
	399
	791
	1183
	1575
	1968
LGP-000086 LGP-000087	**Largo 2026**
	0
	399
	1968

b)

Figura 6 a) ejemplo de plano de gables, b) concentrado de medidas

5.5.1 Ayudas visuales

Como soporte a los topes se realizó un tablero con las cinco configuraciones, a cada tope se le asignaron colores diferentes, en relación a las medidas a las que se encuentran conforme a los planos. Todo esto permitía, que el operador visualizara en el tablero el plano que se tenía que maquinar en la Slatbed y solo mover los motores identificados con las letras a cada tope del color correspondiente (Figura 9). Esta ayuda visual se colocó en la máquina en la parte superior de la reja de seguridad que tiene la máquina (Figura 10).

Resultados y discusión

La aplicación de la metodología SMED hoy en día es una herramienta de gran valor en las empresas, ya que esta permite que se generen nuevas estrategias, métodos y reducción de gastos principalmente en las áreas de producción, debido a la necesidad de poder ofrecer al cliente nuevos productos y de gran calidad. A lo largo de la aplicación de este proyecto se lograron puntos importantes:

- Reducción de tiempos en los ajustes
- Mejora en la calidad de los subemsambles
- Eliminación de exceso de desperdicios (scrap)
- Reducción de retrabajos y reprocesos
- Reducción de inventarios (WIP).

Ya que los ajustadores asimilaron la nueva forma de trabajo, se volvieron a realizar la toma de tiempos, obteniendo los datos de la tabla 7. También se elaboró un nuevo diagrama de espagueti, obteniendo los siguientes recorridos al momento de realizar el ajuste (Figura 11). De esta manera se logra a través de la metodología del SMED el ajuste de la máquina para el subemsamble con seis ranuras; se disminuyó de 57:52 minutos a 15:33 min. Se logró reducir en un 74.75% de tiempo. Tomando como base este indicador, y las actividades desarrolladas, se puede afirmar una aplicación eficiente de la herramienta SMED.

 ISSN 2007-8102

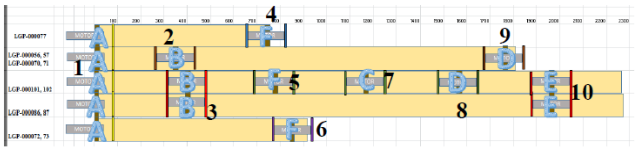


Figura 7. Topes a colocar de acuerdo a los modelos



Figura 8. Aplicación de topes a motores.



Figura 9. Topes resaltados en la máquina

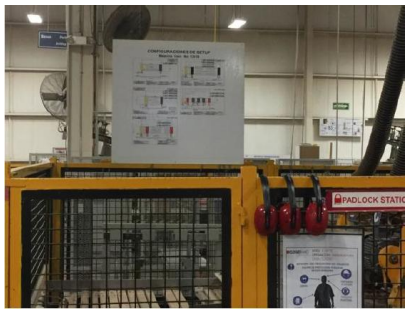


Figura 10. Ayuda visual en la máquina

Tabla 7. Tiempos actuales del cambio de Set up

#	Observacion	Tiempo observado
1	lider especifica que plano ajustar (entrega plano para firmar)	0:10
2	Candadear la maquina	0:22
3	Posicionar guías laterales	2:09
4	Posicionar motor A, B, C y D (Ayuda visual)	2:25
5	Dar profundidad a mecanismo de llantas	1:10
6	Posicionar motor E y F (ayuda visual)	2:10
7	Dar profundidad al mecanismo de ruedas	0:55
8	quitar candado	0:40
9	Encender la máquina y bajar motores	0:45
10	Encender la banda transportadora	0:20
11	Revisar que no topen los empujadores con motores o con mecanismo de ruedas	1:10
12	Pasar una pieza	0:42
13	Verificar pieza con gage	0:45
14	Verificar pieza con cinta y vernier	1:20
15	Firmar plano	0:30
	TIEMPO TOTAL	15:33

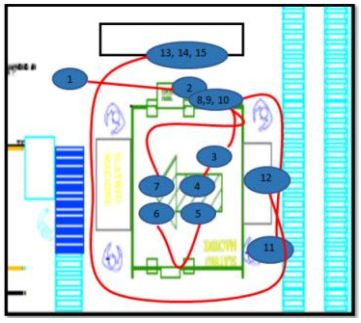


Figura 11. Nuevo diagrama de espagueti al realizar el ajuste.

Conclusiones

Sin duda alguna SMED es una metodología que implica cambios drásticos en la forma de trabajo habitual para un trabajador, además que muchas veces no es posible controlar distintos factores que ya están establecidos por normas, ejemplo de ello es la seguridad, proveedores y costos de nuevas tecnologías, lo cual, es una limitante para la reducción de un tiempo a un mayor porcentaje. Se logró una exitosa implementación del proyecto consiguiendo la reducción de más de un 70% el total del tiempo de ajuste, quedando abierta la posibilidad para seguir estableciendo la metodología SMED en otras máquinas, debido a que la empresa cuenta con una gran variedad de productos que son empacados diarios, por lo que el tiempo de ajuste debería de ser menor.

Referencias

[1] J. Alonso (s.f.). *Flujo en redes y gestión de proyectos,* Madrid: Netbiblo.
[2] R. Camp. *SMED(Manual para cambios rapidos de preparacion*, Productivity Inc. 2002
[3] A. Cardenas. *Administracion con el método Japonés*, CECSA. 1995
[4] J. Cardenas. *Los Sietes Instrumentos de la Calidad*. Madrid, España: Diaz de Santos S.A. 1995
[5] J. Dominguez. *Direccion de Operaciones, Aspectos Estrategicos en la produccion*, España. 1995

[6] C. Hernandez. *Lean Manufacturing, Conceptos Tecnicas e implementacion*, Madrid: Fundacion EOI. 2013
[7] F. Paredes. *SMED: Preparacion rapida de Máquinas*, Continental. 2004
[8] A. Phillip. *Lean is a Cultural Issue*, London: Management Services. 2010
[9] S. Shigeo. *Sistema SMED. Una revolucion de la industria*, Porland, USA: Productivity Press. 1997
[10] S. Shingo. *El sistema de produccion Toyota desde el punto de vista de Ingeniera*, Madrid: Productivity Press. 1989

Sistema electrónico implementado para la estandarización del llenado de garrafones en una purificadora de agua.

D. L. Hernández Barcelata[1], A. Montalvo García[1], D. del C. Gamboa Olivares[2], M. Á. Hernández Díaz[2], E. E. Corona Mayoral[2].*
[1]Alumnos de Licenciatura en Ingeniería Industrial, Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico de Veracruz, Calz. Miguel Ángel de Quevedo 2779, Col. Formando Hogar, C.P. 91897, Veracruz, Veracruz. México.
[2]Departamento de Ingeniería Industrial, Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico de Veracruz, Calz. Miguel Ángel de Quevedo 2779, Col. Formando Hogar, C.P. 91897, Veracruz, Veracruz. México.
**dianahn35@gmail.com*

***Área de participación**: Ingeniería Industrial.*

Resumen

En este artículo se presentan los resultados obtenidos de la aplicación de encuestas a clientes de una purificadora de agua con el propósito de conocer su opinión respecto al producto, al proceso y al servicio otorgado por los encargados de las rutas de entrega. Uno de los problemas que fue detectado mediante las encuestas es la falta de estandarización en la etapa de llenado de garrafones; debido a esto se propone como medida correctiva la implementación de un sistema automático de válvulas que permita la estandarización de esta etapa.
Dicha propuesta de mejora arroja múltiples beneficios entre los cuales destacan: estandarización en la etapa de llenado de los garrafones, capacitación fácil y rápida a los operarios para adaptarse al sistema electrónico, elección de la innovación en tecnología utilizada en la empresa como medio de aseguramiento de la calidad y la filosofía de escuchar al cliente para poder ofrecer un mejor servicio.
Al implementar el sistema automático se volvieron a aplicar encuestas para evaluar la mejora, dando como resultado el aumento de un 57% en la satisfacción por parte de los clientes respecto a la cantidad de 20 litros indicada en la etiqueta del producto.

***Palabras clave**: purificadora de agua, sistema electrónico, estandarización, satisfacción del cliente.*

Abstract

This article presents the results obtained from the application of surveys to customers of a water purifier to know their opinion regarding the product, the process and the service provided by those in charge of the delivery routes. One of the problems that was detected through the surveys is the lack of standardization in the jug filling stage; Due to this, the implementation of an automatic valve system that allows the standardization of this stage is proposed as a corrective measure.
Said improvement proposal yields multiple benefits, among which are: standardization in the filling stage of the jugs, quick and easy training for operators to adapt to the electronic system, choice of innovation in technology used in the company as a means of ensuring quality and the philosophy of listening to the customer in order to offer a better service.
When the automatic system was implemented, surveys were applied again to evaluate the improvement, resulting in a 57% increase in customer satisfaction with respect to the 20-liter quantity indicated on the product label.

***Key words**: water purifier, electronic system, standardization, customer satisfaction.*

 ISSN 2007-8102

Introducción

Las organizaciones se enfrentan al reto de generar experiencias que satisfagan las expectativas cambiantes de los clientes, así como ofrecer resultados y rentabilidad a los accionistas, manteniendo el camino del crecimiento y la competitividad. En este contexto, la innovación se ha convertido en la estrategia clave para los negocios [1]. Debido a esto, las empresas se han preocupado por invertir en nuevas tecnologías que ayuden a la mejora continua de sus procesos con respecto a las empresas dentro del mismo sector.

Se ha realizado una investigación en una empresa dedicada a la producción y comercialización de garrafones de agua purificada con capacidad de 20 litros, ésta cuenta con un sistema semi-automatizado, el cual depende de un 60% de mano de obra directa y un 40% por parte de equipos de bombeo que comprenden: instalaciones de válvulas, bombas de agua y un proceso de ósmosis inversa.

Dentro de los informes de investigación revisados, se encuentra el desarrollo del diseño, instalación y puesta en marcha de un equipo con PLC para la automatización de la operación de llenado de botellones en la planta de agua de la FIA-UNAP, la cual consta de solenoides que funcionan de manera secuencial deshabilitadas, es decir, al terminar de llenar uno de los botellones empieza el llenado del siguiente, obteniendo dos unidades listas para sellar [2]. Dichas evidencias apuntan a que la innovación es indispensable para la mejora continua dentro del sector empresarial sin importar el tamaño de las empresas, ya que todas cuentan con un mismo objetivo, satisfacer al cliente. Por ello, se propone implementar un sistema de válvulas automáticas en la etapa de llenado de los garrafones, esto con la finalidad de llenar cada garrafón con el contenido indicado en la etiqueta (20 litros), es decir, mantener la estandarización y evitar el derrame de agua purificada.

Metodología

Para el desarrollo de la investigación, el equipo de trabajo se encargó de acudir a las instalaciones de la purificadora de agua para realizar la metodología aplicada en la investigación, ésta se encuentra representada en la figura 1, en la cual se llevan a cabo una serie de pasos que se realizan para determinar los problemas que presenta dicha empresa y tener la oportunidad de proponer mejoras para erradicar o disminuir las causas a los mismos.

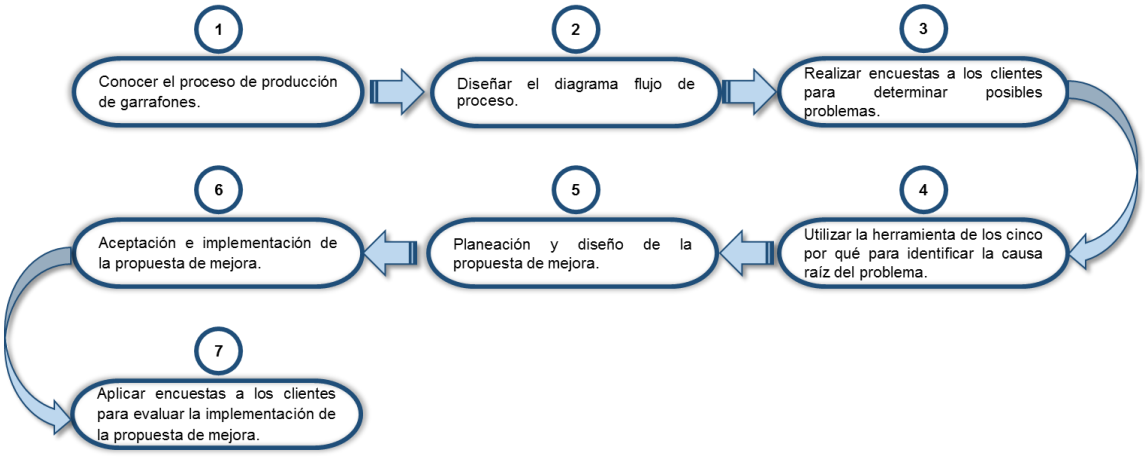


Figura 1. Metodología aplicada a la investigación.

1. Conocer el proceso de producción de garrafones.

La purificadora de agua es una empresa dedicada a la producción y comercialización de garrafones de agua con capacidad de 20 litros. Actualmente, ésta posee un sistema de producción semi-automatizado, ya que se encuentra compuesto por mano de obra directa, instalaciones de válvulas, bombas de agua y un proceso de ósmosis inversa.

 ISSN 2007-8102

2. Diseñar el diagrama flujo de proceso.

Existe un orden de actividades que se deben respetar para llevar a cabo una operación efectiva y sin complicaciones evitando problemas que puedan saturar las líneas de producción. En la figura 2, se detalla el diagrama flujo de proceso que se lleva a cabo desde la aplicación de jabón en garrafones hasta el acomodo en el almacén de productos terminados.

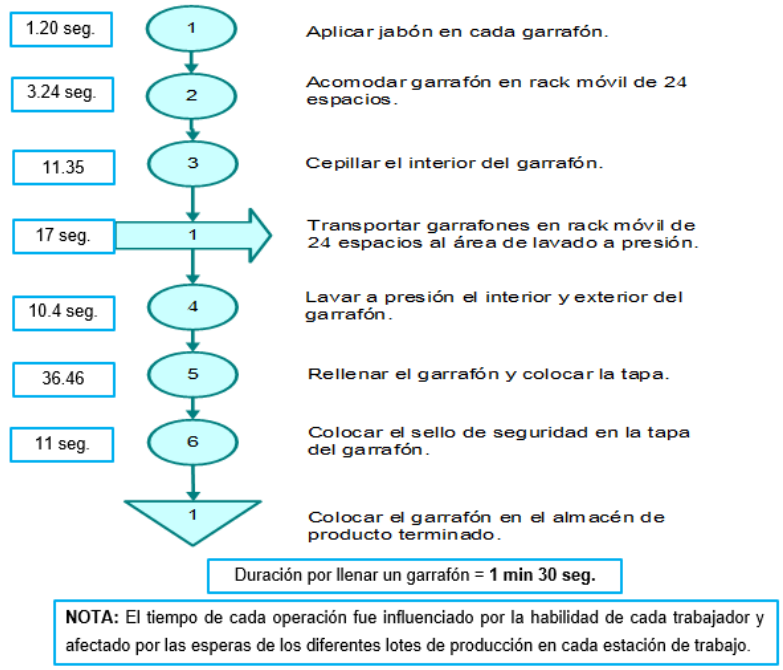


Figura 2. Diagrama flujo de proceso.

3. Realizar encuestas a los clientes para determinar posibles problemas.

Al momento de conocer el proceso, el equipo de trabajo llevó a cabo diálogos con cada uno de los trabajadores de la empresa, tanto administrativos, operativos e incluso los encargados de las rutas de entrega. Algunos encargados de ruta realizaron comentarios acerca del constante cambio de garrafones por parte de los propietarios de algunos puntos de ventas debido al rechazo del garrafón por parte de los clientes causado por observaciones en el contenido e incluso por las condiciones físicas del garrafón; por lo tanto, se decidió realizar encuestas a los clientes para conocer su opinión y percepción hacia la empresa, evaluando aspectos como: proceso, producto y servicio al cliente.

La encuesta es el método de investigación capaz de dar respuestas a problemas tanto en términos descriptivos como de relación de variables, tras la recogida de información sistemática, según un diseño previamente establecido que asegure el rigor de la información obtenida. De este modo, puede ser utilizada para entregar descripciones de los objetos de estudio, detectar patrones y relaciones entre las características descritas y establecer relaciones entre eventos específicos [3].

Para obtener la información necesaria, que sirva para la toma de decisiones, se llevó a cabo la aplicación de encuestas a los clientes que las rutas de entrega hacen por mayoreo y por menudeo, todo esto con el fin de mejorar el servicio. Los clientes son personas con edades muy dispersas, dentro de las cinco rutas que distribuyen en la zona conurbada Veracruz-Boca del Rio se tiene contabilizado 600 puntos de venta entre tiendas de abarrotes, empresas y consumidores finales, es decir, entregas a domicilio. Del total de los puntos de venta, se determinó una muestra con un nivel de confianza al 90% con base a la cartera de clientes de la empresa. En la figura 3 se muestra el cálculo del tamaño de la muestra, dando como resultado 35 personas que deben ser encuestadas, estas personas fueron elegidas de las distintas rutas de entrega, siendo los clientes con mayor demanda del producto.

$$TM = \frac{\frac{z^2 x\ p\ (q)}{e^2}}{1+(\frac{z^2\ x\ p\ (q)}{e^2 N})} = \frac{\frac{1.645^2 x\ 0.90\ (0.10)}{0.08^2}}{1+(\frac{1.645^2\ x\ 0.90\ (0.10)}{0.08^2 600})} = \frac{\frac{2.706025 x\ 0.09}{0.0064}}{1+(\frac{2.706025\ x\ 0.09}{(0.0064*600)})} = \frac{\frac{0.24354225}{0.0064}}{1+(\frac{0.24354225}{3.84})} = \frac{38.05347656}{1+0.06342246} = \frac{38.05347656}{1.06342246} = 35.7839692 = \mathbf{35\ personas.}$$

TM = Tamaño de muestra. N = Tamaño de la población. z = Parámetro estadístico que depende del nivel de confianza. p = Probabilidad de que ocurra el evento estudiado. q = (1-p) = Probabilidad de que no ocurra el evento estudiado. e = error de estimación máximo aceptado.	**Datos:** N = 600 z = 1.645 p = 0.90 q = (1-0.90) = 0.10 e = 0.08

Figura 3. Cálculo del tamaño de la muestra.

En la Tabla 1 se encuentran los resultados acumulados de las encuestas.

Tabla 1. Resultados de las encuestas antes de la propuesta de mejora.

No.	Se considera que…	SÍ	NO	INDIFERENTE
1	La calidad y el sabor del agua son aceptables.	31		4
2	La apariencia del agua es clara y limpia.	30		5
3	Es importante que el proceso de purificación sea con métodos normalizados que no dañen la salud del ser humano y al medio ambiente.	32		3
4	El garrafón que adquiere se encuentra en buenas condiciones físicas.	15	20	
5	La ruta de reparto es puntual y establecida.	23	12	
6	El servicio directo con los repartidores es con respeto.	27	8	
7	La publicidad de la empresa hacia su producto es la adecuada.	28	7	
8	El precio influye en la decisión de la compra del producto.	33		2
9	El producto cumple con las características establecidas por la empresa como:			
	* Contenido (20 litros).	12	23	
	* Sello de seguridad.	30		5
	* Distribución directa por parte de la empresa.	35		
10	Recomendaría la marca a otras personas.	27	8	

De acuerdo con los resultados obtenidos en las encuestas realizadas a los clientes, se percató que existen diversos aspectos en donde se presentan rubros con mayor número de respuestas positivas; sin embargo, el objetivo de la encuesta es enfocar la atención en las preguntas con mayor número de respuestas negativas. Para ello, se utilizó el diagrama de Pareto representado en la figura 4, con la finalidad de priorizar la atención para resolver el problema principal.

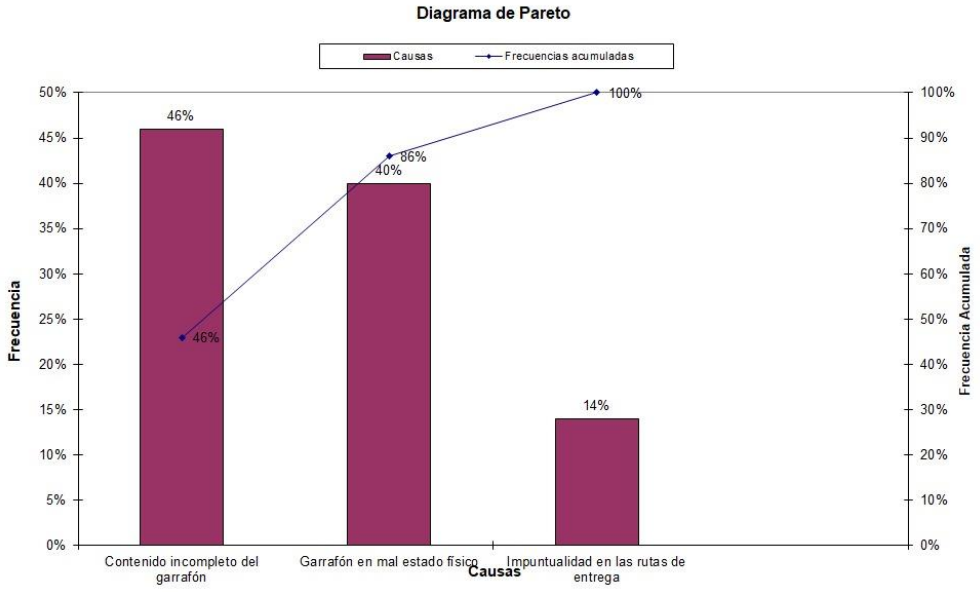


Figura 4. Diagrama de Pareto.

En dicho diagrama se muestra que la causa prioritaria es el contenido incompleto del garrafón, ya que de las 35 personas a las que se les realizó la encuesta, 23 personas tienen inconformidad con que el producto no cumple con el contenido de 20 litros establecido en su etiqueta. En consecuencia, se optó por proponer una mejora que disminuya o erradique la variación en el contenido de los garrafones.

4. Utilizar la herramienta de los cinco por qué para identificar la causa raíz del problema.

La técnica de los cinco por qué es un método basado en la realización de preguntas para explorar las relaciones de causa-efecto que generan un problema en particular. El objetivo final de los cinco por qué es determinar la causa raíz de un defecto o problema [4].

Por lo tanto, el problema es que los clientes no están totalmente satisfechos con el producto, ya que, de acuerdo con las encuestas han surgido comentarios negativos porque los garrafones no cumplen con la especificación de un contenido de 20 litros. En la tabla 2 se desarrolla la herramienta de los cinco por qué con la finalidad de determinar la causa raíz del problema.

Tabla 2. Herramienta de los cinco por qué.

1. ¿Por qué se tuvieron comentarios negativos en la encuesta?
Porque las personas no están totalmente satisfechas con el producto.
2. ¿Por qué las personas no están totalmente satisfechas con el producto?
Porque se han dado cuenta que existe una variabilidad entre cada producto respecto a su contenido.
3. ¿Por qué existe una variabilidad entre cada producto respecto a su contenido?
Porque al momento de rellenar los garrafones no se tiene una forma de medir los 20 litros correctamente.
4. ¿Por qué al momento de rellenar los garrafones no se tiene una forma de medir los 20 litros correctamente?
Porque esa etapa del proceso es realizada por un operario de forma manual realizando el llenado de 5 garrafones al mismo tiempo.
5. ¿Por qué la etapa del llenado es realizada por un operario de forma manual realizando el llenado de 5 garrafones al mismo tiempo?
Porque no se tiene algún método o herramienta que facilite esta tarea.

5. Planeación y diseño de la propuesta de mejora.

Problema.
Falta de estandarización en el proceso de llenado de garrafones con capacidad de 20 litros.

Propuesta.
Fabricar un centro de control de electroválvulas por medio de módulos relay timer alimentado con una fuente de energía especial de 12 v con la finalidad de que el operario obtenga un mejor control de llenado de los garrafones y evitar el desperdicio de agua que ingresó por todo un proceso de filtrado y purificación costoso.

Componentes del sistema propuesto.

- Módulo Relay Timer: Permite ajustar con precisión el tiempo en el que actuará sobre las electroválvulas, de esta manera controlar de forma precisa en medida de tiempo, éste se encuentra representado en la figura 5.



Figura 5. Módulo Relevador Programable 0.1s a 999m.
Fuente: CDMX ELECTRÓNICA (2020). Recuperado de: https://cdmxelectronica.com/producto/modulo-relevador-programable-0-1-s-a-999-m/

- Electroválvula: La adquisición de electroválvulas en su mayor parte de PVC es fundamental para evitar algún tipo de bacteria que se produzca por el contacto del agua con el metal, en la figura 6 se representa una electroválvula de 12 v.



Figura 6. Válvula Solenoide de ½ pulg.
Fuente: CDMX ELECTRÓNICA (2020). Recuperado de: https://cdmxelectronica.com/producto/valvula-solenoide-1-2-pulg-electrovalvula-12v-agua-aire/

• Fuente eléctrica.
Como suministro de energía se utiliza una fuente de poder rectificada de 12 v de manera estable al circuito, la cual se encuentra representada en la figura 7.



Figura 7. Fuente conmutada 12V 5A.
Fuente: CDMX ELECTRÓNICA (2020). Recuperado de: https://cdmxelectronica.com/producto/fuente-conmutada-12v-5a/

• Botón tipo Push.
Se encarga de accionar todo el sistema, dicho botón se colocará en la parte superior de las válvulas, justo enfrente del operario, el cual se encuentra representado en la figura 8.



Figura 8. Botón tipo Push.
Fuente: CDMX ELECTRÓNICA (2020). Recuperado de: https://cdmxelectronica.com/producto/push-boton-grande-12x12mm/

En la figura 9 se realiza una simulación del resultado de la propuesta con ayuda del software @Sketchup.

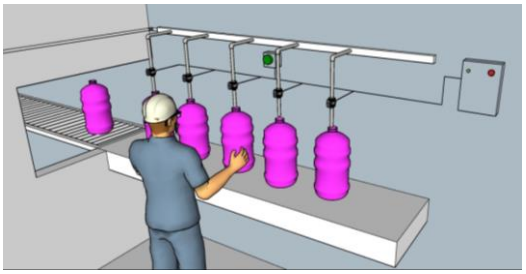


Figura 9. Diseño de propuesta de mejora con ayuda del software @Sketchup.

6. Aceptación e implementación de la propuesta de mejora.

La propuesta de implementación fue aceptada por el propietario de la purificadora de agua, ya que, es una mejora de bajo costo pero efectiva sin necesidad de alterar la estación de trabajo.

El sistema se instaló en el día con menos demanda para no realizar retrasos en la línea de producción y realizar pruebas sobre el funcionamiento permitiendo capacitar a los operarios para el uso del nuevo sistema como se representa en la figura 10.

Al colocar las electroválvulas se realizaron pruebas en solo un dispensador para calcular el tiempo en el que se llena un garrafón con 20 litros, de esta manera se ajustan los tiempos de todos los módulos relay timer para obtener una sincronización total y pasar a las conexiones de energía correctas.

Al realizar el montaje del sistema se tomaron en cuenta varios aspectos, los cuales destacan: fácil mantenimiento, fácil acceso en caso de falla o accidente, ubicación idónea lejos de materiales que pudieran afectar como agua y válvulas, conexiones, cableado a prueba de agua y posición ergonómica para el botón actuador del sistema.



Figura 10. Sistema de válvulas instalado y realización de pruebas.

7. Evaluar la implementación de la propuesta de mejora aplicando nuevas encuestas a los clientes.

Para conocer si con la mejora aplicada en la etapa de llenado de los garrafones se obtuvo el impacto deseado, se aplicaron nuevas encuestas al mismo grupo de clientes; de esta manera se podrá conocer si se obtuvo un cambio en las opiniones de los clientes. Los resultados de dichas encuestas se encuentran representados en la tabla 3.

Tabla 3. Resultados de las encuestas después de la implementación del sistema.

No.	Se considera que…	SÍ	NO	INDIFERENTE
1	La calidad y el sabor del agua son aceptables.	31	1	3
2	La apariencia del agua es clara y limpia.	32		3
3	Es importante que el proceso de purificación sea con métodos normalizados que no dañen la salud del ser humano y al medio ambiente.	34		1
4	El garrafón que adquiere se encuentra en buenas condiciones físicas.	18	15	2
5	La ruta de reparto es puntual y establecida.	20	13	2
6	El servicio directo con los repartidores es con respeto.	29	6	
7	La publicidad de la empresa hacia su producto es la adecuada.	28	5	2
8	El precio influye en la decisión de la compra del producto.	33	1	1
9	El producto cumple con las características establecidas por la empresa como:			
	* Contenido (20 litros).	32	3	
	* Sello de seguridad.	34		1
	* Distribución directa por parte de la empresa.	35		
10	Recomendaría la marca a otras personas.	31	4	

Resultados y discusión.

Al realizar las primeras encuestas se obtuvieron resultados los cuales se representan en la figura 11, indicando que uno de los problemas es referente al contenido del garrafón, ya que un 66% del total de los encuestados indican que el producto no cumple con el contenido, esto se debe a observaciones por parte de los clientes al notar la variabilidad de llenado en los garrafones; mientras que, el 34% si consideran que se le entregan los 20 litros de agua como se marca en la etiqueta de los garrafones.

 ISSN 2007-8102

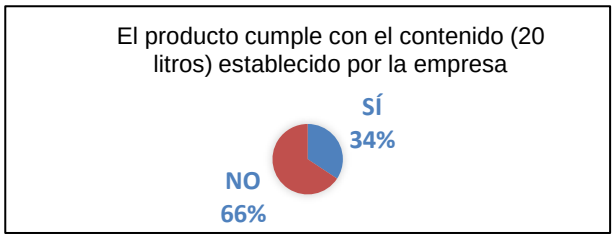


Figura 11. Resultados de aplicación de encuestas antes de la implementación de mejora.

Para mejorar la estandarización del llenado de los garrafones, se implementó un sistema automático de electroválvulas con el objetivo de erradicar la variabilidad en la etapa de llenado. Posteriormente, se requirió evaluar el impacto del sistema implementado mediante la aplicación de encuestas, obteniendo resultados favorables como se representan en la figura 12, en donde se observa que el 91% de los encuestados manifiestan que los garrafones si contienen 20 litros y, por otra parte, el 9% aún manifiestan inconformidad en el contenido.

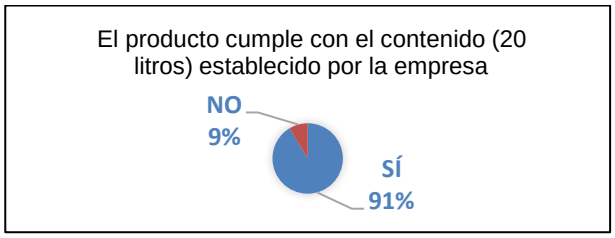


Figura 12. Resultados de aplicación de encuestas después de la implementación de mejora.

Trabajo a futuro.

Durante el desarrollo de este artículo, surgen líneas de investigación que se pretenden desarrollar en un futuro, las cuales están relacionadas para la mejora del proceso de producción. Algunas de ellas son:

1. Implementación de controles de calidad con ayuda de Tecnologías de la Información y la Comunicación (Tics).
2. Mejora en la logística de las rutas de entrega con el uso de Global Positioning System (GPS).
3. Manual de procesos para la capacitación del uso del sistema automático en la etapa de llenado de garrafones (contingencia).

Conclusiones

La innovación es indispensable para la mejora de los procesos de una empresa, al igual que escuchando las opiniones de los consumidores ayuda a saber en qué aspecto se están cometiendo errores para disminuirlos e incluso erradicarlos. Por su parte, al aplicar nuevas encuestas se observaron resultados positivos debido a la implementación del sistema de válvulas automáticas en la etapa de llenado de garrafones mejorando la percepción del cliente hacia el producto y otorgando una mejor calidad en el servicio.

Referencias

[1] V. Esquivel, «Innovación: clave de crecimiento para el negocio,» *Forbes México,* 2019.

[2] S. E. Lopez Valderrama y I. J. Mendieta Alvarado, «Diseño, instalación y puesta en marcha de un equipo con PLC para la automatización de la operación de llenado de botellones en la planta de agua de la FIA-UNAP,» Iquitos, 2014.

[3] L. Buendía, P. Colás y F. Hernández, Métodos de Investigación en Psicopedagogía, Madrid: McGraw-Hill, 1998.

[4] M. J. Fernández y G. Campiña, Atención básica al cliente. MF1329_1, Arganda del Rey, Madrid: Paraninfo, S.A., 2015.

Mejoramiento del flujo de un sistema de producción aplicando DMAIC: caso de estudio

E. A. Valdez Guevara[1], A. Mexicano Santoyo[1], J. C. Carmona Frausto[2], S. Cervantes Alvarez[3], J. A. Cervantes Alvarez[3]*
[1]División de Estudios de Posgrado e Investigación, Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico Ciudad Victoria, Tamps, México
[2]Universidad Autónoma de Tamaulipas, Unidad Académica Multidisciplinaria Mante, México
[3]Departamento de Ciencias Computacionales e Ingenierías, Universidad Autónoma de Guadalajara, Centro Universitario Los Valles, 46600, México
[*]mexicanoa@gmail.com

***Área de participación**: Ingeniería Industrial*

Resumen

En el presente documento se muestra el mejoramiento del flujo del sistema de producción del área de empaquetado de una empresa dedicada a la manufactura de productos para el hogar. Para ello se propuso la eliminación de las actividades y elementos que no aportan valor al producto (desperdicios industriales), lo cual contribuyó en la reducción de tiempos de producción y de espera en el área de empaquetado. Las acciones implementadas para la mejora de flujo de actividades se basaron en una redistribución y delimitación de área, incluyendo equipos, máquinas y estaciones de trabajo, lo cual mejoró los tiempos de proceso de cinco personas encargadas de la producción en esa área. Como resultado de la implementación del proyecto se redujeron los tiempos de proceso y de espera en 18% y 33%, respectivamente. Además, se redujeron 39% los desperdicios industriales y se eliminaron los elementos innecesarios en el área de trabajo.

***Palabras clave**: Desperdicios industriales, producción, empaquetado, DMAIC.*

Abstract

This document shows the improvement of the flow of the production system of the packaging area of a company dedicated to the manufacture of household products. For this, the elimination of activities and elements that do not add value to the product (industrial waste) was proposed, which contributed to the reduction of production and waiting times in the packaging area. The actions implemented to improve the flow of activities were based on a redistribution and delimitation of the area, including equipment, machines and workstations, which improved the process times of five people in charge of production in that area. As a result of project implementation, process and waiting times were reduced by 18% and 33%, respectively. In addition, industrial waste was reduced by 39% and unnecessary elements in the work area were eliminated.

***Key words**: Industrial waste, production, packaging, DMAIC.*

Introducción

DMAIC es una metodología de mejora de procesos para la resolución de problemas, valiéndose ésta de herramientas estadísticas y herramientas para la identificación de causas raíz del problema. Su objetivo es eliminar los defectos existentes dentro de los procesos (desperdicios industriales) para conseguir aumentar la productividad, la competitividad y la satisfacción del cliente. En la literatura hay evidencia de varios trabajos que mediante la aplicación de la metodología DMAIC han logrado incrementar la productividad. Juárez en 2018 [1] relata haber obtenido un incremento de 63.89% de productividad y haber reducido el sobre procesamiento en un 38.97%, los movimientos y transportes innecesarios en un 26.56% y 70.66%, respectivamente; mediante el traslado de estaciones de trabajo a un lugar más cercano a su siguiente proceso de valor. Así mismo, Garrido [2] en 2018 implementó DMAIC para mejorar la productividad de una

línea de envasado, obteniendo un incremento de eficiencia y eficacia de 1.21% y 2.08%, respectivamente; mediante el cambio de equipo y procesos realizados en el área.

Las principales acciones que dan lugar a que no haya un buen flujo en el sistema de producción son: a) Tiempos de espera: Ya sea por esperar demasiado los materiales, maquinaria, equipos o por la distracción de las personas; b) Transporte de materiales: los empleados recorren largas distancias para llevar el producto terminado, trabajo en proceso o piezas a su siguiente proceso de valor; c) Movimientos innecesarios: generador por caminar largas distancias, no tener el equipo adecuado para alcanzar, levantar, buscar, organizar, escoger o rotar material y d) Sobreprocesamiento: que implica que las personas o las maquinas trabajen de más o que alguna acción se repita sin ser necesaria. Al conjunto de estas acciones se les conoce como desperdicios industriales [3], la finalidad es eliminarlos para mejorar el flujo de actividades que aportan valor.

El presente proyecto se centra en el análisis e identificación de oportunidades de mejora en el área de producción de una empresa dedicada a la manufactura de productos para el hogar, específicamente en el proceso de empaquetado de material. En dicha empresa, la mayoría de la producción es empaquetada por las personas y no por máquinas, lo que implica que la generación de errores en el proceso de producción depende de las diferentes situaciones personales por las que atraviesa cada trabajador y del entorno de trabajo en el que se desarrollan [4]. Si las condiciones no son las adecuadas para el trabajador, se puede traducir en generación de desperdicios industriales (o MUDAS por sus siglas en japonés) en el área de trabajo, tales como los movimientos innecesarios, el sobre procesamiento, transporte innecesario de material y tiempos de espera [5]. Para la implementación de este proyecto se propuso utilizar la metodología DMAIC con el objetivo de mejorar el flujo del sistema de producción mediante la identificación y eliminación de las actividades (desperdicios industriales) y elementos (espacios) que no aportan valor al producto.

Aplicación de DMAIC para la mejora de flujo de producción

En este trabajo se aplicó la metodología DMAIC [6] para Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar problemas relacionados a procesos de manufactura y eliminar los MUDAS o desperdicios industriales del proceso de empaquetado con la finalidad de mejorar el flujo de actividades que aportan valor al Sistema de Producción. Las Secciones Definir hasta Controlar muestran cada una de las fases de la metodología DMAIC implementadas durante el desarrollo del proyecto.

Definir

En esta fase se definieron las necesidades del área de empaques mediante la elaboración de un diagrama de flujo del producto terminado y el problema se definió mediante la identificación de causas como se muestra en los incisos a) y b).

a) *Definición de las necesidades del área:* Durante esta fase de realizó un diagrama de flujo (Figura 1) que permitió identificar los procesos que aportan valor al producto. El diagrama de flujo corresponde al área de empaquetado (Figura 1), el proceso inicia por (a) escanear el producto a empaquetar, para documentarlo y tener una contabilización de las órdenes de producción que se realizan. El escaneado realizado permite informar si el producto requiere un (b) ensamble o no, para posteriormente llevar el carro de proceso al área de recepción de empaquetado. De requerirse el ensamble, se aplica en la (c) estación de ensamble, posteriormente se regresa a la estación de (a) escaneo a documentar lo que se ha hecho y se dirige a llevar el carro de proceso al área de recepción de empaquetado. De no requerirse el ensamble, se procede a llevar el carro directamente al área de recepción de empaquetado. Una vez que el carro de proceso está en el área de recepción de empaques, el operador verifica si se requiere (d) empaque primario o empaque secundario, una vez verificado el tipo de empaque que solicitan las piezas. Posteriormente, los operadores del área de empaquetado primario y secundario toman el carro de proceso y lo llevan a su estación de trabajo para medir la pieza a empaquetar y decidir de qué tamaño deben cortar o elegir el cartón. El área de empaquetado primario requiere que se (f) corte el cartón a la medida debido a las variaciones

 ISSN 2007-8102

en los tamaños de las piezas, dichos tamaños van desde 1 hasta 5 metros. En el área de empaquetado secundario las medidas oscilan entre 1.5 y 2.5 metros, por lo cual las cajas pueden ser cortadas desde almacén. De tal manera que el operador del área de empaque secundario sólo (e) toma el cartón, arma la caja y (g) empaqueta el producto.

b) *Definición del problema*: En la empresa se ha identificado una baja eficiencia del área de empaque comparada con la de la línea de producción, ya que se retiene mucho material terminado, debido a que se realizan actividades que no agregan valor al producto, como caminares innecesarios para recoger material para empaquetar debido a la distribución de área, la cual a su vez obliga a que el flujo del material se lleve a cabo de manera horizontal y no vertical, lo cual retrasa la salida de material empaquetado, entorpeciendo el proceso y generando sobreinventario, sobreprocesamiento y tiempos de espera excesivos por material.

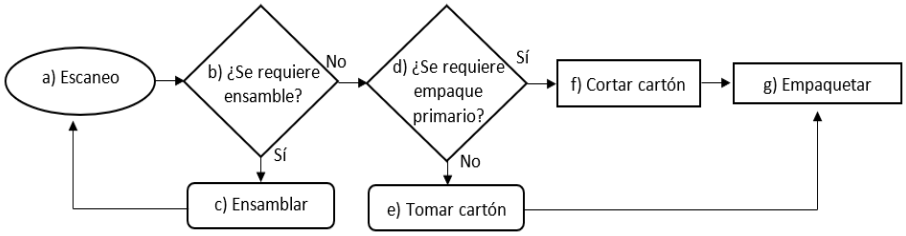


Figura 1. Diagrama de flujo del producto terminado.

Medir

Durante esta fase se realizó una toma de tiempos en el área de empaquetado con la finalidad de conocer la variación en el proceso y determinar el tiempo promedio de producción para contrastarlo contra el tiempo de ciclo establecido o *Takt Time* [7], el cual es el tiempo establecido por la empresa para terminar un empaque.

De acuerdo a la Figura 2, se observa, a) que en promedio a un operador le toma 7.73 minutos empaquetar una orden de piezas, b) el 68% de las veces el operador empaqueta las ordenes de piezas entre 6.86 y 8.59 minutos y c) el tiempo de empaquetado tiene una variación de 0.7454 segundos. Además, como se muestra en la Figura 3, el tiempo promedio en el que se empaquetan las piezas está por encima del *Takt Time* (tiempo de ciclo / tiempo de empaquetado en el que deberían de ser empaquetadas las piezas), lo cual se debe a los diferentes desperdicios industriales existentes en el área, es decir a actividades que no son necesarias en el proceso o que se hacen de más.

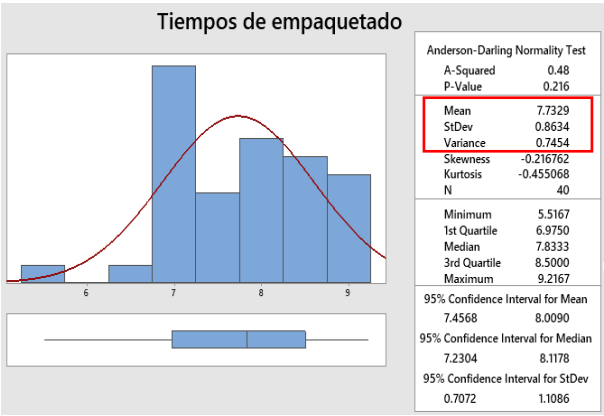


Figura 2. Estadísticas de tiempos de empaquetado.

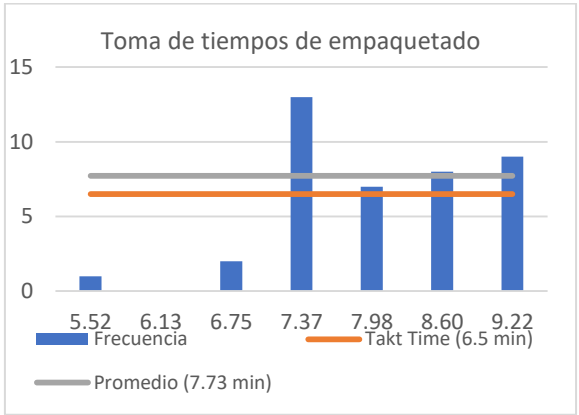


Figura 3. Toma de tiempos de empaquetado.

La Tabla 1 muestra el tiempo invertido en desperdicios industriales en el área, la cual asciende a 490 segundos, que se repiten cada que se empaquetan 4 conjuntos de 6 piezas, distribuidos en los diferentes procesos mencionados en la Figura 1, con excepción del proceso 2.1, el cual se realiza cada que se empaqueta un conjunto de piezas.

 ISSN 2007-8102

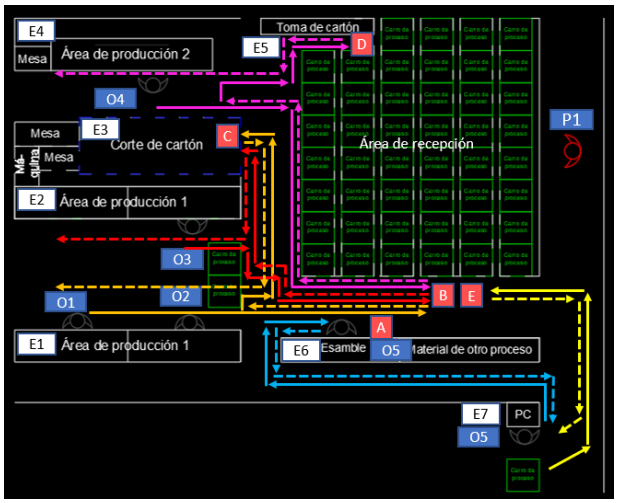
Tabla 1. Tiempo invertido en desperdicios industriales en el área de empaquetado.

No. proc.	Proceso	No. subproc.	Subproceso	Tiempo proceso	Desperdicio generado
1	Escáner	1.1	Caminares para realizar ensamble	50	**Movimiento**
		1.2	Transporte de carro de proceso	90	**Transporte**
2	Corte de cartón	2.1	Caminares a la estación de corte	30	**Movimiento**
3	Empaquetado primario	3.1	Caminares a área de recepción	40	**Movimiento / Sobre procesamiento**
		3.2	Transporte de área recepción a estación de trabajo	80	**Transporte / Sobre procesamiento**
		3.3	Búsqueda de material para empaquetar en área de recepción	180	**Tiempo de espera**
4	**Empaquetado secundario**	**4.1**	**Caminares para toma de cartón**	**20**	**Movimiento / Sobre procesamiento**

Analizar

Durante esta fase de realizó un diagrama de espagueti [7] para identificar el flujo de actividades reales en el área y recolectar los datos relacionados con los desperdicios industriales tales como las actividades y elementos que no aportan valor en el proceso de empaquetado y se analizaron las causas que generan un flujo de actividades deficiente en el área mediante el diagrama Ishikawa y la herramienta 5 ¿por qué?, dichas actividades se describen en los incisos siguientes.

a) *Identificación del flujo de actividades que realiza el operador*: El diagrama toma en cuenta las actividades que realiza el operador para cumplir con el proceso del cual se encuentra encargado. Dicho diagrama se realizó para identificar de manera gráfica (Figura 4) lo que se hace de más (desperdicios industriales) y permitió recolectar datos sobre las rutas que toman los operadores normalmente para realizar las actividades del área, saber porque no hay flujo continuo y para conocer los metros que requiere el operador al realizar actividades que no aportan valor con la finalidad de analizar si se requiere una redistribución de área. Después de generar el diagrama de espagueti se identificó un flujo de actividades horizontal, tomando como referencia a la persona P1 (es como realmente se ve en piso de producción), debido a la distribución de área (estaciones de trabajo y área de recepción), lo cual genera los desperdicios industriales de: movimientos innecesarios (Caminares), sobre procesamiento, tiempos de espera excesivos y transportes innecesarios.



Descripción del diagrama de espagueti:

1. Las líneas representan el flujo de actividades.
2. Los puntos E1-E7 representan las estaciones de trabajo.
3. Los puntos O1-O5 representan a los operadores y el punto de partida para realizar las actividades.
4. Los puntos A-E representan los puntos de destino.
5. Las líneas continuas representan los caminares de ida y las líneas punteadas representan los caminares de regreso.

Figura 4. Diagrama de espagueti, flujo de actividades en área de empaquetado.

b) *Identificación del problema*: Con la finalidad de identificar el problema se realizó el diagrama de causa y efecto. Las causas principales que generan el problema son: 1) limitación de área, 2) máquinas y elementos innecesarios en el área y 3) carencia de señalizaciones y delimitaciones de área; dichas causas se resaltan en verde en la Figura 5.

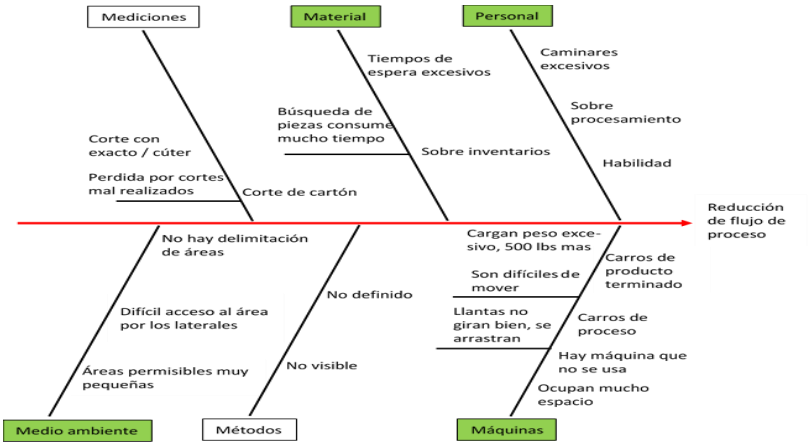


Figura 5. Diagrama de causa y efecto.

c) *Análisis de causa raíz del problema:* Con la finalidad de identificar el problema principal se aplicó la herramienta 5 ¿por qué? [8] y se llegó a la conclusión de que el problema principal se respondía en el quinto "¿por qué?" (Tabla 2), debido a que el sexto ¿por qué? muestra la causa o limitante por la cual no se han hecho cambios en el área y solucionado los inconvenientes. Dicha causa encontrada es que los problemas son generados debido a que no hay delimitación de áreas, ni señalizaciones que indiquen al operador por donde ir y los procesos no siguen un flujo vertical. La importancia de que un proceso sea lineal radica en que su flujo no se verá afectado por distracciones laterales, de no ser así, se genera el desperdicio industrial de movimiento por caminares excesivos en el proceso que es precisamente lo que ocurre en la empresa.

Tabla 2. Análisis de causas del problema

No.	¿Por qué?	Causa
1	¿Por qué ocurrió el problema?	Porque se invierte mucho tiempo en actividades que no generan valor en el proceso
2	¿Por qué?	Porque se genera mucho desperdicio industrial en el área
3	¿Por qué?	Porque el área de recepción de carros de proceso es muy pequeña, está muy limitada, no hay un buen flujo de material
4	¿Por qué?	Porque hay equipo y elementos con dimensiones muy grandes que no se utilizan y porque el flujo de actividades no es lineal en su mayoría, hay actividades que se realizan tanto en vertical como en horizontal
5	¿Por qué?	Porque no hay una delimitación de área o indicadores para seguir el flujo vertical y porque hay un proceso indispensable y una actividad secundaria que requieren se realice un flujo horizontal y no vertical
6	¿Por qué?	Porque esa es la distribución de planta pre establecida por la empresa

Mejorar

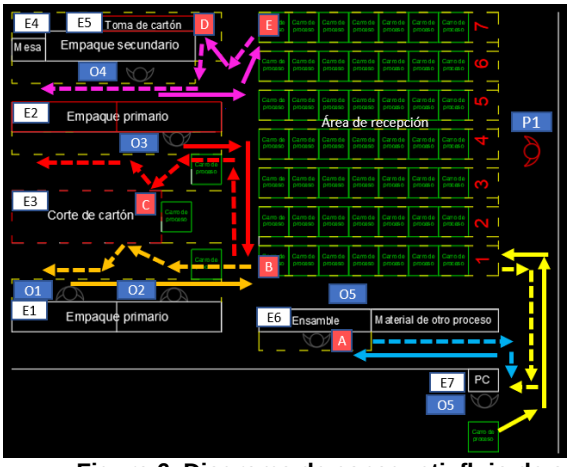
En esta fase se establecieron las estrategias de rediseño para las áreas de oportunidad encontradas mediante el análisis de causa raíz del problema y la herramienta 5 ¿por qué?.
Estrategias propuestas:

1. Redistribuir las estaciones de trabajo, máquinas y equipos del flujo horizontal a uno vertical debido a que el flujo horizontal de actividades hace que se pierda más tiempo ya que es una desviación del flujo continuo que se requiere para no generar desperdicios industriales como caminares excesivos, tiempos de espera, transportes innecesarios.
2. Cambiar los pasillos del área de recepción de horizontal a vertical para mejor flujo de material. Al estar los pasillos de manera vertical, así se colocan los carros de proceso y ese es el flujo que tienen para entrar y salir, lo que dificulta cumplir con el punto anterior y con el sistema FIFO de la empresa, que se refiere a que el producto que entra primero es el primero que debe de salir.
3. Eliminar elementos no indispensables en el área, esto ayuda a liberar espacio que se puede aprovechar de una mejor manera, ya que el área es muy pequeña.
4. Ampliar los pasillos de 9” a 12” para que las personas puedan transitar de manera lateral, esto es factible debido a que los carros de proceso tienen un diseño parecido como a una pirámide, anchos de la base, pero pequeños de la parte de arriba, las 9 pulgadas incomodaban para caminar de manera lateral, pero con las 12” se soluciona el inconveniente.
5. Delimitar el área de empaquetado y recepción, así como sus pasillos y agregar sus correspondientes señalizaciones para evitar el riesgo cognitivo en los operadores. Delimitar ayuda a evitar el riesgo cognitivo en las personas, tener una mejor ergonomía, establecer los límites del espacio de trabajo del operador y los pasillos por donde es posible transitar, lo cual ayuda a las personas a decidir dónde dejar y por dónde transitar con los carros de proceso.

Controlar

En esta fase se realizó un monitoreo periódico del flujo de actividades para verificar que el proceso se cumpla de acuerdo a una manufactura lean que maneja la empresa, es decir, que no se generen desperdicios y que se cumpla con el tiempo de empaquetado establecido. Durante esta fase las acciones implementadas fueron: a) monitoreo periódico del flujo de actividades, en el cual nuevamente se analizaron los tiempos invertidos en desperdicios industriales identificados en el área de empaquetado en la Tabla 1, para analizar sus variaciones, y b) se realizó un *Check – List* para analizar si se realizan las actividades conforme a lo planeado en la nueva distribución de área.

Resultados y discusión



Descripción del diagrama de espagueti:

1. Las líneas representan el flujo de actividades.
2. Los puntos E1-E7 representan las estaciones de trabajo.
3. Los puntos O1-O5 representan a los operadores y el punto de partida para realizar las actividades.
4. Los puntos A-E representan los puntos de destino.
5. Las líneas continuas representan los caminares de ida y las líneas punteadas representan los caminares de regreso.

Figura 6. Diagrama de espagueti, flujo de actividades en área de empaquetado después de implementar el proyecto

Después de implementar las estrategias propuestas, a) se cambió de ubicación las estaciones E2, E3 y E5 con el fin de eliminar el flujo horizontal y convertirlo en vertical, lo cual repercutió en la mejora del flujo de actividades y de material, b) se eliminaron 2 mesas y una máquina que ocupaban demasiado espacio en el área, lo cual ayudó para liberar espacio y poder hacer el

 ISSN 2007-8102

movimiento de las estaciones E2, E3 y E5, d) se numeraron las filas del área de recepción, e) se realizó la delimitación de área de recepción, f) se realizó la delimitación de las filas del área de recepción lo cual ayuda a las personas a decidir dónde dejar y por dónde transitar con los carros de proceso y g) se ampliaron los pasillos de 9" a 12" para que los operadores puedan transitar de manera lateral con más comodidad (ver Figura 6). Las acciones realizadas repercutieron directamente en la productividad, como se muestra en la Figura 7, mejorando el tiempo promedio de producción en un 18%, ya que antes el tiempo de empaquetado promedio era de 7.73 min y ahora es de 6.34 min, cumpliendo con el tiempo de ciclo (*Takt Time*) establecido por la empresa.

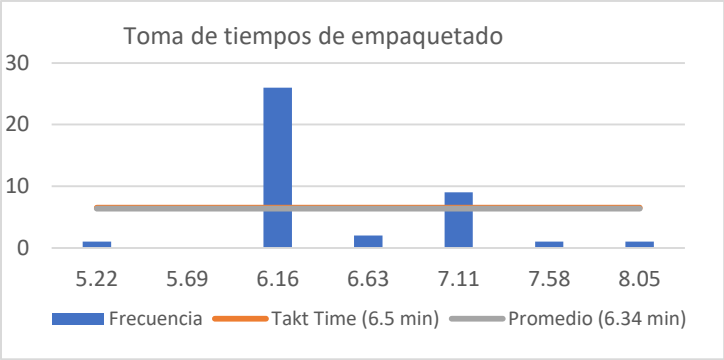


Figura 7. Toma de tiempos de empaquetado

La Tabla 3 muestra el porcentaje promedio del tiempo invertido en desperdicios industriales y sus reducciones en tiempo después de implementar el proyecto. Los tiempos de proceso que más se redujeron son el 2.1, 3.2 y 4.1 que corresponden a los caminares realizados a las estaciones de corte, transporte de área de recepción al área de trabajo y caminares para toma de cartón. Se redujeron 4 desperdicios industriales (movimiento, transporte, sobreprocesamiento y tiempos de espera) en un 36%, contribuyendo en la mejora de flujo en los procesos de producción del área de empaque.

Tabla 3. Porcentaje de reducción de tiempo (seg) invertido en desperdicios industriales por proceso

Subproceso	Antes	Después	Reducción	Porcentaje	Tipo de desperdicio
1.1	50	30	20	40%	Movimiento
1.2	90	80	10	11%	Transporte
2.1	30	10	20	67%	Movimiento
3.1	40	35	5	13%	Movimiento / Sobre procesamiento
3.2	80	30	50	63%	Transporte / Sobre procesamiento
3.3	180	120	60	33%	Tiempo de espera
4.1	20	10	10	50%	Movimiento / Sobre procesamiento

Como se puede observar, con la implementación de DMAIC y sus herramientas se pueden obtener mejoras en la productividad de procesos, en este caso obteniendo una mejora de un 18% de productividad, reduciendo tiempos de espera en 33%, los movimientos innecesarios en promedio un 42%, el transporte excesivo de material en 37% y el sobreprocesamiento en 42%, así mismo otros autores como Juárez en 2018 [1] que relata haber obtenido un incremento de 63.89% de productividad y haber reducido el sobre procesamiento en un 38.97%, los movimientos y transportes innecesarios en un 26.56% y 70.66%, respectivamente; mediante el traslado de estaciones de trabajo a un lugar más cercano a su siguiente proceso de valor, de igual manera, Garrido [2] en 2018 implementó DMAIC para mejorar la productividad de una línea de envasado, obteniendo un incremento de eficiencia y eficacia de 1.21% y 2.08%, respectivamente; mediante el cambio de equipo y procesos realizados en el área.

Conclusiones

El objetivo de la investigación fue mejorar el flujo de un sistema de producción mediante la metodología DMAIC, centrándose específicamente en el área de empaques de una empresa manufactura de productos para el hogar. Mediante el análisis de causa y efecto se identificó que la principal causa de que no existiera buen flujo en el área de empaque se debía a sus dimensiones limitadas. El hecho de tener elementos innecesarios en el área y la falta de delimitación de área provocaba que los procesos no se realizaran de forma vertical lo que provocaba qué se generaran desperdicios industriales en el área. La propuesta de implementación para mejorar el flujo del sistema consistió en redistribuir las estaciones de trabajo del área y delimitarlas. Para ello se incluyeron señalizaciones en el piso que indican por donde se debe y no transitar, se cambió la manera en que se colocan los carros de proceso en el área de recepción de empaque para que se siga un flujo vertical. El flujo de actividades en el área de empaque se mejoró en un 18%. El tiempo total invertido en desperdicios industriales se redujo en un 36%. El desperdicio industrial que más se redujo fue el de movimientos innecesarios, en un 67%, dicho desperdicio era provocado por los caminares a la estación de corte. Los desperdicios provocados por los transportes de carros de proceso, del área de recepción al área de trabajo, se redujeron en un 63%. Los desperdicios provocados por los caminares para la toma de cartón se redujeron en un 50% y los tiempos de espera se redujeron en un 33%. Se puede decir que con la implementación de DMAIC se mejoró el flujo del proceso y se redujo el riesgo cognitivo mediante la delimitación de área, beneficiando en el orden de acomodo de los carros de proceso, ya que la delimitación y señalización permite saber cómo debe ir ordenado el material según sale del área anterior.

Referencias

[1] J. E. Juárez, “Implementación de la metodología DMAIC para la mejora de un proceso productivo en una empresa del ramo logístico,” Tesis de licenciatura. Universidad Nacional Autónoma De México, Ciudad de México, noviembre 2018. Recuperado el 15 de Julio del 2020. Obtenido de http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/132.248 .52.100/ 16060/Tesis%20%20Javier%20Juarez.pdf?sequence=1

[2] J. A. Garrido, “Aplicación de la metodología DMAIC para la mejora de la productividad de la línea de envasado de GLP en la empresa pronto gas S.. en el año 2018,” Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión. Recuperado el 15 de Julio del 2020. Obtenido de http://repositorio.unjfsc.edu.pe/bitstream/handle/UNJFSC/2058/Art%C3%ADculo%20Tesis%20Garrido.pdf?sequence=1

[3] T. Ohno, “El sistema de Producción de Toyota: Más allá de la Producción a Gran Escala”, CRC Press Taylor & Francis Group. ISBN 978-8-4867-0352-3.

[4] SPC Consulting Group, “6 Retos que enfrentan las Empresas de Manufactura en la actualidad”, 2014. Recuperado el 16 de Julio del 2020. Obtenido de https://spcgroup.com.mx/retos-enfrentan-empresas/

[5] J. Solano, “Ergonomía y productividad,” Facultad de Ingeniería Industrial, Universidad Nacional Mayor de San Marcos. 1999; 2 (1): 48-50. ISSN 1810-9993. Obtenido de http://sisbib.unmsm.edu.pe/bibvirtual/publicaciones/indata/v02_n1/ergonomia.htm

[6] The Council for Six Sigma Certification, “Six sigma yellow belt certification”, edición 2018. Recuperado el 16 de Julio del 2020. Obtenido de https://www.sixsigmacouncil.org/wp-content/uploads/2018/09/Six-Sigma-Yellow-Belt-Certification-Training-Manual-CSSC-2018-06b.pdf

[7] Womack, J. y Jones, D., “Lean Thinking”, Segunda edición, Simon & Shuster, Nueva York, ISBN 0-7432-4927-5, 2003.

[8] M. P. Muñoz. “Los 5 ¿por qué? (Five Whys)” Universidad ARTURO PRAT del estado de chile. Recuperado el 16 de Julio del 2020. Obtenido de http://www.mpuga.com/docencia/ Informacion%20Para%20Las%20Decisiones/Los%20Cinco%20por%20ques.pdf

 ISSN 2007-8102

Obtención de mezclas de concreto adicionados con partículas de carbonato de calcio biogénico.

A.M. León Ramos[1], M. Carrera Lara[1], A. Pulido Téllez[1], A. S. López Rodríguez[1] y L.L. Díaz Flores[1*]

[1]División Académica de Ingeniería y Arquitectura, Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, Km1 Carretera Cunduacán–Jalpa de Méndez Col. La Esmeralda. Cunduacán Tabasco, CP 86690 México

*laura.diaz@ujat.mx

***Área de participación**: Ingeniería Industrial*

Resumen

En este trabajo de investigación, se presenta la fabricación de una mezcla de concreto adicionada con carbonato de calcio biogénico ($CaCO_3$), para promover el reúso de materiales de desecho como son las conchas de ostión, como aditivo en materiales de construcción. Los resultados obtenidos revelan que las mezclas propuestas con la adición de $CaCO_3$ biogénico desde 1% hasta 5% en peso total de la mezcla, no comprometen la resistencia a la compresión según la NMX-C-083-ONNCCE 2002. En los ensayos de las probetas de las mezclas a 7, 14 y 28 días, todas las pruebas sobrepasaron la carga de diseño de 160, 200 y 250 kg/cm^2. Mediante los estudios microscópicos, se encontró que el material sólido de la mezcla es denso, libre de poros con morfología regular con composiciones de calcita y cuarzo en sus mayores porcentajes según el análisis cristalino por difracción de Rayos X.

***Palabras clave**: Resistencia a la compresión, calcita, cuarzo, desechos de conchas de ostión*

Abstract

In this paper, the manufacture of a mixture of cement added with biogenic calcium carbonate ($CaCO_3$) is presented to promote the reuse of waste materials such as oyster shells, as an additive in building materials. The results obtained reveal that the proposed mixtures with the addition of biogenic $CaCO_3$ from 1%W to 5% by total weight of the mixture, do not compromise the resistance to compression according to NMX-C-083-ONNCCE 2002. In assay of the mixture specimens at 7, 14 and 28 days, all tests exceeded the design parameter of 160, 200 and 250 kg/cm^2. Through microscopic studies, the solid material of the mixture was found to be dense, pore-free with regular morphology with calcite and quartz compositions at their highest percentages according to crystalline X-ray diffraction analysis.

***Keywords**: Compressive Strength, calcite, quartz, waste oyster shells*

Introducción

Desde que el ser humano abandonó las cavernas, ha aprovechado sus conocimientos y esfuerzos con el objetivo de definir un espacio seguro y permanente de hábitat para satisfacer sus necesidades de vivienda y después proseguir con la construcción de edificios con requerimientos específicos; siendo el resultado de este esfuerzo, donde se fundan las bases para el progreso de la humanidad. En la búsqueda de este confort, el concreto ha sido fundamental para la creación de elementos estructurales en espacios vitales donde el hombre se desarrolla. Sin embargo, una serie de factores en el ramo de la construcción que van desde la aplicación o vaciado del concreto hasta una mala distribución de los agregados, pueden generar daño en el patrimonio edificado. De manera particular, en el estado de Tabasco y en otras entidades del sur de México, se presentan problemas en elementos estructurales por la filtración de agua en la temporada de lluvias, debido a las altas precipitaciones y la duración de estas. Por lo anterior, se hace necesario encontrar una medida que ayude a la reducción y posible eliminación de estas complicaciones. A nivel nacional e internacional, existen normas estandarizadas para las mezclas de concretos y morteros utilizados en la industria de la construcción, pero también hoy en día, aún es posible encontrar edificaciones sólidas que han permanecido a través de los siglos. Un ejemplo de ellos son las zonas arqueológicas donde se utilizaban mezclas de materiales disponibles, los cuales además formaban parte de la actividad económica de la región. Tabasco no es la excepción, con la zona arqueológica de Comalcalco, con edificaciones a base de ladrillos y morteros mezclados con polvos de concha de ostión. El estado por su ubicación geográfica cuenta con amplias zonas costeras y lagunares que permiten que la producción de ostión sea una actividad económicamente rentable, donde los productores ostrícolas se agrupan en asociaciones cooperativas de cosecha y consumo. Sin embargo, con una parte del consumo del molusco se generan toneladas de desechos de conchas, que se acumulan en grandes cantidades en lugares para el confinamiento de estos desperdicios que emiten un intenso mal olor y además generan la proliferación de plagas de mosquitos.

Existen diferentes tipos de normas mexicanas de aplicación para la elaboración de *una mezcla de* concreto [1-5]. En estas NMX, se establecen las cantidades y tipos a adicionar de cemento, arena, grava, agua y aditivos, así como también los procedimientos que se emplean. Con respecto a la adición de los desechos de conchas de ostión, se han reportado trabajos donde emplearon estos materiales que son visualizados como materiales potenciales para la fabricación de concreto verde [6-8]. Como el concreto es la mezcla de agregados (gruesos y finos) y agua, la cual se endurece después de cierto tiempo, los elementos activos del concreto son el agua y el cemento que al combinarse producen una reacción química que después empieza a secarse o fraguar alcanzando un estado sólido [9]. Los elementos estructurales de construcción están formados a partir de mezclas de concreto que son las partes de una construcción que sirven para darle resistencia y rigidez. Su función principal es soportar el peso de la construcción y otras fuerzas como sismos, vientos, etc. y pueden estar hechos de adobes, ladrillos, piedras, madera, aceros y excepcionalmente se emplean otros materiales como aditivos. Con respecto a estos materiales, se ha reportado el uso de desechos de conchas de ostión como aditivo, que incluso pueden sustituir un componente de la mezcla del concreto [10].

Por lo antes mencionado, en este trabajo se propuso la elaboración de una mezcla de concreto adicionada con carbonato de calcio biogénico ($CaCO_3$) proveniente de los desechos de la concha de ostión (*Crassostrea virginica)*, a fin de comprobar que su adición no afecta las propiedades estructurales de las mezclas, pero que, si genera un cambio en la morfología de las mezclas a escalas micrométricas, para un posterior análisis y pruebas de permeabilidad al agua.

Metodología

La dosificación de todos los materiales que integran las mezclas de concreto es un parámetro de control importante, es esencial llevar a cabo ciertas pruebas que apoyen en la definición del diseño para la correcta y optima adición de la cantidad de agregados que se utilizarán en las mezclas. Debido que la cantidad y forma de incorporar los componentes influyen en las propiedades

mecánicas de durabilidad y obtención de resistencia a la compresión, en la Tabla 1 se enlistan los materiales utilizados junto con sus características.

Tabla 1. Materiales empleados en las mezclas de concreto estudiadas.

Material	Función
Cemento	El cemento Portland Ordinario (CPC) es un conglomerante formado a partir de una mezcla de caliza y arcilla calcinadas y posteriormente molidas, que tiene la propiedad de endurecerse después de ponerse en contacto con el agua
Arena	Para la elaboración de los cilindros de concreto se utilizó arena conforme a la norma NMX-C-329 ONNCCE-2010, arena de rio con la característica de un módulo de finura no menor a 2.3, pero tampoco mayor a 3.1
Grava	Para el agregado grueso se tomó en cuenta la norma NMX-C-ONNCCE-111 donde se especifica el tipo de granulometría y características de la grava que se tiene que utilizar.
Carbonato de calcio ($CaCO_3$)	Se trituraron en partículas los desechos de las conchas de ostión (*Crassostrea virginica)* de la granja ubicada en el municipio de Paraíso, Tabasco. y se seleccionaron las que quedaran retenidas entre la malla 10 y la 4.0 (2.0 mm y 4.7mm respectivamente)
Agua	El agua es el líquido que está presente de manera importante en la elaboración de concretos y mezclas. Por consiguiente, se ocupó agua potable limpia, libre de aceite, sales y otros contaminantes.

Elaboración de las probetas de concreto.- Para la obtención de las probetas de concreto para el ensayo a la compresión, se siguieron los estándares de las normas establecidas para tal fin, con lo cual se obtuvieron las proporciones de las cantidades de los materiales enlistados en la Tabla 2.

Tabla 2. **Proporciones de componentes de la mezcla de concreto para un cilindro de volumen 1.57^{x10-3} m^3.**

Material	Cantidad	Unidad
Cemento	0.60	Kg
Arena	1.31	Kg
Grava	1.29	Kg
Agua	0.34	ml
Total	3.55	Kg

Para el caso de la obtención de los polvos de los desechos de las conchas de ostión, se siguió el procedimiento descrito en investigaciones previas [11] y las cantidades adicionadas se consideraron con base al porcentaje en peso del total de la mezcla como se enlistan en la Tabla 3.

Tabla 3. Cantidad de carbonato de calcio adicionado a las probetas de concreto en relación del peso total de la mezcla.

% $CaCO_3$	Cantidad	Unidad
1	36	g
2	71	g
3	107	g
4	142	g
5	178	g

Evaluación de la resistencia de las probetas de las mezclas de concreto.- Para la prueba de resistencia a la compresión de las probetas elaboradas con el factor de diseño de $f'c$=160, 200 y 250 kg/cm^2 según los 7, 14 y 28 días de curado y se procedió de acuerdo con lo establecido en la norma

 ISSN 2007-8102

NMX-C-083-ONNCCE 2002 [5]. La prueba consistió en colocarle una fuerza de compresión a la probeta en forma de cilindro hasta que ésta presentara un tipo de falla y en ese momento se determinó la resistencia del cilindro (ver Figura 1).



Figura 1. Pruebas de resistencia a la compresión de probetas de concreto (a) en la máquina y (b) Probetas ensayadas.

Análisis morfológico de las muestras de concreto por microscopía electrónica de barrido.- Esta prueba se llevó a cabo para evaluar la morfología y porosidad de las probetas fabricadas, fueron utilizados dos equipos; un microscopio electrónico de barrido (SEM) marca JEOL JMS 6010-LA. Adicionalmente, se analizaron estas muestras en alta resolución en un microscopio electrónico de barrido *Field Emisión* (FESEM) incrementando la resolución hasta los 30,000X en un área de 2 m**m.**

Análisis estructural y la composición de los cilindros de concreto por Difracción de Rayos X.- Esta prueba se utilizó para analizar sin destruir la muestra, identificando el tamaño de cristal y los cambios de fase en los materiales amorfos o cristalinos de los compuestos sólidos que integran las mezclas del concreto.

Resultados y discusión

El efecto de la adición del $CaCO_3$ en las propiedades mecánicas de la resistencia a la compresión de las probetas, de acuerdo con lo observado en la Figura 2, se evidencia en los resultados obtenidos de las probetas conforme a los días y el porcentaje agregado del $CaCO_3$. Se observa que la resistencia de cada probeta no es alterada con relación al aumento de porcentaje agregado del $CaCO_3$. Sin embargo, la resistencia a la compresión obtenida es mayor a la del diseño, indicando que el carbonato de calcio (*$CaCO_3$)* no daña la resistencia del concreto. Es notable, que para las pruebas de las probetas sin adición del *$CaCO_3$*, la resistencia a la compresión es mayor en el caso de las probetas diseñadas para 200 y 250 $kg\ cm^{-2}$, sin embargo, esto puede deberse a las porosidades presentes en el volumen del espécimen, que funcionan como un absorbedor o disipador de energía.

 ISSN 2007-8102

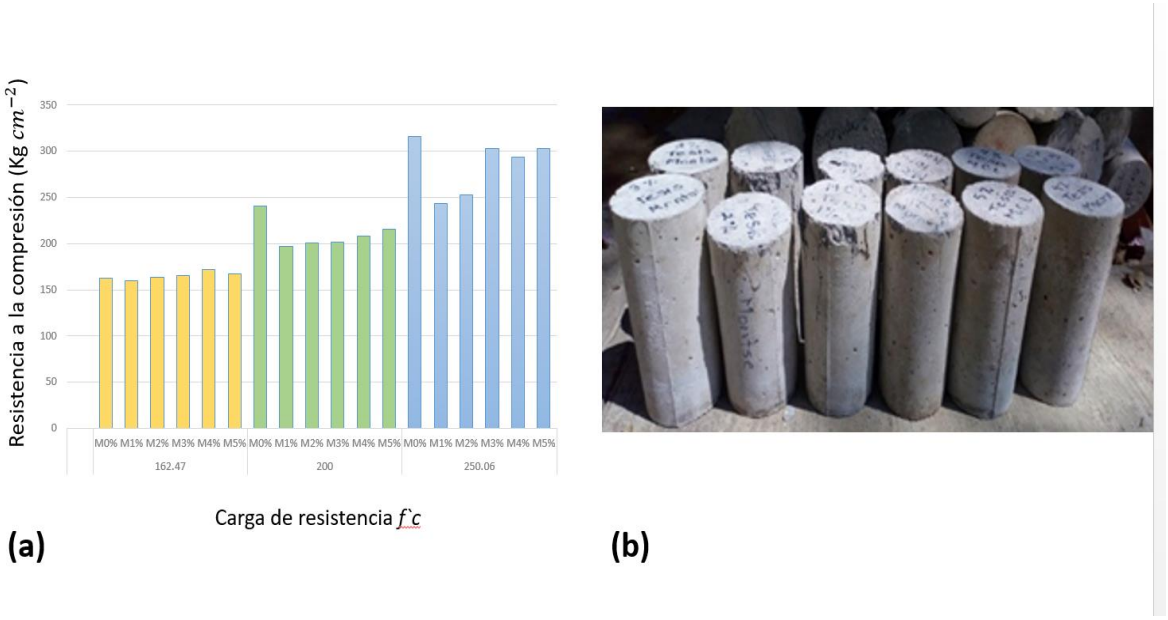


Figura 2. (a) Comportamiento de la resistencia a la compresión de las mezclas de los cilindros (b) Aspecto de los cilindros después de colocarlos en la prensa de compresión, después de la adición del $CaCO_3$.

Análisis morfológico superficial. - Como resultado del análisis morfológico de la composición en las mezclas de concretos, las micrografías SEM obtenidas, mmostraron que estas probetas de concreto fueron bien elaboradas, pero se aprecian con apariencia más densa las que corresponden a el 5% de adición de $CaCO_3$ mostradas por las micrografías en la Figura 3, como puede verse, las superficies presentan poros pequeños. Para una observación más detallada de la aglomeración de los materiales en la mezcla, se analizó la muestra al 5% de adición de $CaCO_3$ con mayor resolución usando el FESEM, para una mejor apreciación de los aglomerados, se realizaron los acercamientos con aumentos hasta 30,000X, como se observa en la Figura 4. El cual, al ser un microscopio electrónico de emisión de campo, permitió ir definiendo la morfología superficial de la muestra con el número de aumentos. Con este acercamiento, fue posible observar la forma de varillas hexagonales y tetraédricas, que corresponden a las estructuras cristalinas del cuarzo y del carbonato de calcio, con formas cristalinas bien definidas, tal y como fueron identificadas por DRX, análisis estructural que será presentado y discutido más adelante. De las formas encontradas, se concluye que en estas mezclas de concreto ensayadas, el método y modo de preparación favorecen un material con arreglo morfológico. Este arreglo perfecciona el material incrementando la resistencia a la compresión con relación a la del diseño.

 ISSN 2007-8102

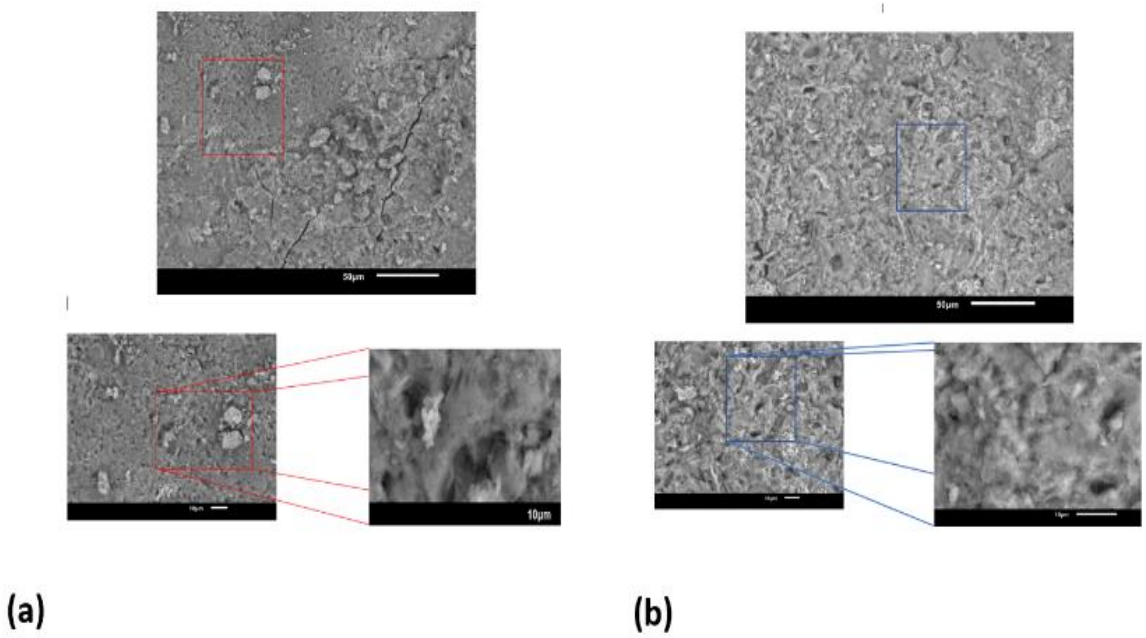


Figura 3. (a) Micrografías de SEM de una mezcla de concreto sin adición de $CaCO_3$ y (b) Micrografías de SEM de una mezcla de concreto con 5% de adición de $CaCO_3$.

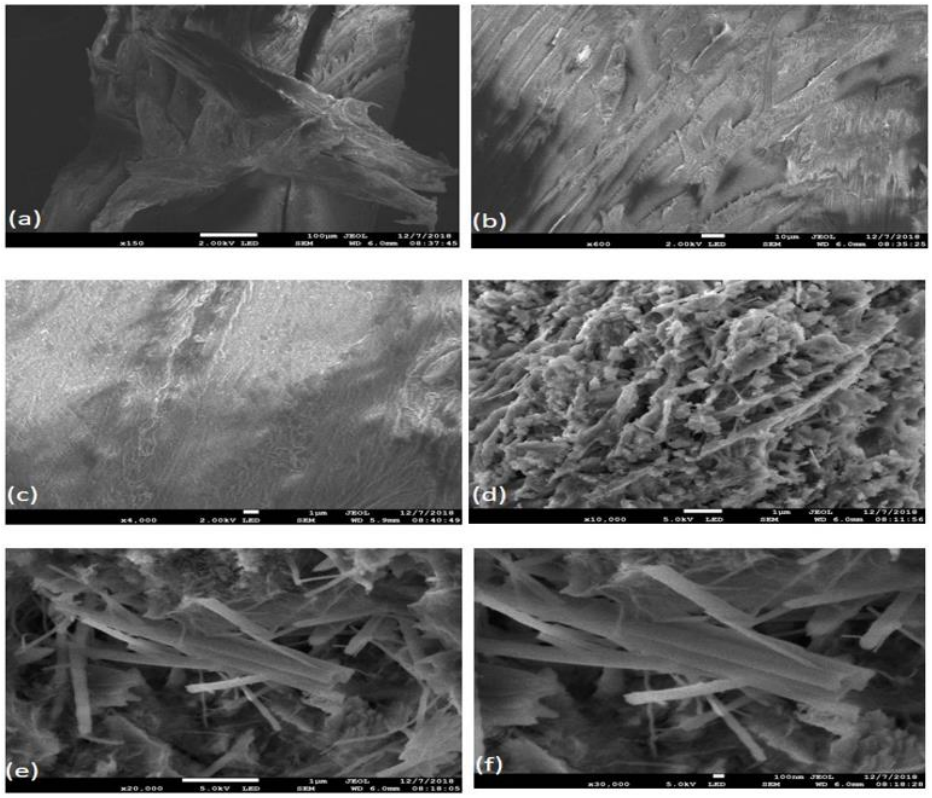


Figura 4. Micrografías de FESEM de una mezcla de concreto que muestran el acercamiento de la superficie desde 150 hasta 30,000X, mostrando la morfología de varillas tetraédricas de apenas 100 nm de diámetro y longitudes del orden de 2 nm (e) y (f).

 ISSN 2007-8102

Análisis de difracción de rayos X (DRX).- Todas las muestras fueron analizadas estructuralmente, por DRX, encontrando que están compuestas principalmente por $CaCO_3$ y SiO_2, en sus respectivas fases, de monocalcita, calcita y vaterita para el $CaCO_3$, así como de cuarzo y tridimita para el caso del SiO_2 [12]. Siendo el origen de estos compuestos, los materiales utilizados en la fabricación de la probeta como son la arena del concreto, la calcita por el cemento y la concha de ostión. Esta composición estructural de las probetas de concreto se presenta en la Figura 5 (a), donde el difractograma de rayos X, muestra la evidencia de la estructura cristalina con amplia variedad de picos de difracción y en diferentes intensidades. Con los parámetros de red de las fases cristalinas, procesados en el software Vesta, se determinó la estructura atómica cristalográfica tanto de la calcita ($CaCO_3$), como del cuarzo (SiO_2) que son los picos predominantes de la estructura atómica de la Figura 5.

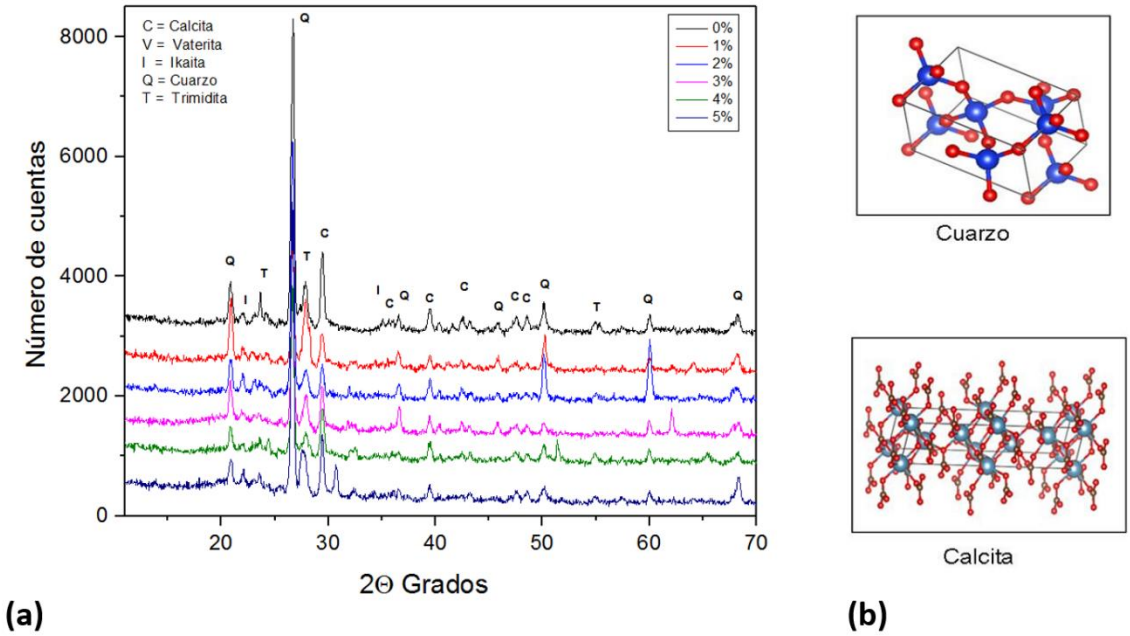


Figura 5. (a) Difractograma de DRX de las mezclas de concreto ensayadas y (b) Estructura atómica cristalina de las variedades más abundantes

Trabajo a futuro

Evaluar las propiedades de resistencia a la compresión, erosión, porosidad y pruebas hidrofóbicas de las mezclas para determinar la absorción capilar en el material compuesto, así como realizar un análisis de costos de producción a escala.

Conclusiones

Mediante el desarrollo de este trabajo de investigación, se concluye que el polvo de concha de ostión obtenido de la molienda de desechos de conchas de la especie *Crassostrea virginica*, si puede ser sustituto viable en las mezclas de concreto. Lo anterior, se deduce debido a que, aunque con la primera adición, correspondiente a la sustitución del 1% del peso de la arena por polvo de la concha de ostión, los valores de resistencia para los 7,14 y 28 días resultaron cercanas a los valores de

diseño, las mezclas adicionadas con 2%,3%,4% y 5%, en el mismo ensaye son ligeramente mayores, siendo el 3% de adición el mejor porcentaje debido a que superó la resistencia de diseño en un 20.7%. Finalmente, esta adición promueve la integración de todos los componentes como son el cemento, arena y grava, disminuyendo la formación de poros y dándole un mejor carácter para su uso en la elaboración de mezclas para concreto hidráulico más compacto y menos poroso, por lo que puede mejorar sus propiedades de impermeabilidad al agua. La composición de estas mezclas es de materiales cristalinos tales como la calcita, cuarzo y tridimita entre otros según los resultados obtenidos por medio del análisis de difracción de rayos X (DRX). Por lo que las mezclas aquí propuestas, se presentan como una alternativa de procedimiento que pueden utilizar los habitantes de zonas costeras para la construcción de elementos arquitectónicos relacionados con el espacio edificado o el uso en vías terrestres.

Referencias

[1] IMCYC, "Masa volumètrica, método de prueba," *Construcciòn y Tecnologia, Problemas, causas y soluciones,* vol. 36, pp. 68-71, Agosto 2010.

[2] IMCYC, "Agregados- Contenido de agua por secado. Método," *Construcción y Tecnología: Problemas, causas y soluciones,* vol. 37, pp. 88-91, Septiembre 2010.

[3] IMCYC, "Agregados para concreto análisis granulométrico y métodos de prueba," *Construcción y Tecnología Problemas, causas y soluciones,* vol. 40, pp. 68-71, Diciembre 2010.

[4] IMCYC, "Determinación de la masa específica y absorción de agua del agregado fino-Método de," *Construcción y Tecnología Problemas, causas y soluciones,* vol. 48, pp. 76-79, Agosto 2011.

[5] IMCYC, "Determinación de la resistencia a la compresión de cilindros de concreto-Método de prueba," *Construcción y Tecnología Problemas, causas y soluciones,* vol. 15, pp. 68-71, Noviembre 2008.

[6] E. Setyowati, P. Khusnan and H. Gagoek, "Green concrete made of oyster shell waste to support green building material," *Jurnal Teknologi,* vol. 78, no 5, pp. 203-207, 2016.

[7] T.H. Silva, J. Mesquita-Guimarães, B. Henriques, F. S. Silva and M. C. Fredel, "The Potential Use of Oyster Shell Waste in New Value-Added By-Product," *Resources, Vol 8, No 13,* pp. 1-15, 2019.

[8] C.-F. Liang and H.-Y. Wang, "Feasibility of Pulverized Oyster Shell as a Cementing Material," *Advances in Materials Science and Engineering,* pp. 1-7, 2013.

[9] D. Nagrockienė, G. Girskas and G. Skripkiūnas, "Properties of concrete modified with mineral additives," *Construction and Building Materials,* vol. 135, no 15, pp. 37-42, 2017.

[10] E. Setyowati and G. Hardiman, "The Acoustical Performances of Oyster Shell," *Journal of Engineering Technology Waste Based Green Concrete Materials,* vol. 3, no 3, pp. 31-36, 2015.

[11] C. Ramón-de Los Santos, A. Lopez, P. Sifuentes-Gallardo, M. Á. Hernández-Rivera, F. Rivera-Trejo y L.L. Dìaz-Flores, "Reuso de desechos de conchas de ostión *crassostrea virginica.* para la obtención de un material como aglomerante de mortero a partir de tratamientos de molienda y calcinación," *Revista Espacio I+D,* vol. 5, no 12, pp. 38-48, 2016.

[12] N. R. Camargo-Pérez y C. H. Higuera-Sandoval, "Concreto hidráulico modificado con sílice obtenida de la cascarilla del arroz," *Ciencia e Ingeniería Neogranadina,* vol. 27, no 1, pp. 91-109, 2017.

Análisis de eficiencia global del equipo (OEE) en proceso crítico de una línea de producción

S. D. Mayoral Hernández[1], F. Ortiz Flores[2], J. L. Hernández Mortera[2], M. L. Arrioja Rodríguez[2], R. A. Manjarrez Rivera[1]*
[1]Alumno MII, División de estudios de posgrado e investigación, Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Orizaba. Avenida Oriente 9, número 852, col. Emiliano Zapata, C.P. 94320 Orizaba, Ver., México
[2]División de estudios de posgrado e investigación, Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Orizaba. Avenida Oriente 9, número 852, col. Emiliano Zapata, C.P. 94320 Orizaba, Ver., México
danielmayoral_15@hotmail.com
***Área de participación**: Ingeniería Industrial.*

Resumen

El presente artículo muestra una metodología para analizar la eficiencia global del equipo (OEE) en un proceso crítico de una línea de producción de lima. Se aplicó la herramienta de *Lean Manufacturing* denominada mapa de la cadena de valor (VSM) para obtener un panorama general de los procesos de la línea de lima. La aplicación de esta herramienta permitió determinar el proceso crítico, en el cual se calculó el indicador OEE. Para realizar el cálculo, primero se obtuvo información del tiempo disponible, de operación, productivo y efectivo, con esta información se calcularon los tres factores que componen el indicador OEE: disponibilidad, tasa de rendimiento y tasa de calidad. Al obtener los resultados se realizó un análisis de los tres factores comparándolos con un estándar y se determinaron las posibles causas que afectan al proceso crítico.

***Palabras clave**: OEE, disponibilidad, rendimiento, calidad, VSM.*

Abstract

This article shows a methodology to analyze the Overall Equipment Efficiency (OEE) in a critical process of a lime production line. The Lean Manufacturing tool, *called Value Stream Mapping (VSM), was applied to get an overview of the file line processes. The application of this tool allowed finding the critical process and calculating its OEE indicator. To perform the OEE calculation, first, information was obtained on the available time, operating time, productive time, and effective time. With this information, were calculated the three factors that make up the OEE indicator:* availability, performance rate, and quality rate. When obtaining the results, *three indicators were analyzed, comparing them with a standard, and the possible causes that affect the critical process were determined.*

***Key words**: OEE, availability, performance, quality, VSM.*

Introducción

Belokar, et al. [1] mencionan que *Lean manufacturing* es una filosofía proveniente del Sistema de producción de Toyota (TPS, por sus siglas en inglés de *Toyota Production System*). Su objetivo es reducir los desperdicios [2], es decir, toda actividad que no agrega valor (NVA, de las siglas en ingles de *No Value Aggregated*) en un proceso, pero que si genera un costo o un esfuerzo [3]. Los desperdicios que *Lean manufacturing* se encarga de reducir son siete [1]: sobreproducción, exceso de inventario, reprocesamiento, tiempo de espera, transporte, movimientos innecesarios y procesamiento inapropiado. Reduciendo los desperdicios se disminuyen los costos, aumenta el capital y se generan más ventas para ser competitivos [4], pero existen diferentes métodos para lograrlo, y para esto, primero se necesitan identificar las actividades NVA de los procesos.

Ketkamon y Teeravaraprug [5] mencionan que el primer paso para implementar *Lean Manufacturing,* en cualquier empresa, es aplicar el Mapa de la Cadena de Valor (VSM, por sus siglas en ingles de

 ISSN 2007-8102

Value Stream Mapping), una herramienta basada en la versión de *Lean Manufacturing* del TPS que ayuda a comprender y analizar procesos para luego aplicar herramientas y técnicas del TPS [6].
El VSM trabaja en todos los procesos del flujo de valor, representando las actividades de los procesos que agregan valor (VA, de las siglas en ingles de *Value Aggregated*), es decir, cualquier actividad que el cliente está dispuesto a pagar [7], y las actividades que no agregan valor (NAV) en el proceso actual. A diferencia de otras técnicas de diagnóstico, VSM coloca diversa información en todos y cada uno de los procesos: el tiempo de ciclo, el tiempo de la máquina, el inventario y, el flujo de información desde la materia prima hasta el producto terminado [8]. Además, VSM permite ver todo el proceso del flujo de valor, tanto en su estado actual como en su estado futuro [7]. Desde que se desarrolló se ha convertido en la forma más común para implementar el enfoque *Lean* y se ha extendido a diferentes sectores [9]: salud [10], automotriz [7], mantenimiento [11], entre otros.

Un indicador que las compañías usan en su camino hacia un enfoque *Lean* es la eficiencia global del equipo [12] el cual se conoce como OEE por sus siglas en inglés de *Overall Equipment Efficiency*. Este indicador brinda una retroalimentación sobre las condiciones del equipo, mostrando donde se necesita mejorarlo. El principal objetivo para medir OEE es hacer que los equipos, que tengan una capacidad menor que la demanda, funcionen más efectivamente, identificando las causas de las seis grandes pérdidas [12]. La eficiencia global del equipo (OEE) se obtiene del producto de tres factores: disponibilidad, la tasa de rendimiento, y la tasa de calidad [13]; tal y como se muestra en la Figura 1.

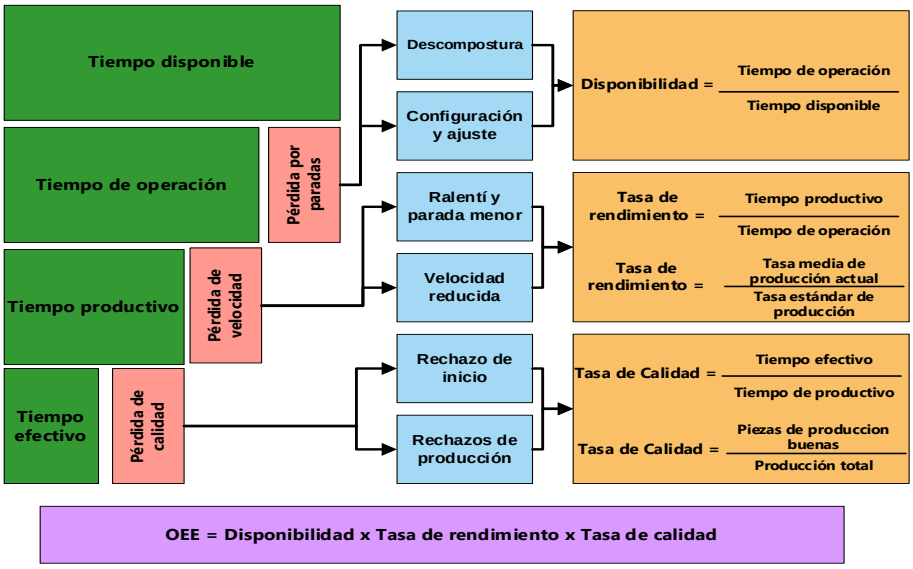


Figura 1. Cálculo y factores de la eficiencia global del equipo (OEE) [14].

La relación entre las seis grandes pérdidas y los indicadores que usa el OEE para reducirlas [15] se muestran en la Tabla 1.

Tabla 1. Seis grandes pérdidas del OEE [15].

Indicador	Categoría de pérdida	Seis grandes pérdidas	Ejemplos de pérdidas	Comentarios
Disponibilidad	Pérdida por paradas	Descompostura	Falla en el equipo. Mantenimiento no planificado. Mantenimiento general.	Pérdida por avería de equipos (más de 10 min).
		Configuración y ajuste	Configuración / Cambio. Material escaso. Escasez de operadores.	Tiempo perdido por ajustes en los equipos (menos de 10 min).
Rendimiento	Pérdida de velocidad	Ralentí y paradas menores	Lento flujo de material. Atascos de componentes. Atascos de material.	Ocurren cuando los equipos se detienen por un corto tiempo como resultado de un problema temporal.
		Velocidad reducida	Ineficiencia del operador. Bajo capacidad de diseño.	Se refiere a la diferencia entre la velocidad de diseño y la velocidad de funcionamiento real.
Calidad	Pérdida de calidad	Rechazo de inicio	Lenta estabilización durante primeras horas.	Algunos equipos requieren un tiempo de calentamiento y ajustes para un rendimiento óptimo.
		Rechazos de producción	Chatarra y retrabajo.	Los productos no se ajustan a la especificación durante la producción en estado estable.

 ISSN 2007-8102

Metodología

La metodología aplicada para analizar el indicador de "eficiencia global del equipo (OEE)" en un proceso crítico de una línea de producción de lima, fue la siguiente:

1) Elaborar VSM de línea de producción de lima.
2) Analizar VSM y determinar proceso crítico de línea de producción de lima.
3) Calcular factor disponibilidad del proceso crítico.
4) Calcular factor tasa de rendimiento del proceso crítico.
5) Calcular factor tasa de calidad del proceso crítico.
6) Calcular OEE del proceso crítico.
7) Analizar OEE del proceso crítico.

Elaborar VSM de línea de producción de lima

Para elaborar el VSM de línea de producción de lima (Figura 2 y Figura 3) se realizaron los pasos siguientes, con base en la metodología de Lee y Snyder [16]:

1. Se dibujaron los símbolos correspondientes a cada uno de los procesos de la línea de producción de lima con su respectiva caja de datos, de izquierda a derecha.
2. Se llenaron las cajas y cuadros de datos con la información de los indicadores: tiempo de máquina(TM), tiempo de operador (TO), tiempo de transporte (TT), tiempo de ciclo (TC), tasa de salida (TS), agrega valor (AV), no agrega valor (NAV), número de operadores (NO), tiempo disponible (TD), lote de transferencia (Lote), número de máquinas (NM) e inventario entre procesos (Δ).
3. Se dibujó la línea de tiempo debajo de las cajas de datos de los procesos, donde se colocó el resultado de multiplicar el TC en minutos por el lote de transferencia real de cada uno de los procesos.
4. Se calculó el *Lead Time* (LT) de cada proceso y el resultado se colocó sobre la línea de tiempo.
5. Se hizo la sumatoria del *lead time* de cada proceso (∑LT) y se colocó el resultado al final de la línea de tiempo.
6. Se sumaron los tiempos de ciclo (∑TC) de los procesos para obtener el tiempo de fabricación de un lote de limas (300 limas) y se colocó el resultado al final de la línea de tiempo.

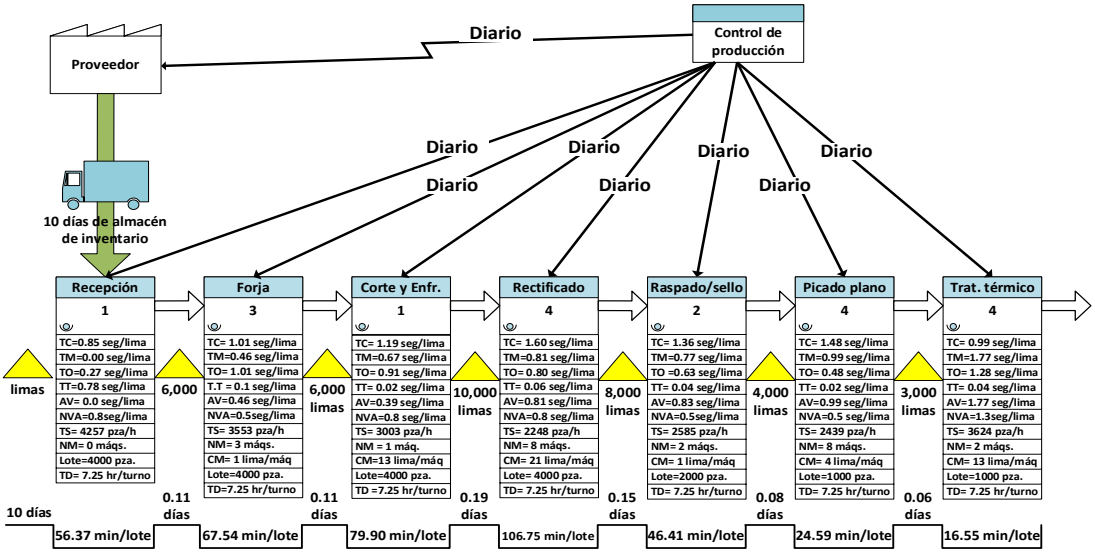


Figura 2. VSM de la línea de producción de lima (del proceso de recepción a tratamiento térmico).

 ISSN 2007-8102

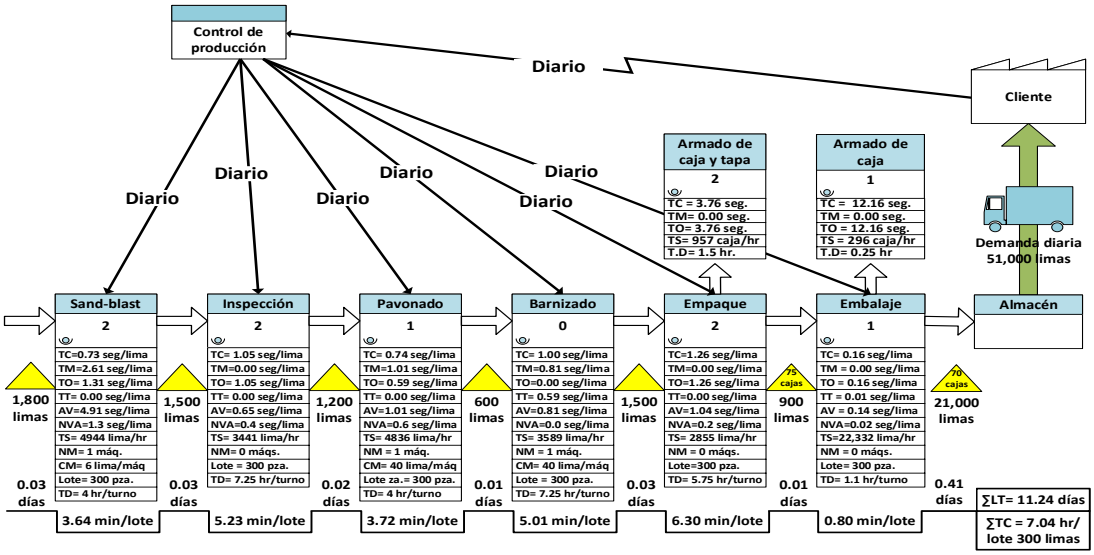


Figura 3. VSM de la línea de producción de lima (del proceso de *sand blast* a embalaje).

Analizar VSM y determinar proceso crítico de línea de producción de lima

Al realizar el análisis del VSM de la línea de producción de lima se observó lo siguiente:

- Existe exceso de inventario en la mayoría de los procesos de fabricación de lima de debido a que existe un lote de transferencia muy grande.
- Los procesos que tienen un mayor tiempo de inventario fueron únicamente dos: corte, con 0.19 días, y **rectificado**, con 0.15 días.
- Hay dos procesos con mayor tiempo de ciclo: **rectificado**, con 1.60 segundos/lima, y picado, con 1.48 segundos/lima.
- Cada proceso maneja un lote de transferencia diferente.
- La sumatoria de tiempo de ciclo fue de 7.04 horas, lo cual indica el tiempo de salida del primer lote de 300 limas.
- El *lead time* es de 11.24 días, lo cual indica que se tienen en promedio 11 días de inventario de limas en el proceso.
- El proceso de **rectificado** es el segundo proceso con mayor cantidad de inventario.
- El mayor lote de transferencia fue de 4000 limas y éste se encuentra en tres procesos: **rectificado,** forja y corte.
- El proceso de **rectificado** es un cuello de botella, ya que tiene el mayor tiempo de ciclo (TC), por lo tanto, tiene la menor tasa de salida de limas.

Con base en lo observado se determinó que el proceso crítico es el **"proceso de rectificado"**.

Calcular factor disponibilidad del proceso crítico

Para calcular el factor de disponibilidad mensual, se obtuvieron datos del tiempo disponible (*A*) de las máquinas de rectificado y sus pérdidas por paradas (*B*) durante el periodo de julio de 2019 a febrero de 2020. La diferencia de estos tiempos (*C=A-B*) proporcionó el tiempo de operación mensual.

El factor de disponibilidad mensual (Tabla 2), que se calculó mediante el cociente del tiempo de operación de las máquinas y el tiempo disponible (C/A), fluctuó entre el 97.55 y 99.81% (Figura 4), siendo agosto el mes donde se presentó menor disponibilidad debido a que existieron mayores pérdidas por paradas de las máquinas rectificadoras.

 ISSN 2007-8102

Tabla 2. Cálculo de factor disponibilidad.

Año	Mes	A. Tiempo disponible (h / mes)	B. Pérdida por paradas (h / mes)	C. Tiempo de operación (h / mes)	Disponibilidad C/A
2019	Jul	4122	7.65	4114.35	99.81%
2019	Ago	4506	110.27	4395.73	97.55%
2019	Sep	4350	12.25	4337.75	99.72%
2019	Oct	4506	36.88	4469.12	99.18%
2019	Nov	3948	8.36	3939.64	99.79%
2019	Dic	2850	7.55	2842.45	99.74%
2020	Ene	3948	10.41	3937.59	99.74%
2020	Feb	4176	17.29	4158.71	99.59%

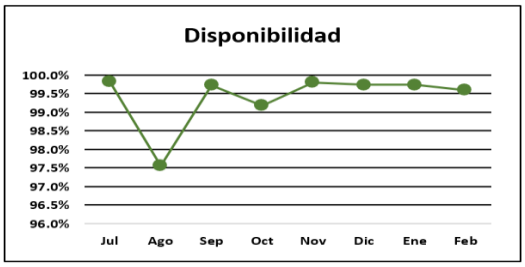


Figura 4. Fluctuación del factor disponibilidad.

Calcular factor tasa de rendimiento del proceso crítico

El factor "tasa de rendimiento" mensual, durante el periodo de julio de 2019 a febrero de 2020, se obtuvo de dos formas:

- En términos de tiempo. Se obtuvieron datos del tiempo de operación (C) y sus pérdidas de velocidad (D); la diferencia de estos tiempos (E=C-D) proporcionó el tiempo productivo mensual. El factor de tasa de rendimiento mensual, en términos de tiempo (Tabla 3a) es el cociente del tiempo productivo (E) de las máquinas y el tiempo de operación (C).
- En términos de producción de limas. Se obtuvieron datos de la tasa media de producción actual (F) y la tasa estándar de producción (G). El factor de tasa de rendimiento mensual en términos de producción de limas (Tabla 3b) es el cociente de ambos datos (F/G).

El factor de tasa de rendimiento fluctuó entre el 18.55 y 89.35% (Figura 5), siendo diciembre el mes donde se presentó la menor tasa de rendimiento debido a que existieron mayores pérdidas de velocidad de las máquinas rectificadoras.

Tabla 3. Cálculo de factor tasa de rendimiento. a) En términos de tiempo. b) En términos de producción de limas.

Año	Mes	C. Tiempo de operación (h / mes)	D. Pérdidas de velocidad (h / mes)	E. Tiempo productivo (h / mes)	Tasa de rendimiento E/C
2019	Jul	4114.35	438.34	3676.01	89.35%
2019	Ago	4395.73	928.52	3467.21	78.88%
2019	Sep	4337.75	980.41	3357.34	77.40%
2019	Oct	4469.12	1072.99	3396.13	75.99%
2019	Nov	3939.64	2090.95	1848.69	46.93%
2019	Dic	2842.45	2315.25	527.20	18.55%
2020	Ene	3937.59	1312.00	2625.59	66.68%
2020	Feb	4158.71	813.16	3345.55	80.45%

a)

Año	Mes	F. Tasa media de producción (limas / h)	G. Tasa estándar de producción (limas / h)	Tasa de rendimiento F/G
2019	Jul	335.04	375	89.35%
2019	Ago	295.78	375	78.88%
2019	Sep	290.24	375	77.40%
2019	Oct	284.96	375	75.99%
2019	Nov	175.97	375	46.93%
2019	Dic	69.55	375	18.55%
2020	Ene	250.05	375	66.68%
2020	Feb	301.67	375	80.45%

b)

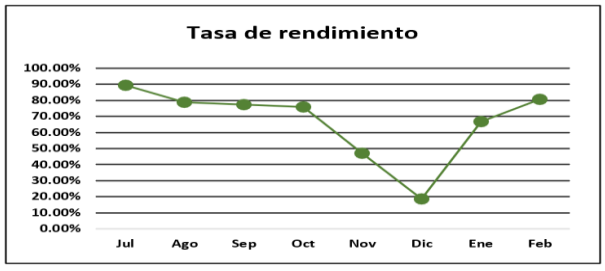


Figura 5. Fluctuación del factor tasa de rendimiento.

Calcular factor tasa de calidad del proceso crítico

Para calcular el factor tasa de calidad mensual, durante el periodo de julio de 2019 a febrero de 2020, se obtuvo de dos formas equivalentes:

- En términos de tiempo. Se obtuvieron datos del tiempo productivo (E) y sus pérdidas de calidad (H), la diferencia de estos tiempos (I=E-H) proporcionó el tiempo efectivo mensual.

 ISSN 2007-8102

El factor de tasa de calidad mensual en términos de tiempo (Tabla 4a) es el cociente del tiempo efectivo de las máquinas y el tiempo productivo (I/E).

- En términos de producción de limas. Se obtuvieron datos de la producción total de limas (J) y las limas rectificadas no conformes (K), la diferencia de ambos datos (L=J-K) proporcionó las limas rectificadas buenas. El factor de tasa de rendimiento mensual en términos de producción de limas (Tabla 4b) es el cociente de limas rectificadas buenas y la producción total de limas (L/J).

El factor de tasa de calidad fluctuó entre el 99.73 y 99.98% (Figura 6), siendo noviembre el mes donde se presentó la menor tasa de calidad debido a que existieron mayores pérdidas de calidad de las máquinas rectificadoras.

Tabla 4. Cálculo de factor tasa de calidad. a) En términos de tiempo. b) En términos de producción de limas.

Año	Mes	E. Tiempo productivo (h / mes)	H. Pérdida de calidad (h / mes)	I. Tiempo efectivo (h / mes)	Tasa de calidad I/E
2019	Jul	3676.01	8.45	3667.56	99.77%
2019	Ago	3467.21	7.70	3459.51	99.78%
2019	Sep	3357.34	6.67	3350.67	99.80%
2019	Oct	3396.13	7.55	3388.58	99.78%
2019	Nov	1848.69	4.97	1843.72	99.73%
2019	Dic	527.20	5.39	521.81	98.98%
2020	Ene	2625.59	5.03	2620.56	99.81%
2020	Feb	3345.55	7.53	3338.03	99.78%

a)

Año	Mes	J. Producción total (limas / mes)	K. Limas rectificadas no conformes (limas / mes)	L. Piezas de producción buenas (limas / mes)	Tasa de calidad L/J
2019	Jul	1378502	3167	1375335	99.77%
2019	Ago	1300204	2887	1297317	99.78%
2019	Sep	1259002	2502	1256500	99.80%
2019	Oct	1273548	2830	1270718	99.78%
2019	Nov	693258	1864	691394	99.73%
2019	Dic	197700	2020	195680	98.98%
2020	Ene	984597	1888	982709	99.81%
2020	Feb	1254582	2822	1251760	99.78%

b)

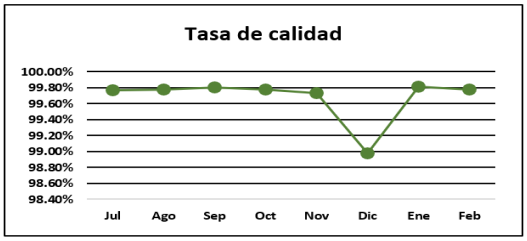


Figura 6. Fluctuación del factor tasa de calidad.

Calcular OEE del proceso crítico.

Para calcular el OEE, del periodo de julio de 2019 a febrero de 2020, se realizó el producto de los tres factores calculados (Tabla 5): disponibilidad, tasa de rendimiento y tasa de calidad. La Figura 7 muestra que el OEE fluctuó entre el 18.31 y 88.98%, siendo diciembre el mes donde se registró el OEE más bajo de las máquinas rectificadoras.

Tabla 5. Cálculo de OEE.

Año	Mes	Disponibilidad	Tasa de rendimiento	Tasa de calidad	OEE
2019	Jul	99.81%	89.35%	99.77%	88.98%
2019	Ago	97.55%	78.88%	99.78%	76.78%
2019	Sep	99.72%	77.40%	99.80%	77.03%
2019	Oct	99.18%	75.99%	99.78%	75.20%
2019	Nov	99.79%	46.93%	99.73%	46.70%
2019	Dic	99.74%	18.55%	98.98%	18.31%
2020	Ene	99.74%	66.68%	99.81%	66.38%
2020	Feb	99.59%	80.45%	99.78%	79.93%
Promedio		**99.40%**	**66.78%**	**99.68%**	**66.16%**

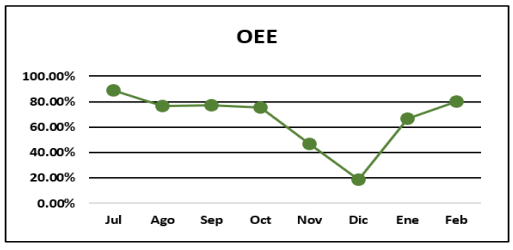


Figura 7. Grafica de OEE.

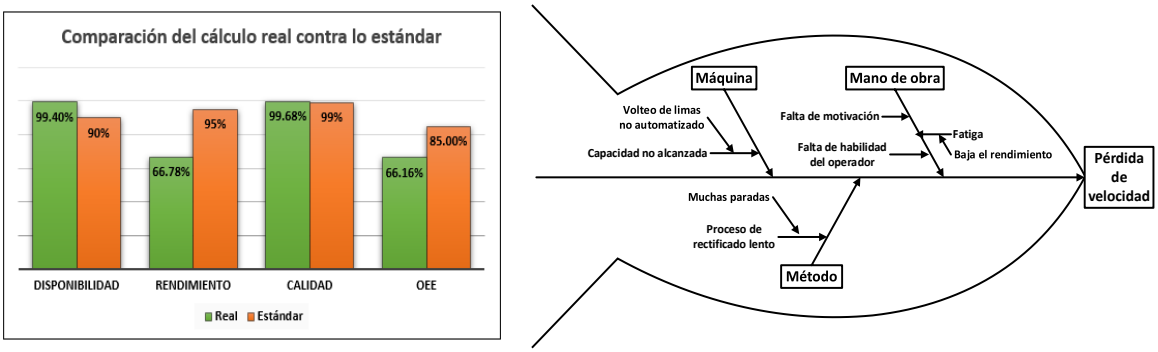
Analizar OEE del proceso crítico

Para realizar el análisis de la OEE se obtuvieron los promedios de cada uno de los factores: disponibilidad 99.4%, tasa de rendimiento 66.78% y tasa de calidad 99.68% (Tabla 5); posteriormente, para ver si tenían los valores mínimos requeridos, se compararon con los estándares que menciona Levitt [17], que se muestran en color naranja en la (Figura 8a). Con base en ese

 ISSN 2007-8102

comparativo, se llegó a la conclusión que, de los tres factores de la OEE, la tasa de rendimiento es el más bajo con un promedio de 66.78%.

Con base en esta conclusión y analizando la Figura 1 y Tabla 1, la categoría que afecta la tasa de rendimiento es la pérdida de velocidad. Por esta razón, se elaboró el diagrama de pescado de la Figura 8b, para identificar causas de la perdida de velocidad.



a) b)

Figura 8. Análisis del OEE. a) Comparación del cálculo real contra lo estándar. B) Diagrama de pescado de la pérdida de velocidad.

Resultados y discusión

Mediante el análisis del VSM de la línea de producción de lima se determinaron dos problemáticas principales en el proceso de rectificado: exceso de inventario debido a que se tiene un tamaño de lote muy grande y que el proceso de rectificado es un cuello de botella ya que tiene el TC más elevado. También se observó que si se eliminan las dos problemáticas del proceso de rectificado el proceso de picado se convertiría en cuello de botella.

Con base en el análisis del OEE, se determinó que el proceso de rectificado tiene una tasa de rendimiento por debajo de lo permitido (95 %) debido a lo siguiente:

- Cada uno de los cuatro operadores manejan dos máquinas al mismo tiempo. Lo que ocasiona que una de ellas, la mayoría de las veces, esté parada en espera del operador.
- Rectificado requiere de muchas actividades manuales. Una de ellas es voltear las limas (hasta cuatro veces) para que la máquina rectifique cada cara de la lima; cuando el operador realiza ajustes o alguna otra actividad en una máquina, la otra máquina queda inactiva, y en ocasiones, ambas máquinas quedan inactivas, reduciendo tasa de rendimiento.

Trabajo a futuro

El presente trabajo analizó la eficiencia global del equipo (OEE) del proceso de rectificado en una fábrica de herramientas manuales, mediante el desarrollo de un VSM de la línea de producción de lima para encontrar un proceso crítico y determinar mediante el cálculo de OEE en donde enfocar la mejora. Para complementar este trabajo se puede realizar lo siguiente para mejorar la tasa de rendimiento:

- Diseñar un volteador automático que aumente el rendimiento de las máquinas rectificadoras.
- Realizar una simulación con software del funcionamiento del volteador automático para demostrar que existirá una mejora en la tasa de rendimiento y elevara la OEE del proceso de rectificado.
- Fabricar el volteador e implementarlo en las 8 máquinas del proceso de rectificado.

Conclusiones

El valor promedio de la OEE de las máquinas del proceso de rectificado es de 68.03%, con una disponibilidad promedio de 99.4%, tasa de rendimiento promedio de 66.78% y tasa de calidad promedio de 99.68%. El cálculo del indicador OEE en el proceso de rectificado fue de gran ayuda, ya que gracias a los tres factores que lo componen permitió identificar que las pérdidas de velocidad afectan el rendimiento de las máquinas del proceso, con lo cual fue posible determinar las posibles causas que las originan.

Referencias

[1] R. M. Belokar, V. Kumar, y S. S. Kharb, "An application of value stream mapping in automotive industry: a case study," *International Journal of Innovative Technology and Exploring Engineering,* vol. 1, no. 2, pp. 152-157, 2012.

[2] J. M. Nicholas, *Competitive manufacturing management: continuous improvement, lean production, customer-focused quality*. McGraw-Hill/Irwin, 1998.

[3] L. Socconini, *Lean manufacturing. Paso a paso*. Marge books, 2019.

[4] R. Babu, R. Jayachitra, y M. Abinanth, "Implementation of Lean in Automotive Component Manufacturing Process," *International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET),* vol. Volume 3, no. 08-Agust-2016, 2016.

[5] K. Ketkamon y J. Teeravaraprug, "Value and non-Value added analysis of incoming order process," *Proceedings of the International MultiConference of Engineers and Computer Scientists,* vol. 2, pp. 18-20, 2009.

[6] J. C. Tinoco, "Implementation of LEAN Manufacturing. submitted in partial fulfillment of the requirements for the master in science," *Management Technology University of Wisconsin-Stout,* 2004.

[7] R. Adepu, M. S. Chandran, K. S. Babu, y M. Jagadeesh, "Application of Value Stream Mapping tool for waste reduction in manufacturing industry," *International Journal of Engineering and Technical Research, ISSN,* pp. 2321-0869, 2015.

[8] G. Gohane, A. Bonde, y C. Sable, "Improvement of productivity using value stream mapping," *IJSRD-International Jour nal for Scientifi c Research & Development,* vol. 2, no. 8, pp. 2321-0613, 2014.

[9] C. Grewal, "An initiative to implement lean manufacturing using value stream mapping in a small company," *International Journal of Manufacturing Technology and Management,* vol. 15, no. 3-4, pp. 404-417, 2008.

[10] D. B. Henrique, A. F. Rentes, M. Godinho Filho, y K. F. Esposto, "A new value stream mapping approach for healthcare environments," *Production Planning & Control,* vol. 27, no. 1, pp. 24-48, 2016.

[11] S. Kannan, Y. Li, N. Ahmed, y Z. El-Akkad, "Developing a maintenance value stream map," *Institute of Industrial Engineers, Technical Societies and Divisions Lean Conference Proceedings,* 2007.

[12] D. Högfeldt, "Plant efficiency: A value stream mapping and overall equipment effectiveness study," Department of Applied Physics and Mechanical Engineering, Lulea University of Technology, Suecia, 2005.

[13] T. Suzuki, *TPM en industrias de proceso*. Routledge, 2017.

[14] S. Nakajima, *TPM development program: implementing total productive maintenance*. Productivity press, 1989.

[15] S. Vijayakumar y S. Gajendran, "Improvement of overall equipment effectiveness (OEE) in injection moulding process industry," *IOSR J Mech Civil Eng,* vol. 2, no. 10, pp. 47-60, 2014.

[16] Q. Lee y B. Snyder, *The strategos guide to value stream & process mapping*. Enna Products Corporation, 2006.

[17] J. Levitt, *Managing factory maintenance*. Industrial Press Inc., 2005.

Diseño e implementación de una metodología para el enfoque estratégico en una empresa de software

S. Contreras Rosas[1], L. Martínez Hernández[2], R. Rosales Barrales[3], M.C. Martínez Orencio[2,*] D. Bertani Hernández[4]*
[1]Consultora Independiente, Calle Morelos No. 16, Col. Modelo, C.P. 94733, Río Blanco, Veracruz, México
[2]Departamento de Ingeniería Industrial, Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico de Orizaba, Oriente 9 No. 852, Col. Emiliano Zapata. C.P. 94320, Orizaba, Veracruz, México
[3]Departamento de Ingeniería en Gestión Empresarial, Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico de Orizaba, Oriente 9 No. 852, Col. Emiliano Zapata. C.P. 94320, Orizaba, Veracruz, México
[4]Departamento de Ingeniería Electrónica, Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico de Orizaba, Oriente 9 No. 852, Col. Emiliano Zapata. C.P. 94320, Orizaba, Veracruz, México

*lau_mtz@yahoo.com.mx, *marycrismtz2@gmail.com

***Área de participación**: Ingeniería Industrial*

Resumen

En el presente se expone la aplicación de una metodología denominada "JERS", la cual fue diseñada e implementada para la elaboración del enfoque estratégico de una empresa de consultoría y desarrollo de software, a fin de poder definir adecuadamente la estructura organizacional de la misma, siendo el primer paso para la aplicación de hoshin kanri. A través de un análisis FODA se obtuvieron las fortalezas y debilidades de la empresa para poder crear la misión y visión; se definieron los valores que serían los pilares de la empresa; se analizaron las actividades realizadas y considerando sus capacidades y recursos disponibles, se estructuraron el objetivo general y los objetivos específicos. Se diseñaron y aplicaron encuestas y entrevistas a los trabajadores para realizar el organigrama de la empresa, así como el Manual de Puestos y el Manual de Organización y Funciones.

***Palabras clave**: Metodología, enfoque, estratégico, organigrama.*

Abstract

In the present, the application of a methodology called "ESRB" is exposed, which was designed and implemented for the elaboration of the strategic approach of a consulting and software development company, in order to be able to adequately define its organizational structure, being the first step for the application of hoshin kanri. Through a FODA analysis, the strengths and weaknesses of the company were obtained in order to create the mission and vision; the values that would be the pillars of the company were defined; The activities carried out were analyzed and considering their capacities and available resources, the general objective and specific objectives were structured. Surveys and interviews with workers were designed and applied to carry out the organization chart of the company as well as the Positions Manual and the Organization and Functions Manual.

***Key words**: Methodology, strategic approach, organization chart.*

Introducción

El presente proyecto se llevó a cabo en una empresa dedicada al desarrollo y consultoría de software como son: el desarrollo de aplicaciones de software web y móvil; y que en conjunto con los servicios en la nube que hoy en día se ofrecen, además realizan la creación de proyectos integradores para dar solución a las necesidades de sus clientes. Durante el análisis de la situación actual, se detectó que la causa del problema principal se debía a un desorden organizacional, el cual

impactaba de manera general en todas las áreas de la empresa, de acuerdo con lo que indica Castellanos [1]. La problemática encontrada como lo hace notar Chiavenato [3] fue la falta del enfoque estratégico, y la ausencia del organigrama, siendo la desorganización, la impuntualidad y la falta de disciplina factores presentes en la empresa provocando que los trabajadores desempeñen de manera ineficiente cada una de sus actividades, generando un bajo rendimiento de productividad. Para resolver el problema se fusionaron técnicas de Ingeniería Industrial y conocimientos del área de Recursos Humanos, creando un enfoque estratégico que le permitiera a la organización tomar decisiones adecuadas para alcanzar los objetivos empresariales propuestos, con la finalidad de que se empleen actividades de alto nivel que resulten en niveles de competitividad mayores. Revisando lo que propone Yacuzzi [9], lo anterior permitirá aplicar un hoshin kanri para que, una vez que se tenga definida la base de la organización, se alineen los proyectos y actividades a los indicadores y metas organizacionales, siendo esto el trabajo futuro del proyecto.

La creación del enfoque estratégico le permitiría a la organización tomar decisiones adecuadas para alcanzar los objetivos empresariales propuestos, con la finalidad de que se realicen actividades de alto impacto que resulten en niveles de competitividad más altos, que sean medibles y cuantificables a fin de poder ser susceptibles de mejora mediante proyectos específicos en las áreas.

Con el diseño e implementación del organigrama, se delimitaron los campos de actuación de cada trabajador, con la finalidad de que las personas interaccionen con mayor conocimiento de su rol dentro de la empresa, lo cual ayuda en el proceso de comunicación, integración y desarrollo entre el personal. Además, se queda plasmado todo el trabajo logrado en el Manual de Organización y Funciones.

Metodología

La empresa de desarrollo y consultoría de software no contaba con su enfoque estratégico por lo que, a petición de los dueños, se buscaron estrategias para dar orden administrativo a la empresa. Para lograrlo se desarrolló una metodología de carácter personal nombrada como “Metodología JERS”, que permitiera dar orden administrativo a la empresa, la cual estuvo conformada por 14 pasos que se describen a continuación.

1. Mejorar la imagen gráfica de la empresa.

Antes de comenzar la realización de este proyecto, la empresa ya contaba con un logo, sin embargo, este no era el adecuado puesto que era un diseño muy simple y no lograba llamar la atención. Por tal motivo, en colaboración con el diseñador gráfico de la empresa se elaboraron tres propuestas del diseño del logo, donde la tipografía, los colores y la textura de estos fueron distintos, con la finalidad de que cada diseño se visualizara de manera diferente, conservando únicamente el nombre original de la empresa. Finalmente, los dueños eligieron uno de los tres diseños, el cual se usa desde entonces.

2. Planear y definir el enfoque estratégico de la empresa.

De acuerdo con Castellanos [1] el enfoque estratégico constituye actualmente una exigencia en la gestión de las organizaciones, dado los constantes cambios del entorno empresarial y el alto nivel de competitividad. Para poder realizar el diseño e implementación del Manual de Organización y Funciones, fue necesario que la empresa tuviera bien definido su enfoque estratégico, el cual es pieza fundamental para definir la estructura organizacional de la misma. Sin embargo, al inicio del proyecto se detectó la ausencia del enfoque estratégico (misión, visión, valores, objetivos, política general, historia de la empresa, y formatos para los puestos de trabajo), por tal motivo, revisando lo que propone Gonzáles [8] se comenzó el diseño e implementación de los puntos anteriormente mencionados para poder elaborar y estructurar de manera adecuada el Manual de Operaciones y Funciones de la empresa. Se realizó el análisis FODA, que de acuerdo con Chiavenato [2] permite comprender a profundidad la situación de la empresa a través de la realización de una lista completa de sus fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas. Este análisis permitió examinar la interacción entre las características particulares de la empresa y el entorno en el cual ésta compite: el sector de desarrollo de software.

A continuación, teniendo como base el FODA, se definió y estructuró la misión y visión, con la finalidad de que éstas describieran adecuadamente las necesidades y servicios que pretende brindar la empresa y le proporcionen una identidad propia, tal como lo sugiere Chiavenato [3].
Para elaborar los objetivos, se llevó a cabo una reflexión y análisis realista de la organización sobre qué acciones se pueden realizar y cuáles no, considerando sus capacidades, talentos y recursos disponibles (económicos y humanos), como resultado se elaboró el objetivo general y seis objetivos específicos, los cuales ayudarán a cumplir la misión empresarial. De acuerdo con Etzioni [4] se establecieron los objetivos realistas, medibles, alcanzables y específicos a fin de que se logren en el corto y mediano plazo. Por último, se establecieron los valores que definirían a la empresa y servirían como eje para su crecimiento, para lograrlo fue necesario, además, conocer todas las áreas de la empresa. Finalmente se definieron cuatro valores que impulsarán y darán sentido al trabajo, mismos que delimitarán éticamente las acciones y las decisiones tomadas por el equipo encabezado por la gerencia.

3. Crear el Código de Ética y Conducta Empresarial.

Se diseñó un Código de Ética y Conducta Empresarial, ya que la empresa no contaba con este documento. En este código se especifican los principios empresariales bajo los cuales se regirá la empresa; ya que es un medio para construir una organización estable y próspera, el cual le permitirá a los trabajadores regirse por los valores éticos y conductas que se presenten en este documento, para que de esta manera se pueda delimitar la acción que debe observarse, garantizando el adecuado cumplimiento de los principios de calidad, honradez, responsabilidad, lealtad y compromiso que den como resultado una conducta digna, generando condiciones que hagan posible la igualdad de oportunidades entre los colaboradores de la empresa.
Después de que se diseñó el Código de ética y Conducta Empresarial, se organizó una reunión para presentarlo con el Director general y a su vez se validara el documento. Una vez aprobado, formaría parte del Manual de Organización y Funciones para darlo a conocer a todo el personal.

4. Diseñar formatos para recopilar información sobre los puestos de trabajo.

Existen distintos métodos para realizar el análisis de los puestos de trabajo, es importante saber que en función de la naturaleza de los puestos se debería elegir el método más adecuado para recopilar información de este. Por tal motivo, para la obtención de datos de este proyecto, se utilizaron dos métodos: la entrevista y la encuesta, para ambos métodos se crearon formatos específicos. La finalidad de la entrevista fue conocer datos relevantes de cada trabajador y de las funciones que realizan de acuerdo con los puestos de trabajo. Revisando lo que propone Chiavenato [2], se elaboraron dos formatos para las entrevistas, cuyo diseño de preguntas se formuló de manera sencilla, para que todos los trabajadores de la empresa pudieran comprenderlas y de esta manera las respondieran sin problema alguno.
El primer formato titulado “Puesto de trabajo” estaba conformado por 10 preguntas con respuesta abierta, a través del cual, se obtuvo información relacionada con el conocimiento que tiene el trabajador sobre su puesto de trabajo en el cual se desempeñan día a día, así como si conocían cuales son las funciones principales y secundarias que deben desempeñar durante su jornada laboral. El segundo formato llamado “Funciones desarrolladas según el puesto de trabajo”, estuvo integrado por 4 preguntas concisas, para obtener información detallada acerca de las actividades que realiza cada trabajador.
Se elaboró una encuesta de carácter descriptivo titulada “Encuesta de satisfacción”, en ella se realizaron 10 cuestionamientos cuyas opciones de respuesta fueron cerradas para conocer cuál era la situación dentro de la empresa con respecto a la satisfacción laboral. El diseño de las preguntas se formuló de manera sencilla, con respuestas cerradas para que todos los trabajadores de la empresa las pudieran comprender y de esta manera las contestaran sin problema alguno.

5. Aplicar formatos (entrevista y encuesta).

Los formatos de encuesta y entrevista como señalan Gomez & Cardy [10] se aplicaron de manera individual a los 16 trabajadores (incluidos los jefes). La etapa de entrevista consistió en cuestionar a todo el personal sobre su puesto de trabajo, las funciones que desempeña, quién es su

jefe inmediato, cuáles son las áreas de la empresa con las cuales tiene una colaboración directa, así como un pequeño análisis personal sobre las fortalezas y debilidades que cada trabajador posee. Esta información fue determinante para poder tener una perspectiva y conocimiento acerca de cómo estructurar el organigrama para la empresa.
Tanto las entrevistas como las encuestas se realizaron de forma presencial.

6. Recopilar y analizar información obtenida de los formatos.

Se recopiló la información obtenida de los formatos aplicados a todos los trabajadores y posteriormente se realizó el análisis de las dos entrevistas “Puestos de trabajo” y “Funciones desarrolladas según el puesto de trabajo”, con lo que se concluyó lo siguiente:

- El 96% de los trabajadores no conocía cuál era el puesto de trabajo desempeñado en la empresa. Por tal motivo solían realizar muchas actividades que no estaban relacionadas con su puesto. Como consecuencia esto generaba pérdida de tiempo entre las actividades realizadas por cada uno de los trabajadores, así como re trabajos y retraso en las actividades a entregar para cada uno de los proyectos.
- El 75% de los trabajadores se encuentran satisfechos con el trabajo desempeñado en esta empresa, mientras que el 25% no, esto debido a pequeños aspectos relacionados con su espacio físico de trabajo.
- El 92% expresó que se encuentran muy de acuerdo con la relación afectiva y amigable dentro de la empresa, el 8% está simplemente de acuerdo con dicha relación. Dado este resultado, se muestra que existe una buena comunicación dentro de la empresa.
- El 100% de los trabajadores indicaron que entre todos los compañeros (incluyendo a los jefes) estimulan su desarrollo laboral, lo que permite que desempeñen sus actividades laborales bajo un ambiente cordial de trabajo.
- Con respecto a las relaciones laborales entre los trabajadores, el 8% indican que de vez en cuando son positivas (debido a comentarios “fuera de lugar” que en ocasiones existen durante las pláticas de convivencia).
- Con respecto al apoyo recibido entre compañeros de trabajo al momento de realizar alguna actividad, el 83% de los trabajadores indican que siempre reciben apoyo, mientras que el 17% revelan que de vez en cuando sucede.
- El apoyo que los trabajadores reciben por parte de los jefes corresponde al 100%, esto quiere decir que ante cualquier actividad los jefes siempre brindan su apoyo a sus colaboradores.
- Para concluir, el 83% de los trabajadores indicó que desde su ingreso a la empresa siempre se han sentido a gusto y conforme con su área de trabajo, con respecto al 17% que de vez en cuando se sienten conformes.
- Por último, el 25% de los empleados expresó que de vez en cuando se toman en cuenta sus opiniones y/o sugerencias por parte de los jefes para la realización de un proyecto.

7. Diseñar el organigrama de la empresa.

Inicialmente, la empresa no contaba con un organigrama definido, Chiavenato [2] marca que es necesario tenerlo para poder establecer claramente tanto líneas de autoridad como delimitar funciones. Por tal motivo, para realizar el organigrama fue necesario llevar un proceso de análisis, estructura y definición de las actividades que realizaban cada uno de los colaboradores de la empresa, posterior a la aplicación de las dos entrevistas y la encuesta mencionadas con anterioridad. Posteriormente en el organigrama se establecieron los nuevos 11 puestos de trabajo. Para el diseño del organigrama se analizó el número de personal que labora en la empresa, se realizó la búsqueda de organigramas de empresas cuyo giro es similar al de la empresa bajo estudio, esto con la finalidad de comparar los puestos y tipos de organigramas que conforman a dichas empresas. El organigrama diseñado para esta empresa corresponde a un diseño de organización centralizada, constituido también por un organigrama dinámico, en el cual se establecen adecuadamente todas las líneas de autoridad y relación entre puestos. El organigrama dinámico es aquel tipo de organigrama que indica el grupo de trabajo que tendrá la empresa por cada proyecto, es decir, debido a que cada proyecto es distinto por sus requerimientos y tiempos de entrega, la empresa deberá asignar a un equipo de trabajo determinado, cuyas características de acuerdo con el puesto de trabajo de cada empleado

sea el adecuado para realizar el proyecto y entregarlo en tiempo y forma. Este organigrama tiene sólo dos niveles jerárquicos, y no presenta un número específico de puestos que lo integran.

8. Elaborar los puestos de trabajo.

La elaboración de los puestos de trabajo se realizó una vez que se definió el organigrama con base a lo que sugiere Fincowsky [6], debido a que este documento es una recopilación de los puntos realizados previamente. En total se crearon 11 puestos de trabajo en los cuales se desempeñarán los 16 trabajadores de la empresa.

El formato que se elaboró para la descripción de cada puesto de trabajo quedó establecido como un documento único y oficial para todos los puestos de trabajo, dicho formato está constituido por las siguientes partes: diseño (imagen) representativo para cada puesto, resumen, objetivos, funciones principales, funciones adicionales, formación académica, habilidades técnicas, habilidades humanas y experiencia laboral.

9. Diseñar Manual de Descripción de Puestos.

Después de crear el organigrama y definir los puestos de trabajo, se realizó una investigación sobre el contenido del manual de puestos, y se decidió que el organigrama contemplaría los puestos: director general, director de software, director de operaciones, director creativo, director de proyectos, director administrativo, desarrollador, director de servicios, arquitecto de software, diseñador gráfico y líder de equipo.

Posteriormente, se definieron los puntos que integrarán el Manual de Descripción de Puestos, los cuales fueron: introducción, objetivo general, objetivos específicos, alcance, organigrama y la descripción de puestos (nombre del puesto, código, resumen del puesto, objetivos, funciones principales, funciones adicionales, formación académica, habilidades técnicas, habilidades humanas y experiencia laboral). Con la información recabada, se creó un formato propio para el Manual de Descripción Puestos de la empresa. Dicho manual, fue revisado de manera detallada por el Director general, con el objetivo de que la información descrita en él sea la adecuada para la empresa.

10. Recopilar información sobre sueldos y salarios.

Se investigó la diferencia entre sueldos y salarios, teniendo en cuenta a Hernández [7], así como algunos artículos de la Ley Federal del Trabajo que hablan sobre sueldos y salarios. De igual manera, se analizó el sueldo que se le paga a cada trabajador de la empresa, y se hizo una comparación con respecto al puesto desempeñado y el tiempo que cada uno lleva laborando en la empresa.

11. Elaborar la Política Salarial.

Para llevar a cabo la estructura de sueldos y salarios y crear de esta manera la Política salarial, se realizó una investigación sobre los sueldos que perciben los trabajadores cuyos puestos son iguales y/o similares a los descritos en el manual de puestos de la empresa, con la finalidad de tener un parámetro comparativo. La cantidad salarial que se tomó como referencia para establecer los sueldos, fueron los establecidos en un estudio realizado por Hernández [7] en el cual relaciona que llega a ser un 28% el salario percibido en Orizaba con respecto a los sueldos y salarios que se pagan en la Ciudad de México.

Con la política salarial se realizó un ajuste de sueldos a todo el personal de la empresa, así mismo, todos los trabajadores ya cuentan con seguro social y otras prestaciones que se estipulan en la Ley Federal del Trabajo.

12. Diseñar Manual de Organización y Funciones.

Para poder elaborar adecuadamente el Manual de Operaciones y Funciones se tuvieron que realizar una serie de requerimientos que integraran a dicho manual, los cuales fueron: mejorar la imagen gráfica de la empresa, crear el enfoque estratégico, elaborar el Código de ética y Conducta Empresarial, diseñar el organigrama, elaborar y diseñar los formatos para los puestos de trabajo, elaborar el Manual de Descripción de Puestos y establecer la política salarial.

El Manual de Organización y Funciones de acuerdo con Fincowsky [6] constituye la fuente oficial de consulta sobre la organización y el funcionamiento la misma, contiene detalles sobre su estructura,

niveles de autoridad, relaciones jerárquicas y de coordinación, descripción de funciones y estructura de cargos. Este documento permite a los diferentes niveles jerárquicos un conocimiento integral de la organización y sus funciones generales, contribuyendo de tal manera a mejorar los canales de comunicación y coordinación. La descripción de funciones de cada área permite tener una visión de las actividades a desarrollar en cada puesto de la empresa, además de constituir una guía para la realización del trabajo y dispone la delimitación de la responsabilidad y competencias para cada trabajador.

13. Validar y verificar Manual de Organización y Funciones.

Para llevar a cabo la verificación del manual, se realizaron dos revisiones: la primera revisión se llevó a cabo con el personal correspondiente al puesto de trabajo, y la segunda se realizó con el Director general. Una vez revisados y autorizados todos los puestos de trabajo se terminó de redactar y elaborar el Manual de Organización y Funciones de manera electrónica, con la finalidad de mostrarlo para que se revisara y autorizara por Director general antes de entregarlo impreso y compartirlo con todo el personal. Al entregar el manual impreso a la empresa, se firmaron todos los documentos oficiales que contiene el Manual de Organización y Funciones para darlo a conocer a todo el personal de la empresa y posteriormente implementarlo empresa.

14. Implementar el Manual de Organización y Funciones en la empresa.

Como parte de la implementación, para dar a conocer la información estipulada en el Manual de Operaciones y Funciones, fue necesario realizar una capacitación al personal. El contenido de esta capacitación constó de los siguientes temas: objetivo del manual, qué es un Manual de Organización y Funciones dentro de una empresa, cuáles son las partes que integran al manual, para quienes aplica el manual, quiénes son los responsables de actualizarlo, y una breve sesión de preguntas.

Resultados y discusión

A partir del diseño e implementación del enfoque estratégico, la empresa ha tenido una gestión más profesional y menos basada en improvisaciones, tiene lo necesario para poder realizar el hoshin kanri de la organización de forma que se haga la alineación de la visión, la misión y las metas de la empresa mediante los indicadores clave en función del FODA realizado.
Los resultados obtenidos, mostrados la Tabla 1, fueron:

- Con la organización de puestos y con el buen cumplimiento del horario laboral, el personal se volvió más productivo y gracias a esto, aumentó el número de proyectos entregados a tiempo, de un 40% a un 80%.
- El personal ya conoce sus funciones de acuerdo con su puesto de trabajo, por esta razón disminuyó el número de retrabajos por proyecto, de 64% a 36%.
- Gracias a la descripción de puestos, el 79% del personal ya conoce sus actividades primordiales y secundarias, y con esto se logró que realicen 3 proyectos más por persona, lo que incrementó el rendimiento del personal de un 36% a un 58%.
- La productividad del personal, con base en las tareas que realizaban a la semana, se incrementó de un 36% a un 71%.
- El cumplimiento del horario laboral se incrementó del un 29% a un 51%.
- Se clasificaron los proyectos en 3 niveles: alta, media y baja dificultad, con base en esto, se determinó el proceso de desarrollo del proyecto, el número de semanas para el desarrollo y el número de integrantes por proyecto, incrementando de un 33% al 100% de los proyectos categorizados.
- Se incrementó del 36% al 79% el conocimiento sobre el puesto y sus funciones por parte de los trabajadores.
- Con respecto a la nueva política salarial se lograron equilibrar los sueldos de 9 personas, lo que representa un aumento del 28% al 64% de los puestos, ya que hubo 3 que no se modificaron.

 ISSN 2007-8102

Tabla 1. Resumen de los resultados obtenidos. Elaboración propia.

Indicador	Antes	Después	Antes	Después	Interpretación
Entrega a tiempo de los proyectos	2 proyectos	4 proyecto	40%	80%	Con la organización de puestos y con el buen cumplimiento del horario laboral, el personal se volvió más productivo y gracias a esto, aumentó el numero de proyectos entregados a tiempo.
Re-trabajos	9 proyectos	5 proyectos	64%	36%	El personal ya conoce sus funciones de acuerdo a su puesto de trabajo, por esta razón disminuyó el número de retrabajos por proyecto.
Rendimiento del personal	5 proyectos por persona	8 proyectos por persona	36%	58%	Gracias a la descripción de puestos, el 79% del personal ya conoce sus actividades primordiales y secundarias, y con esto se logró que realicen 3 proyectos más por persona.
Productividad del personal	Calificación 5	Calificación 10	36%	71%	Con base en las tareas que realizaban a la semana, ya que semanalmente se elabora un reporte en el cual escriben sus actividades por día y el tiempo que se tardan en realizarlas.
Cumplimiento con el horario laboral	4 personas	9 personas	29%	50%	Las 5 personas que no cumplian con horario laboral eran 3 desarrolladores (que se desvelaban por trabajo, la directora creativa y la directora de proyecyos, las cuales no respetaban su horario).
Categorización de proyectos	1 proyecto categorizado	3 proyectos categorizados	33%	100%	Se clasificaron los proyectos en 3 niveles: alta, media y baja dificultad, con base en esto, se determinó el proceso de desarrollo del proyecto, el número de semanas para el desarrollo y el número de integrantes por proyecto.
Conocimiento de puestos y funciones por parte de los trabajadores	5 personas tenian conocimiento	11 personas tenian conocimiento	36%	79%	Las 3 personas restantes no hicieron caso acerca de su nuevo puesto.
Equilibrio en el sueldo que perciben todos los trabajadores	4 sueldos equlibrados	9 sueldos equlibrados	28%	64%	Con base a la nueva politica salarial se lograron equilibrar los sueldos de 9 personas, los unicos que no se modificaron fueron los de los jefes y el de la directora de proyectos.

Trabajo a futuro

La planeación estratégica para una empresa es fundamental porque define sus objetivos, su razón de ser y lo que desea lograr y alcanzar en el futuro. El diseño de la estructura organizacional es un proceso que ayudará a construir y ajustar la estructura de la empresa para conseguir sus objetivos. Se podría decir el diseño organizacional es el vehículo mediante el cual se ejecuta la estrategia empresarial y da pie al trabajo futuro del proyecto, el cual consiste en aplicar hoshin kanri para identificar los indicadores clave relacionados con el negocio, así como las estrategias a seguir para llegar de la misión a la visión, encontrar los problemas para lograrlo y determinar los planes de acción pertinentes. Además, se busca estandarizar el seguimiento del manual de operaciones y funciones para obtener mejores resultados.

Conclusiones

La implementación del enfoque estratégico es importante para la empresa ya que busca identificar oportunidades de crecimiento y sostenimiento a mediano y largo plazo. Con el alineamiento de la visión, misión y valores de todo el equipo de manera multinivel, se obtuvo una mayor productividad y compromiso por parte del equipo.

Es importante señalar la complejidad de implementar el enfoque estratégico para la empresa, porque a través de éste se establecerá una cultura laboral responsable y equitativa que estará alineada para obtener los resultados que la empresa se proponga, con una visión de liderazgo en el sector de desarrollo de software.

Además, se obtuvo una mayor atención al progreso deseado de la productividad de los trabajadores con enfoque en las metas y objetivos de la empresa. Esto ayuda a conocer y a establecer el propósito de esta y los indicadores de forma realista. Es importante destacar que se podrá medir el progreso de la productividad de manera tangible. Se diseñó e implementó el organigrama general de la empresa, el cual a su vez está integrado por un organigrama dinámico, logrando que los colaboradores puedan identificar de manera sencilla los niveles jerárquicos y grados de autoridad de

la empresa. Además de la creación de la metodología para la elaboración del enfoque estratégico, se realizaron los siguientes puntos, que actualmente son clave para el desarrollo de la empresa:

- A través de la creación de un código de ética y conducta empresarial, se garantizó el cumplimiento en el actuar de todo el personal de la empresa, en materia de ambiente laboral y tecnologías de la Información.
- Se creó el área de Recursos Humanos para gestionar y administrar los recursos humanos, económicos y materiales dentro de la empresa.
- Se definieron las funciones específicas para cada puesto de trabajo a través un formato especifico elaborado para para su descripción. Posteriormente, se elaboró el Manual de Puestos y Funciones, el cual se le dio a conocer al personal de la empresa.
- Se diseñó e implementó una política salarial, en la cual se establecieron los sueldos que recibirán los trabajadores a partir de los niveles jerárquicos, grados de autoridad y grado de estudio que tengan.
- Se elaboró un Manual de Organización y funciones que permite identificar niveles jerárquicos, grados de autoridad y estructura dentro de la empresa. Con la implementación del Manual de Organización y Funciones dentro de la empresa, se estandarizó de forma detallada y concisa, las actividades, responsabilidades y habilidades (técnicas y humanas) de cada puesto de trabajo.

Referencias

[1] J. Castellanos Castillo and C. Castellanos Machado, "El enfoque estratégico. Bases conceptuales," *Contribuciones a la Economía,* 2011.

[2] I. Chiavenato. (2007). Administración de Recursos Humanos: El capital humano de las organizaciones. McGraw Hill.

[3] I. Chiavenato , & A. Sapiro (2011). Planeación estratégica: fundamentos y aplicaciones. Mc Graw Hill.

[4] A. Etzioni. (1967). Organizaciones modernas. Sao Paulo: Pionera.

[5] L. E. Morga Rodríguez (2012). Teoría y técnica de la entrevista. México: Red tercer milenio.

[6] E. Fincowsky, Organización de las empresas: análisis, diseño y estructura. México: Mc Graw Hill., 1998.

[7] A. Hernández Ferrara, "Administración de sueldos y salarios", *Gestiopolis*, 2018. [Online]. Available: https://www.gestiopolis.com/administracion-de-sueldos-y-salarios/. [Accessed: 23- Dec- 2018].

[8] M. González Merino, Selección del personal: buscando al mejor candidato. México: Alfaomega, 2015.

[9] E. Yacuzzi, "La gestión HOSHIN: Modelos, aplicaciones, características distintivas", *Econstor: make your publications visible*, no. 316, 2005. Available: https://www.econstor.eu/bitstream/10419/84348/1/507981138.pdf. [Accessed 20 December 2018].

[10] L. Gómez Mejía, D. Balkin and R. Cardy, *Gestión de recursos humanos*. España: Prentice Hall, 2007.

Sistema de Administración de la Producción como herramienta en la reducción de costos

N. Montalvo Romero[1], A. Montiel Rosales[1], L. Navarro Muñoz[1]*
[1]División de Ingeniería Industrial, Tecnológico Nacional de México / ITS de Purísima del Rincón, Blvd. del Valle 2301, Guardarrayas, C.P. 36413, Purísima del Rincón, Gto., México
**nayeli.mr@purisima.tecnm.mx*

***Área de participación**: Ingeniería Industrial*

Resumen

La desincronización de los eslabones dentro de las empresas proveedoras de bienes y/o servicios, genera demoras, sobreproducción, paros en producción y conflictos laborales por delegar obligaciones y responsabilidades, entre otros efectos. Generalmente, dicha desincronización se puede asociar a la falta de comunicación entre las diversas áreas de la empresa; esto es, sí producción no notifica la cantidad de insumos que emplea en la elaboración de un bien, almacén no conocerá las necesidades de producción, mientras que compras no tendrá la capacidad de adquirir en tiempo y forma. El desarrollo e implementación eficiente de un Sistema de Administración de la Producción, en el presente trabajo de investigación, se aborda como herramienta de sincronización de los procesos; al permitir el acceso a la información que permita tomar decisiones asertivas. El sistema implementado permitió disminuir la relación entre el volumen de compra con el volumen de ventas, al pasar del 70.67% al 48.18%.

***Palabras clave**: Sistema de Administración de la Producción, sincronización, reducción, costos.*

Abstract

The desynchronization of links within the companies providing goods and/or services, generates delays, overproduction, production stoppages, and labor disputes for delegating obligations and responsibilities, among other effects. Generally, such desynchronization can be associated with the lack of communication between the various areas of the company; that is, if production does not report the number of inputs it uses in the preparation of a good, the warehouse will not know the production needs, while purchasing will not have the ability to acquire on time. The efficient development and implementation of a Production Management System, in this research work, is addressed as a tool for synchronizing processes; by allowing access to information that allows assertive decisions to be made. The implemented system reduced the relationship between purchase volume and sales volume, from 70.67% to 48.18%.

***Keywords**: Production Management System, synchronization, reduction, costs.*

Introducción

Actualmente, las exigencias del mercado demandan a las organizaciones ofrecer productos y/o servicios con una calidad máxima —a un precio competitivo—. Las organizaciones se enfrentan a clientes que antes de efectuar una compra revisan *on-line* diversas alternativas de compra [1–4], evaluando diversas propuestas que satisfacen sus necesidades y gustos. Este fenómeno, ha disminuido la brecha competitiva entre las organizaciones, originando que sus esfuerzos se enfoquen en incrementar su margen de contribución disminuyendo los costos asociados a la fabricación de una unidad productiva; al mismo tiempo en que mantiene o —en el mejor de los casos— mejora, la calidad del bien/servicio ofrecido. Las estrategias para cumplir con el objetivo se basan en analizar los factores internos y externos, así como sus interrelaciones [5].

 ISSN 2007-8102

La gestión de la producción es un enfoque que puede apoyar a las organizaciones que lo implementan a mantener o incrementar el margen competitivo. Los entornos ciber-físicos, permiten monitorear y controlar la producción [6]. Las organizaciones invierten cantidades significativas de dinero en la formación de capital humano, de manera tal que estos, desarrollen las competencias necesarias para el desarrollo de sistemas de gestión de la producción [7]; dichas organizaciones desean que sus empleados desarrollen una alta autoeficacia, en el sector [8].

La optimización de la administración de la producción requiere de un enfoque de ingeniería holístico [9], siendo éste el objetivo de las organizaciones, una sincronización de los eslabones productivos de la empresa. Según [10,11], la falta de monitoreo y control genera, *e.g.* costos, sobreinventarios, demoras, retrasos, quejas, devoluciones, paros de producción. Ahora bien, un Sistema de Administración de la Producción (SAP) eficiente contribuye al mejoramiento de los procesos [12,13].

El presente trabajo de investigación aborda el diseño, desarrollo e implementación de un SAP, en una empresa del sector cuero-calzado ubicado en San Francisco del Rincón, Guanajuato-México, la zona se caracteriza por la manufactura de calzado; en donde, por la naturaleza de un crecimiento desmedido asociado a la existencia de mayor demanda que oferta en los orígenes de la empresa bajo estudio, no existió un sistema que permitiera monitorear y controlar la producción. Al paso del tiempo, las exigencias del cliente y el crecimiento de competidores han originado que la empresa tenga la necesidad de emplear estrategias que les permitan ser competitivas en dicho sector. Un SAP es empleado, en el estudio como herramienta que permite monitorear y controlar la relación del volumen de compra con el volumen de venta.

Metodología

Fase I. Diseño del Sistema de Administración de la Producción

Se adquirió equipo de cómputo para los departamentos de: programación, ingeniería, almacén y adorno; al mismo tiempo, dichos dispositivos se conectaron a una red compartida, mientras que la plataforma se diseñó en Microsoft Access 2019 con licencia empresarial (véase Figura 1). Finalmente, el personal recibió capacitación para la gestión adecuada de la información, en el sistema.



Figura 1. Diseño del SAP.

La primera fase, además de considerar el diseño del sistema informático abordó cambiar el sistema de producción de *push* a *pull*, *i.e.*, producir a partir de pedidos y no a base de pronósticos; para esto se apoyó de la herramienta Kanban. La decisión de cambiar el sistema de producción emana a partir de identificar que existía sobre-almacenamiento de producto terminado, ocasionando con esto que el producto no tenga rotación al mismo tiempo en que se incrementan los costos de almacenamiento.

De este estudió se desprende que el sistema de producción basado en *push*, muestra un comportamiento en relación del volumen de compra con el volumen de ventas del 71%, representando este porcentaje la cantidad de materia prima que se adquirió pero que no se usó en línea de producción para la generación del producto terminado. Este fenómeno se asocia a la inexistencia de un departamento de ingeniería que monitoree y controle las necesidades reales de los inventarios (ver Figura 2).

 ISSN 2007-8102

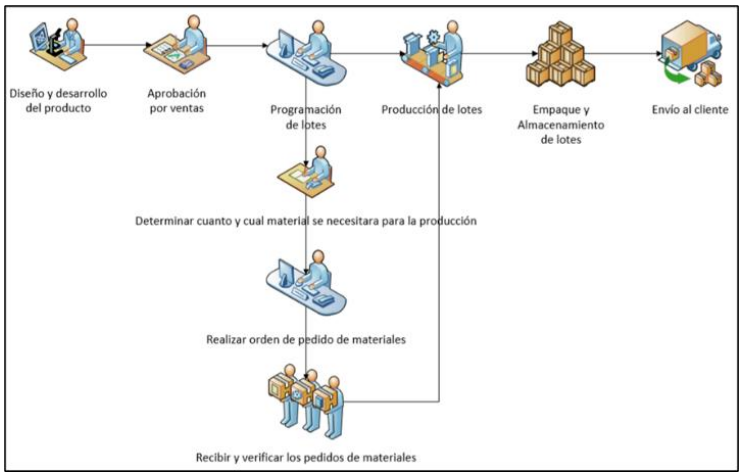


Figura 2. Eslabones logísticos dentro de la empresa.

Fase II. Desarrollo del Sistema de Administración de la Producción

Se desarrollaron diversos controles que permitieron recabar la información de las cantidades de los pedidos y el proceso necesario para cumplir con dicho pedido, considerando desde la adquisición de materia prima hasta el embarque del producto terminado; a partir de esta información se conformó una d*ata set*, la cuál se empleó para alimentar el sistema. Al mismo tiempo, el SAP se alimentó de los productos de la organización contemplado *e.g.*, nombres y/o códigos de cada material mediante número de estilo, corrida y combinación, en donde se especifica el tipo de producto, el tamaño y el color, así mismo una imagen del producto; también se alimentó al sistema con los costos, tanto de los materiales como de las maquilas y de los precios que se paga a la mano de obra que se maneja por destajo, esto con el fin de poder controlar los pagos de la mano de obra, de los materiales, y así obtener el costo total requerido para la fabricación de cada producto. Con la finalidad de obtener el sistema actualizado, se establecieron dos canales de comunicación: WhatsApp y correo electrónico empresarial, entre las partes interesadas del proceso productivo. La Figura 3, muestra el diagrama de flujo de comunicación de la información de los consumos, la lista de materiales y las necesidades de los inventarios a cubrir desde diseño y programación, hasta el departamento de producción.

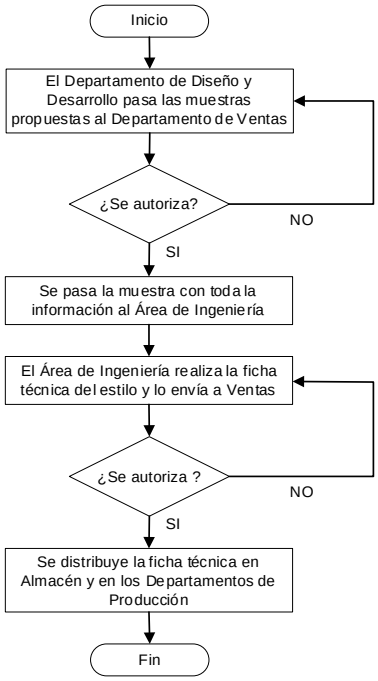
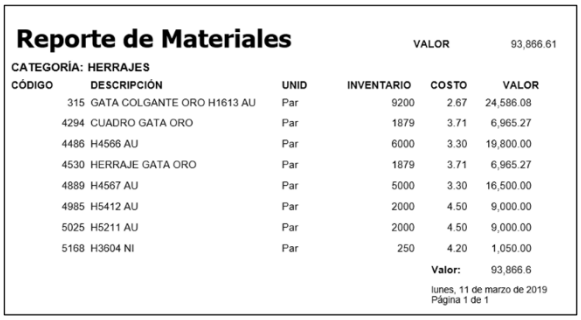


Figura 3. Flujo de comunicación.

 ISSN 2007-8102

Fase III. Implementación del Sistema de Administración de la Producción

Diseñado y desarrollado el sistema, es ahora posible interactuar con el sistema para efectuar el proceso de toma de decisiones que permita la sincronización de los procesos, *e.g.*, reporte de materiales (ver Figura 4*a*) y el reporte inventario en proceso (ver Figura 4*b*).



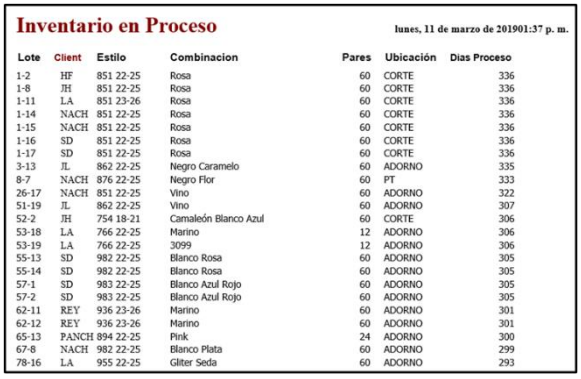
Reporte de Materiales

VALOR 93,866.61

CATEGORÍA: HERRAJES

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	UNID	INVENTARIO	COSTO	VALOR
315	GATA COLGANTE ORO H1613 AU	Par	9200	2.67	24,586.08
4294	CUADRO GATA ORO	Par	1879	3.71	6,965.27
4486	H4566 AU	Par	6000	3.30	19,800.00
4530	HERRAJE GATA ORO	Par	1879	3.71	6,965.27
4889	H4567 AU	Par	5000	3.30	16,500.00
4985	H5412 AU	Par	2000	4.50	9,000.00
5025	H5211 AU	Par	2000	4.50	9,000.00
5168	H3604 NI	Par	250	4.20	1,050.00
				Valor:	93,866.6

lunes, 11 de marzo de 2019
Página 1 de 1



Inventario en Proceso

lunes, 11 de marzo de 201901:37 p. m.

Lote	Client	Estilo	Combinacion	Pares	Ubicación	Dias Proceso
1-2	HF	851 22-25	Rosa	60	CORTE	336
1-8	JH	851 22-25	Rosa	60	CORTE	336
1-11	LA	851 23-26	Rosa	60	CORTE	336
1-14	NACH	851 22-25	Rosa	60	CORTE	336
1-15	NACH	851 22-25	Rosa	60	CORTE	336
1-16	SD	851 22-25	Rosa	60	CORTE	336
1-17	SD	851 22-25	Rosa	60	CORTE	336
3-13	JL	862 22-25	Negro Caramelo	60	ADORNO	335
8-7	NACH	876 22-25	Negro Flor	60	PT	333
26-17	NACH	851 22-25	Vino	60	ADORNO	322
51-19	JL	862 22-25	Vino	60	ADORNO	307
52-2	JH	754 18-21	Camaleón Blanco Azul	60	CORTE	306
53-18	LA	766 22-25	Marino	12	ADORNO	306
53-19	LA	766 22-25	3099	12	ADORNO	306
55-13	SD	982 22-25	Blanco Rosa	60	ADORNO	305
55-14	SD	982 22-25	Blanco Rosa	60	ADORNO	305
57-1	SD	983 22-25	Blanco Azul Rojo	60	ADORNO	305
57-2	SD	983 22-25	Blanco Azul Rojo	60	ADORNO	305
62-11	REY	936 23-26	Marino	60	ADORNO	301
62-12	REY	936 23-26	Marino	60	ADORNO	301
65-13	PANCH	894 22-25	Pink	24	ADORNO	300
67-8	NACH	982 22-25	Blanco Plata	60	ADORNO	299
78-16	LA	955 22-25	Gliter Seda	60	ADORNO	293

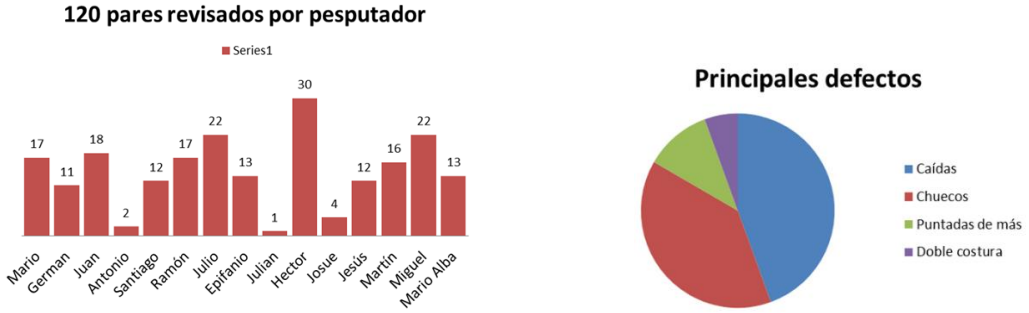
(*a*) Reporte de materiales (*b*) Reporte de inventario en proceso

Figura 4. Reportes proporcionados por el SAP.

Resultados y discusión

Defectos de producto en proceso

El sistema implementado, permite tener información actualizada entiempo real. A partir, de la disponibilidad de la información se decide por parte de la Dirección General de la organización, analizar las causas que generan devoluciones asociadas al Departamento de Pespunte; para esto se recolecta información de 120 pares realizados por cada operador (8 pespuntadores) durante una semana, dicho monitoreo permitió hallar 210 pares defectuosos representando con un 11.67% de no conformidades (véase Figura 5).



(*a*) Pares defectuosos (*b*) Principales defectos

Figura 5. Defectos en el departamento de pespunte.

Con esta información, se identificó que el pespuntador “Héctor” presentaba un número significativo de defectos —25% de no conformidades—; por lo que se tomó la decisión de cambiarlo de puesto y quitarle el armado del corte, dejándolo solo con fracciones simples como resultado de la implementación de una “Matriz de Competencias”. Como complemento al Departamento de Pespunte, se estableció un sistema de “*Management by Objectives*”, con la finalidad de disminuir las devoluciones por el no cumplimiento de conformidades.

Consumos por estilo

El sistema alimentado con los consumos parciales por cada pieza para la producción de un par de calzado es capaz de proveer la ficha técnica.

 ISSN 2007-8102

Bill of Materials

El SAP, permite obtener el *Bill of Materials* de la cartera de productos. La Figura 6, muestra dicha información para el estilo 1053; especificándose, *e.g.*, los nombres de cada parte necesaria para crear el producto final, así como la cantidad de material necesario, además de algunas otras especificaciones del estilo.

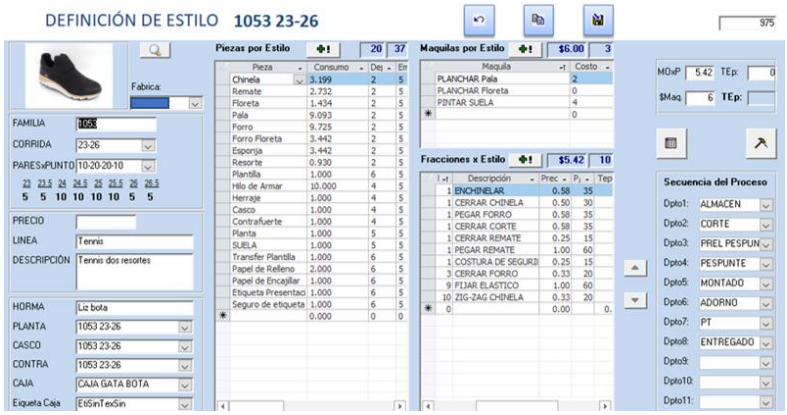


Figura 6. Definición del estilo 1053.

La Figura 7, muestra las características de las maquilas del estilo 1053, así como el nombre específico del material de cada pieza desglosada por combinaciones; esta información es necesaria separarla por combinación, debido a que no son los mismos materiales para todos los colores.



Figura 7. Definición de la combinación vino del estilo 1053.

Control de inventarios

La información provista por el SAP, permite analizar el comportamiento en la adquisición de materia prima. La Figura 8, muestra el análisis ABC cumpliéndose la regla del 80/20, *i.e.*, el 20% de los materiales que se adquieren representan el 80% de los costos totales de materia prima.

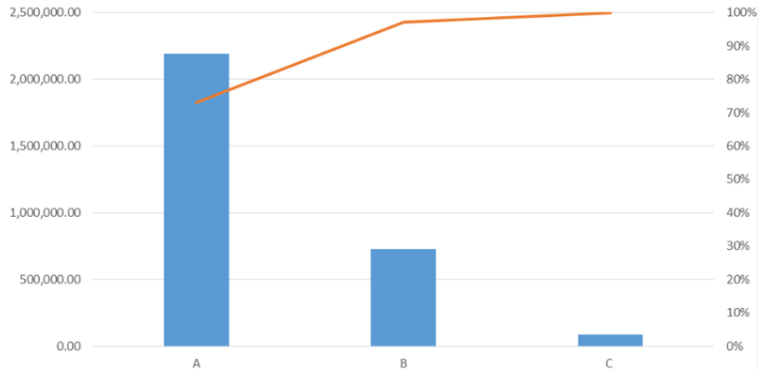


Figura 8. Gráfica del resultado del análisis ABC en el almacén.

 ISSN 2007-8102

La Tabla 1, presenta el resumen del análisis ABC en el almacén de la empresa bajo estudio; de este análisis se desprende que el 14.87% de los materiales utilizados, representa el 72.93% de los costos; lo que permitió establecer la política de inventario de enfocarse en los materiales de la clasificación "A", esto permite controlar los costos asociados a la adquisición de materia prima.

Tabla 1. Resumen del análisis del Sistema de Inventarios ABC.

Participación Estimada	Clase	No. de Productos	Total	Costos	Costos Totales	Frecuencia Acumulada
0-73%	A	40	14.87%	$2,188,795.02	72.93%	72.93%
74-97%	B	94	34.94%	$ 727,297.38	24.23%	97.17%
98-100%	C	135	50.19%	$ 84,966.09	2.83%	100.00%

Volumen de compra

Las decisiones tomadas a partir de la información proporcionada por el SAP permitieron disminuir los costos asociados a la adquisición de materia prima en relación a las ventas durante un estudio que constó de 5 semanas (véase Tabla 2) mediante el monitoreo y control en el sistema; debido a que, previo al SAP se adquiría sin el fundamento necesario de los consumos. La Figura 9, muestra el comportamiento del indicador durante el estudio, en donde se denota una reducción en los costos de adquisición de materia prima del 68.18%.

Tabla 2. Indicador del valor de compra.

Semana	Volumen de Compra	Volumen de Ventas	Valor de Indicador
1	$1,035,149.31	$ 1,464,720.00	70.67%
2	$ 808,384.03	$ 1,353,030.00	59.75%
3	$ 705,612.98	$ 1,389,750.00	50.77%
4	$ 569,520.08	$ 1,171,300.00	48.62%
5	$ 632,008.67	$ 1,311,720.00	48.18%

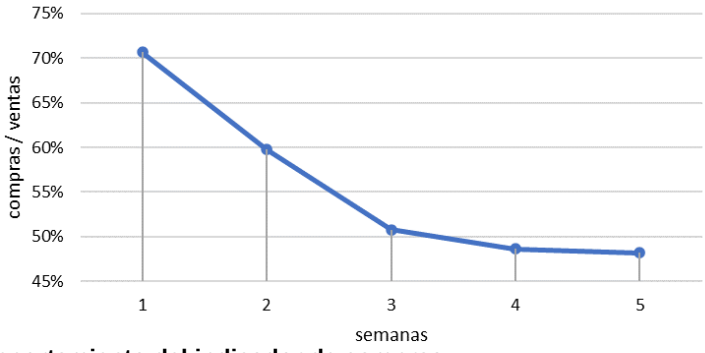


Figura 9. Comportamiento del indicador de compras.

Trabajo a futuro

Elaborar un modelo de simulación que como herramienta permita la sincronización de los eslabones logísticos proveedores-empresa-cliente, considerando dentro del modelo la incertidumbre asociada al comportamiento de la oferta-demanda; de manera tal, que se obtenga un flujo estable.

Conclusiones

El monitoreo y control adecuado de la producción que permita minimizar la desincronización de los procesos productivos por falta de información precisa y certera en tiempo real se alcanza con el diseño, desarrollo e implementación efectiva de un Sistema de Control de la Producción. El estudio

abordado en el presente trabajo de investigación le permitió a la empresa bajo estudio por medio del SAP: el (a) identificar la causa del no cumplimiento de conformidades, asociadas al departamento de pespunte esto derivado de la falta de destreza de parte del operador; al mismo tiempo, en que se (b) identificó que se adquiría mayor cantidad de materia prima, de la que se empleaba en el área de producción, mediante la identificación adecuada de los consumos y la programación efectiva de la adquisición de materia prima considerando el volumen de pedidos. El sistema desarrollado ha permitido a la empresa incrementar el margen competitivo, al disminuir los defectos en producción y los costos de adquisición de materia prima —comprar, solo lo que se requiere—.

Referencias

[1] G. M. Navarro and M. de Garcillán López-Rúa, “La influencia de los blogs de moda en el comportamiento del consumidor: un enfoque exploratorio”, *Journal Vivat Academia*, no. 135, pp. 85-109, 2016.

[2] O. C. M. Moreno, J. G. R. Andrade, M. C. L. Ramírez and R. V. Quiñones, “El comportamiento del consumidor en internet bajo el modelo psicológico social de Veblen”, *Journal Global de negocios*, vol. 3, no. 5, pp. 101-112, 2015.

[3] M. E. A. Martínez, M. Á. G. Borja, and J. A. Mondéjar-Jiménez, “Comportamiento del consumidor español ante la percepción de precios en hoteles online”, *Journal de Ciencias Sociales* (Ve), vol. 21, no. 3, pp. 311-320, 2015.

[4] K. E. Mercado, C. B. Perez, L. A. Castro and A. Macias, “Estudio Cualitativo sobre el Comportamiento del Consumidor en las Compras en Línea”. *Journal Información tecnológica*, vol. 30, no. 1, pp. 109-120, 2019.

[5] T. Russell Crook, D. J. Ketchen, C. C. Snow, “Competitive edge: A strategic management model”, *Journal The Cornell Hotel and Restaurant Administration Quarterly*, vol. 44, no. 3, pp. 44-53, 2003, doi: 10.1016/S0010-8804(03)90269-2.

[6] D. Gyulai, A. Pfeiffer and J. Bergmann, “Analysis of asset location data to support decisions in production management and control”, *Journal Procedia CIRP*, vol. 88, pp. 197-202, 2020, doi: 10.1016/j.procir.2020.05.035.

[7] S. Yang, K. Hamann, B. Haefner, C. Wu and Gisela Lanza, “A Method for Improving Production Management Training by Integrating an Industry 4.0 Innovation Center in China”, *Journal Procedia Manufacturing*, vol. 23, pp. 213-218, 2018, doi: 10.1016/j.promfg.2018.04.019.

[8] S. Yang, K. Hamann, B. Haefner, C. Wu and Gisela Lanza, “A Method for Improving Production Management Training by Integrating an Industry 4.0 Innovation Center in China”, *Journal Procedia Manufacturing*, vol. 23, pp. 213-218, 2018, doi: 10.1016/j.promfg.2018.04.019.

[8] S. Aka and G. Akyuz, “The Effect of Production Management Course on the Self-Efficacy of Employees”, Journal Procedia - Social and Behavioral Sciences, vol. 197, pp. 108-112, 2015, doi: 10.1016/j.sbspro.2015.07.064.

[9] R. Joppen, S. von Enzberg, A. Kühn and R. Dumitrescu, “A practical Framework for the Optimization of Production Management Processes”, *Journal Procedia Manufacturing*, vol. 33, pp. 406-413, 2019, doi: 10.1016/j.promfg.2019.04.050.

[10] S. Sardar and Y. H. Lee, “Analysis of product complexity considering disruption cost in fast fashion supply chain”. *Journal Mathematical Problems in Engineering*, pp. 1-15, 2015, doi: 10.1155/2015/670831.

[11] S. K. Kumar and M. S. P. Baskaran, “A Study on Effective Inventory Management practices in a Yarn Manufacturing Facility in Tamil Nadu”, *Journal Test Engineering and Management*, vol. 83, pp. 2615-2620, 2020.

[12] B. Félix and O. Javier, “Modelo para la administración de la producción en la Empresa Agrícola Tabacos FLUMYNENSES”, *Master's thesis*, Calceta: ESPAM MFL, 2020.

[13] J, J. G. Lopez, J. J. G, “Administración de inventarios”, *Journal IV Coloquio de Investigación Científica de la Facultad de Ciencias Empresariales*, Marzo, 2018.

Implementación de la metodología DMAIC al área de troqueladoras en una empresa manufacturera

I. Huerta Montalvo[1], L. Martínez Hernández[2], R. Rosales Barrales[3], M.C. Martínez Orencio[2*], Z. Amaro Guzmán[3]*
[1]Departamento de Calidad, Fino Solution S.A. de C.V., Av. Balbino Obeso No. 1963 Col. Lucio Blanco. C. P. 22710 Playas de Rosarito, Baja California, México
[2]Departamento de Ingeniería Industrial, Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico de Orizaba, Oriente 9 No. 852, Col. Emiliano Zapata. C.P. 94320, Orizaba, Veracruz, México
[3]Departamento de Ingeniería en Gestión Empresarial, Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico de Orizaba, Oriente 9 No. 852, Col. Emiliano Zapata. C.P. 94320, Orizaba, Veracruz, México
**lau_mtz@yahoo.com.mx, *marycrismtz2@gmail.com*

***Área de participación**: Ingeniería Industrial*

Resumen

Este proyecto fue realizado en una empresa de manufactura ubicada en Baja California Norte, cuya finalidad fue reducir el número de defectos y el tiempo muerto en el área de troqueladoras mediante la aplicación de diversas herramientas de Ingeniería Industrial, con el objetivo de optimizar el proceso de corte de hojas ópticas. Además, se capacitó a los técnicos de la maquinaria en la nueva forma de llevar a cabo la calibración de los dados de corte para troquelar las hojas ópticas. Todo lo anterior dio como resultado la reducción de defectos, lo cual tuvo un ahorro económico significativo para la empresa.

***Palabras clave**: SMED, Proceso, Reducción, Defectos.*

Abstract

This project was carried out in a manufacturing company located in Baja California Norte, whose purpose was to reduce the number of defects and downtime in the stamping area through the application of various Industrial Engineering tools, in order to optimize the optical sheet cutting process, in addition to increasing productivity. In addition, machinery technicians were trained in the new way of carrying out the calibration of cutting dies to punch optical sheets. All of the above resulted in the reduction of defects, which had significant financial savings for the company.

***Keywords:** SMED, Process, Reduction, Defects.*

Introducción

Las hojas ópticas son usadas actualmente como sustituto del polarizado para las pantallas planas, las cuales cuentan con condiciones específicas para poder reflejar la luz y para la mejora de resultados, tales como la hoja de prisma, la placa guía de luz y la hoja de difusión. Estas hojas ópticas necesitan una protección de superficie que evite arañazos y contaminación durante la producción, el transporte, la transformación y el montaje.

En el periodo bajo estudio, se encontraron varios problemas en el área de troquelado, dentro de los cuales el principal era que no se tenía un uso eficiente de las máquinas; además se presentaban defectos en las hojas ópticas, tal como rayones, manchas, dobladuras y marcas las cuales eran ocasionadas por los operadores y carritos de entrega, todo lo anterior, repercutía directamente en tiempos muertos ocasionados por el paro de las troqueladoras generando pérdidas a la empresa.

 ISSN 2007-8102

Derivado de lo anterior, el objetivo del proyecto fue reducir el número de defectos en el proceso de troquelado de hojas ópticas en el área de trabajo correspondiente, para reducir el costo, el tiempo y mejorar los métodos de trabajo, buscando incrementar la eficiencia de la línea de producción dentro de la empresa, mediante la aplicación de la metodología DMAIC que de acuerdo con Campos [1] es el esfuerzo implacable y sistemático de reducir la variación y por consiguiente los defectos.

Metodología

Fase Definir

Se encontró que existía ineficiencia en el proceso de corte de hojas ópticas, lo que provocaba que no se cumpliera con los objetivos diarios establecidos, siendo un desperdicio de 200 a 250 hojas ópticas con un aproximado de 27,500 piezas cortadas, de las cuales se tenía un desperdicio de 197 piezas y se dejaban de producir 840 piezas por día, lo cual representa USD $4,666.5 diariamente, considerando que se laboran 25 días al mes, se tenía una pérdida mensual de USD $116,662.5

El proceso bajo estudio fue el correspondiente al cortado de las hojas ópticas que inicia cuando se coloca la materia prima en la troqueladora y se termina cuando las hojas son enviadas al área de inspección, involucrando al supervisor, los líderes y operadores de la troqueladora.

Fase Medir

Se decidió iniciar mapeando el proceso usando un VSM, que de acuerdo a Group [2] permite ubicar las partes de este y los tiempos correspondientes, tal como se muestra en la Figura 1.

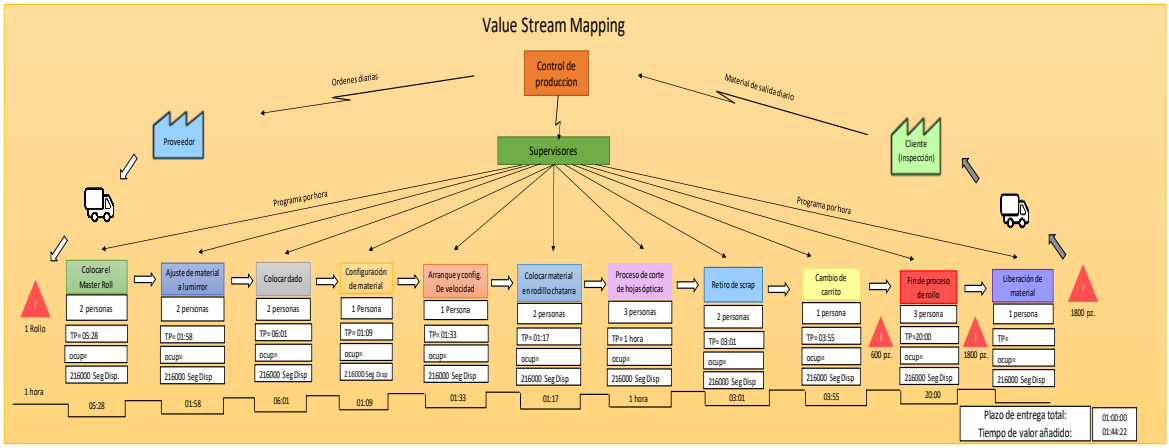


Figura 1. Value Stream Map para el proceso de troquelado.

La información que se recabó permitió identificar que había tiempos muertos y que era necesario hacer algo al respecto. Para ello, se definieron los KPI del proyecto:

- Cantidad de piezas con defectos.
- Cantidad de piezas no producidas.

Para la recolección de los datos se diseñó el formato mostrado en la Figura 2 y se llevó a cabo en jornadas completas de trabajo, durante cinco semanas de las 8 a las 15 horas, alternándose los días de medición en las diferentes troqueladoras de la empresa. Cabe destacar que diariamente se obtienen aproximadamente de 5,000 a 6,000 piezas en las cuatro troqueladoras.

 ISSN 2007-8102



Figura 2. Formato diseñado para la recolección de datos.

Los datos obtenidos de las cinco semanas se muestran en la Tabla 1, teniendo un total de 660,000 hojas ópticas producidas, no se procesaron 17,031 hojas lo que representa el tiempo muerto de mano de obra y utilización de las troqueladoras, además se tuvieron 5,153 hojas con defectos. Esto representa un nivel sigma inicial de 3.2

Tabla 1. Resumen de los datos recabados en las cinco semanas.

	Inicial
Hojas óptimas procesadas	660,000
Piezas no procesadas	17,031
Número hojas con defectos	5,153
Nivel sigma	3.2

Fase Analizar

Los resultados obtenidos muestran un número de defectos y tiempo muerto de mano de obra elevado ya que de acuerdo con las políticas de la empresa solo se permiten de 100 a 200 piezas con defecto por día.

Para el análisis de los defectos, éstos se desglosaron por tipo, encontrándose que los principales eran:

- Las hojas presentan manchas de polvillo de guantes.
- Las dimensiones de la hoja no son las correctas.
- El corte de las hojas no se da por completo.
- Las hojas salen con manchas de lubricantes.

 ISSN 2007-8102

Analizando la frecuencia de cada causa, se realizó el Diagrama de Pareto, ya que de acuerdo con Matias [3], es útil para detectar los problemas que tienen más relevancia mediante la aplicación del principio de Pareto (pocos vitales, muchos triviales), el cual se muestra en la Figura 3, donde se concluye que el defecto principal es el corte en las hojas que no se da por completo, seguido de las dimensiones de las hojas no son las correctas.

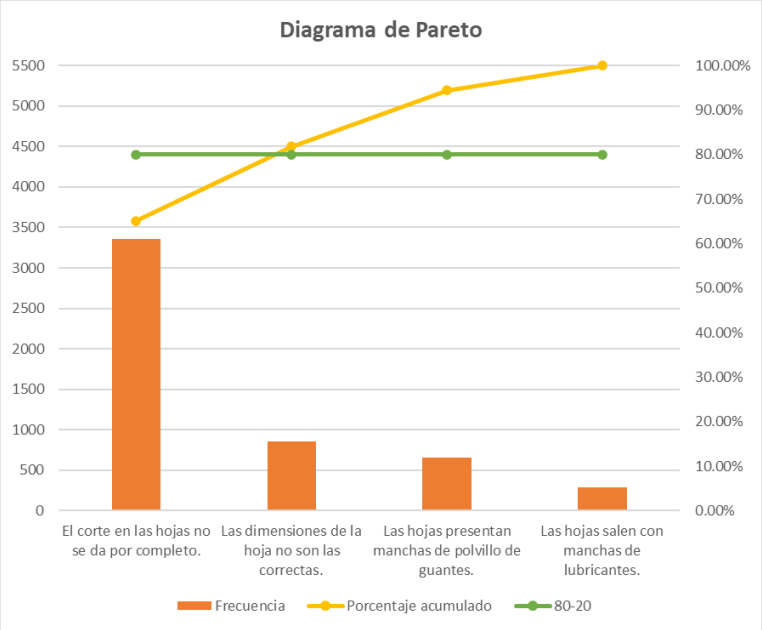


Figura 3. Diagrama de Pareto para los defectos en las hojas.

Analizando ambos problemas, se realizó el Diagrama de Ishikawa, que de acuerdo con Joaquín [4], se fundamenta en la idea de que un problema puede estar provocado por numerosas causas, contrarrestando la tendencia a considerar una sola de ellas. Para este caso, el Diagrama de Ishikawa realizado se muestra en la Figura 4.

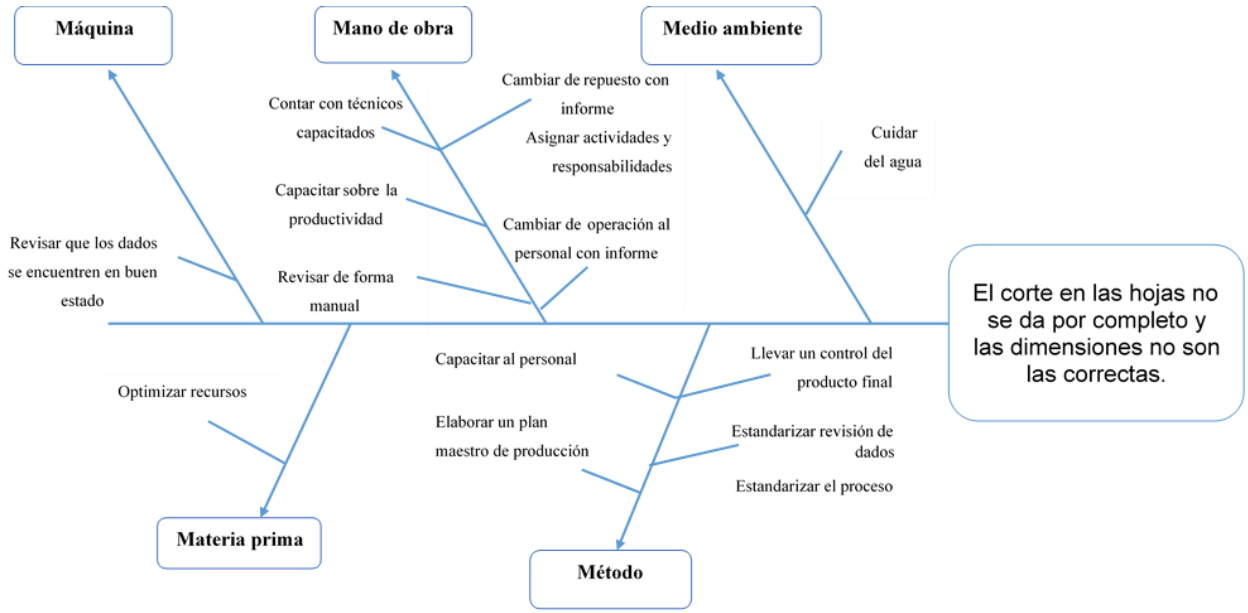


Figura 4. Diagrama de Ishikawa para el problema de corte incompleto en las hojas y dimensiones incorrectas.

Por otro lado, las causas para el tiempo muerto de mano de obra fueron:

- Falta de limpieza de las bandas transportadoras de las hojas ópticas.
- Desgaste del lumirror que transporta la banda de materia prima.
- Mal acomodo del dado de corte para la materia prima.
- Los operadores no saben cómo manipular el producto.

Posteriormente, para encontrar las causas potenciales de ambos problemas, se realizó la ponderación de las causas mediante una escala de Likert, las que obtuvieron mayor puntaje fueron:

- Falta revisión y calibración de los dados.
- No se cuenta con técnicos capacitados.
- No existe una adecuada asignación de tareas.
- El proceso no está estandarizado.

Fase Mejorar

Se realizó una lluvia de ideas con el equipo de trabajo para encontrar soluciones que erradicaran las causas potenciales, las cuales se ponderaron para encontrar las mejores. Esto se hizo considerando los siguientes factores para su evaluación:

- Factibilidad económica.
- Obtención resultados inmediatos.
- Impacto económico positivo.
- Reducción de tiempo en el proceso.
- Impacto ergonómico positivo en los trabajadores.
- Impacto en el nivel sigma.

Por lo anterior, las mejores soluciones fueron:

- Estandarizar el método de revisión y calibración.
- Capacitar a los trabajadores y llevar a cabo una supervisión antes, durante y después de la producción.
- Contar con herramientas de trabajo en buen estado para el corte.
- Capacitar en la forma correcta de calibración de los dados de corte.

Las soluciones realizadas consistieron en:

1. Realizar la aplicación de las 5´s en el área de troqueladoras.
2. Aplicar gembutsu gemba en el área.
3. Clasificar las operaciones en internas y externas.
4. Convertir las operaciones internas en externas hasta donde fue posible.
5. Aplicar SMED.

Mediante la toma de un video de la forma anterior y de la nueva forma de realizar las actividades se logró visualizar y estandarizar el proceso de cambio, calibración y revisión de los dados por medio de una ayuda visual. Una vez que se realizó dicho video, mediante una plática con el personal se les ofreció un entrenamiento para que en todas las troqueladoras se lograrán realizar el proceso de la misma forma, es decir, completar la estandarización de este, ya que de acuerdo a Arredondo [5] es un proceso dinámico por el cual se documenta los trabajos a realizar, la secuencia, los materiales y herramientas de seguridad a usar en los mismos, facilitando la mejora continua para lograr niveles de competitividad mundial.

Una vez implementadas las mejoras, en una prueba piloto de tres semanas, se obtuvieron los resultados de la Tabla 2, teniendo un total de 412,500 hojas ópticas producidas. Con respecto al número de hojas sin procesar, sólo se tuvieron 912 hojas, lo que representa una reducción del tiempo muerto de mano de obra y una mayor utilización de las troqueladoras. En cuanto a las hojas con defectos, se tuvieron únicamente 1,586 hojas. Esto representa un nivel sigma final de 4.

 ISSN 2007-8102

Tabla 2. Resultados después de las mejoras.

	Final
Hojas óptimas procesadas	412,500
Piezas no procesadas	912
Número hojas con defectos	1,586
Nivel sigma	4.0

Fase Controlar

Para poder mantener los resultados y logros obtenidos en el área de troqueladoras, la empresa llevará a cabo las siguientes actividades:

- Dar capacitación al personal técnico y operadores cada mes.
  Esta capacitación y actualización se realiza de forma mensual debido a la rotación de personal en las diferentes áreas, y de esta forma se busca contar con técnicos y personal capacitado para realizar las actividades correspondientes.
- Emplear la estandarización del método de cambio, calibración y revisión de dado.
  Con esta actividad se plantea poder realizar de forma eficiente y correcta las actividades descritas en este paso, con el fin de que la productividad de las troqueladoras se mantenga o se eleve.
- Realizar el cambio de navajas.
  Con esto se pretende obtener un control sobre la vida útil de cada refacción de los dados, teniendo el stock pertinente de refacciones en caso de dañarse alguna.

Resultados y discusión

Los resultados obtenidos con la realización del proyecto fueron muy positivos dado que se redujo el número de defectos en un 31%, es decir, de 5,153 piezas con defectos a 1,586 piezas. Con respecto a las piezas no procesadas y el tiempo muerto, se tenía un inicial de 17,031 hojas no procesadas y se terminó con 912, es decir, se redujeron 16,119 hojas que no eran procesadas lo cual impactó en la reducción del tiempo muerto por mano de obra y mayor utilización de las troqueladoras; ya que, expresado de otra forma, ahora se producen 16,119 hojas más. El nivel sigma se incrementó de 3.2 a 4.0 y el costo asociado se redujo de $23,188.50 USD a $7,137.00 USD lo que representó un ahorro de $16,051.50 USD. En la Tabla 3 se presenta la comparación de antes y después del proyecto.

Tabla 3. Comparación de KPI antes y después de la realización del proyecto.

	Inicial	Final
Piezas no procesadas	17,031	912
Número hojas con defectos	5,153	1,586
Nivel sigma	3.2	4.0
Costo	$23,188.50 USD	$7,137.00 USD

Trabajo a futuro

Con respecto al trabajo futuro, el reto es el sostenimiento de los logros obtenidos, lo cual da pie al seguimiento del proyecto mediando proyectos que permitan evaluar el impacto en el tiempo y el mantenimiento de los resultados, así como podría realizarse un ajuste en los KPI de ser necesario e incluso la aplicación de otras herramientas para reducir aun mas los defectos en las hojas y el costo asociado. Además, se recomienda:

- Continuar con las técnicas implementadas, fomentando la disciplina dentro de los trabajadores.
- Realizar una limpieza semanal y acomodo diario de la materia prima y herramientas usadas.
- Contribuir con el desarrollo de no realizar tareas que afecten en el desempeño de las actividades de otro colaborador.
- Tener seguimiento de los niveles de falla con respecto a la cantidad de defectos en el área de troqueladoras.
- Implementar un plan de limpieza para tener orden entro de las áreas correspondientes de la empresa.

Conclusiones

El objetivo de este proyecto era la reducción del número de hojas con defectos y el tiempo muerto mediante la aplicación de DMAIC en el área de troqueladoras, y se obtuvieron logros positivos, entre los cuales se puede destacar que existe mayor control y organización en el área, ahora se cuenta con personal capacitado para realizar cada una de sus actividades, se redujo el costo asociado a las piezas defectuosas, de disminuyeron los tiempos muertos y de operación con lo que se aumentó la productividad, cumpliendo mejor con las demandas del cliente.

No obstante, cabe mencionar que además de obtener beneficios en el proceso, los cuales se ven claramente reflejados en las utilidades para la empresa, se puso en práctica todas aquellas habilidades interpersonales, puesto que, al impartir la capacitación, existió un poco de resistencia al cambio, pero aun así en un corto tiempo y mostrando las ventajas, los colaboradores aceptaron el cambio puesto que el beneficio fue para ellos al facilitar su trabajo.

Finalmente, en el desarrollo de este proyecto, se pusieron en práctica también las habilidades humanas y aunque fue un reto coordinar las actividades, finalmente se obtuvieron resultados positivos, tanto personales como para los integrantes del equipo de trabajo y los colaboradores de la empresa, además de beneficios sociales, ambientales y económicos, puesto que todo guarda una estrecha relación entre sí.

Referencias

[1] G. Campos, «Universitat Politecnica de Valencia,» 2016. [En línea]. Available: http://www.lean6sigma.webs.upv.es. [Último acceso: 15 Julio 2020].

[2] L. Solution, «Lean Solution,» 2017. [En línea]. Available: https://leansolutions.co/conceptos-lean/lean-manufacturing/vsm-value-stream-mapping/. [Último acceso: 14 Julio 2020].

[3] D. Betancourt, «Ingenio Empresa,» 12 Julio 2016. [En línea]. Available: https://ingenioempresa.com/diagrama-de-pareto/. [Último acceso: 20 Julio 2020].

[4] A. Consultores, «Alteco Consultores,» 2019. [En línea]. Available: https://www.aiteco.com/diagrama-causa-efecto-de-ishikawa/. [Último acceso: 1 Agosto 2020].

[5] G. Arredondo, 2003. [En línea]. Available: www.spconsulting.org/index.php/...estandarizacion.../57-estandarizacion-de-procesos.

Análisis y diagnóstico de una línea de producción de limas implementando VSM

R. A. Manjarrez Rivera[1], F. Ortiz Flores[2], J. L. Hernández Mortera[2], M. L. Arrioja Rodríguez[2], S. D. Mayoral Hernández[1].*
[1]Alumno MII, División de estudios de posgrado e investigación, Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Orizaba Av. Oriente 9, Núm. 852, Col. Emiliano Zapata, C.P. 94320 Orizaba, Veracruz, México.
[2]División de estudios de posgrado e investigación, Tecnológico Nacional de México /Instituto Tecnológico de Orizaba Av. Oriente 9, Núm. 852, Col. Emiliano Zapata, C.P. 94320 Orizaba, Veracruz, México.
**RaulAngelManjarrezRivera19@gmail.com*
***Área de participación**: Ingeniería Industrial*

Resumen
Se realizó un mapa de cadena de valor (VSM de las siglas de *Value Stream Mapping*) de estado presente de una línea de producción de limas para obtener un diagnóstico de ésta. Los pasos utilizados fue la selección de un producto a mapear, determinación de procesos de producción, descripción y cálculo de los indicadores, elaboración del VSM de estado presente y su análisis. El VSM muestra diversos indicadores: tiempo de ciclo, *lead time*, tiempo de máquina, tiempo de operador, tiempo de traslado, valor agregado, no valor agregado, tasa de salida y tiempo disponible; los cuales sirvieron para detectar el proceso cuello de botella. El trabajo también proporciona diversas recomendaciones de aplicación de técnicas *Lean* que podrían mejorar el proceso cuello de botella e indicadores críticos de la línea de producción.

***Palabras clave**: línea, limas, VSM, tiempo de ciclo.*

Abstract
A value chain map (VSM for Value Stream Mapping) of the present state of a file production line was carried out to obtain a diagnosis of it. The steps used were the selection of a product to be mapped, determination of production processes, description and calculation of the indicators, preparation of the present state VSM and its analysis. The VSM displays various indicators: cycle time, lead time, machine time, operator time, travel time, value added, non-value added, exit rate, and available time; which served to detect the bottleneck process. The work also provides various recommendations for the application of Lean techniques that could improve the process bottleneck and critical indicators of the production line.

***Key words**: line, files, VSM, cycle time.*

Introducción
Lean Manufacturing (manufactura esbelta) cree en el hecho de que los clientes pagarán por el valor del producto o servicio que reciben, pero no pagarán por los errores que conlleven [1], por este hecho es que los fabricantes modernos deben adaptarse rápidamente si quieren sobrevivir y progresar. Para sobrevivir en el mundo competitivo, de la era actual, los fabricantes modernos necesitan encontrar nuevas formas de reducir los plazos de entrega de fabricación para mejorar la productividad [2] y sus estándares. Una alternativa es utilizar técnicas de manufactura esbelta, ya que éstas permiten optimizar inventario, producción, tiempo de entrega, mano de obra directa, mano de obra indirecta, espacio, costes de calidad y costes de material [3]. La manufactura esbelta, que ayuda a los fabricantes a producir más con menos [4]: tiempo, inventario, capital y recursos; es un enfoque sistemático del sistema Toyota que sirve para identificar y eliminar siete desperdicios mediante la mejora continua, para lograr la satisfacción del cliente [5] [6]. Los siete desperdicios

incluyen la sobreproducción, defectos, inventarios, procesamientos inadecuados, excesivos transportes, tiempos de espera y movimientos innecesarios [7].

La implementación de las técnicas de manufactura esbelta comúnmente incluyen al mapa de la cadena de valor (VSM de las siglas en inglés de *Value Stream Mapping*) [8]. VSM es una técnicas de mejora que ayuda a visualizar toda la producción [9], que ha demostrado su eficacia al centrar su atención visualmente en el flujo de materiales e información a través del proceso de manufactura. [10].

VSM utiliza iconos para obtener una representación gráfica del estado presente o futuro de un sistema de producción, su flujo de información y su flujo de materiales [11], proporcionando un panorama para iniciar el proceso de mejora mediante un enfoque sistemático [12]. El enfoque sistemático, para crear un VSM, se divide en cinco pasos [13]:

1. Crear un VSM actual.
2. Evaluar el mapa actual.
3. Identificar áreas problemáticas.
4. Crear un VSM estado futuro.
5. Implementar el plan final.

El presente documento muestra la implementación del VSM en una línea de producción de limas de una fábrica de herramientas manuales.

Metodología

La metodología utilizada para el análisis y diagnóstico de una línea de producción de lima, mediante la aplicación de la técnica VSM, se describe a continuación:

- Selección de producto a mapear.
- Determinación de procesos de producción.
- Descripción y cálculo de los indicadores.
- Elaboración del mapa de estado presente de la línea de lima.
- Análisis del mapa de estado presente.

Selección de producto a mapear

Para seleccionar el producto al cual se le iba a realizar el mapa de estado presente, primeramente, se recopiló diversa información (Tabla 1): líneas de limas de la fábrica de herramientas manuales, su demanda de horas de producción mensuales y la identificación de si cumplen o no con el indicador “demanda solicitada”. Después se ordenaron los datos descendentemente en función de la demanda de horas y, finalmente, se colocaron las líneas de limas en un sistema de coordenadas para formar la matriz de clasificación de la Figura 1, como la propone Cabrera [14]. La Figura 1 muestra que las líneas de limas se agruparon en las cuatro familias siguientes:

- Productos estrella. Ubica a las líneas de lima con gran demanda en horas de producción y cumplen su indicador: lima pequeña y delgada, *trimec* y raspas.
- Productos magia. Ubica a la línea de lima que tiene mayor demanda en horas de producción, pero no cumple con su indicador: lima triangular.
- Productos abeja. Ubica a las líneas de limas no tienen mucha demanda en horas de producción y si cumplen con su indicador: lima plana, escofina, mediacaña y redonda.
- Productos por desaparecer. Ubica a las líneas de lima de baja demanda en horas de producción y no cumplen con su indicador: lima cubana y *mil,* y lima centro.

 ISSN 2007-8102

Con base en los argumentos “líneas que no cumplen con su indicador” y “mayor volumen de horas de fabricación”, se determinó que el producto a mapear es la línea de lima triangular, perteneciente a la familia de productos magia.

Tabla 1. Horas de fabricación e identificación del cumplimiento del indicador.

Líneas de limas	Horas de producción	Cumple con indicador
Triangular	120,414	No cumple
Trimec.	21,918	Si cumple
Peq. y delg.	20,578	Si cumple
Raspas	18,152	Si cumple
Planas	5,770	Si cumple
Mediacañas	5,609	Si cumple
Escofinas	4,336	Si cumple
Redonda	3,402	Si cumple
Centro	806	No cumple
Cubana y *mil*	760	No cumple

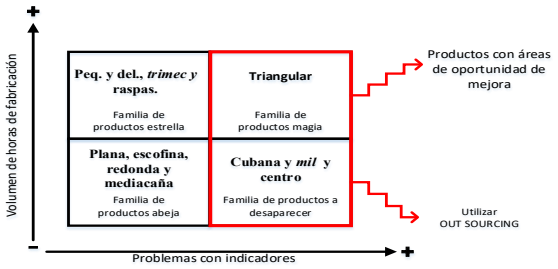


Figura 1. Matriz de clasificación de productos líneas de limas.

Identificación de procesos de producción

Para identificar los procesos de producción de la línea de lima en estudio, se platicó con el gerente de producción, auxiliar de producción y se realizaron recorridos por el área producción. Los procesos identificados se ilustran en Figura 2:



Figura 2. Procesos de producción para la fabricación de lima.

Descripción y cálculo de los indicadores

Con base en pláticas con el gerente de producción y el auxiliar de producción se determinaron los siguientes 13 indicadores:

1. **Tiempo de ciclo (TC).** Tiempo en segundos que se tarda el proceso en fabricar una lima.
2. **Tiempo máquina (TM)**. Tiempo en segundos que el proceso utiliza la máquina para fabricar una lima.
3. **Tiempo operador (TO).** Tiempo en segundos que el proceso utiliza operadores para fabricar una lima.
4. **Tiempo de actividades que agregan valor (AV).** Tiempo en segundos dedicados a actividades necesarias para obtener las especificaciones y requerimientos del cliente.
5. **Tiempo de actividades que no agregan valor (NAV).** Tiempo en segundos dedicados a actividades no necesarias para obtener las especificaciones y requerimientos del cliente.
6. **Tiempo de traslado (TT).** Tiempo en segundos que se tardan los carros transportadores en trasladar el lote de transferencia del proceso actual al proceso siguiente.
7. **Tasa de salida (TS).** Número de limas procesadas por hora en cada proceso. Para calcular la tasa de salida se utilizó la Ecuación 1.

$$TS = \frac{3600}{TC} \quad \text{..... (Ec. 1)}$$

Donde:

TS = Tasa de salida en limas por hora
TC = Tiempo de ciclo en segundos del proceso
3600 = 3600 segundos (1 hora)

8. **Número de operadores (NO).** Cantidad de operadores que trabajan en cada proceso.
9. **Número de máquinas (NM).** Cantidad de máquinas disponibles en cada proceso.
10. **Inventario en proceso (Δ)**. Acumulación de limas entre procesos.
11. **Tiempo disponible (TD).** Horas por turno disponibles, calculadas con la Ecuación 2.

$$TD = T - C - A \quad \text{..... (Ec. 2)}$$

Donde:

TD = Tiempo disponible por turno (horas/turno).
T = Turno de 8 horas.
C = Tiempo de comida (0.5 horas/turno).
A = Tiempo de ajustes (0.25 horas/turno).

12. **Capacidad de alimentación de la máquina (CM).** Número de limas que fabrican al mismo tiempo en el proceso.
13. **Lote.** Cantidad de limas que se deben fabricar para poder transferirlas al siguiente proceso.

Una vez definidos los indicadores, para determinar un estándar de cada uno de los 13 indicadores seleccionados, en cada uno de los procesos de la línea de limas, se tomó una muestra de 200 ciclos, con base en lo propuesto por Niebel and Freivalds [15]. La Tabla 2 muestra los valores promedio de cada uno de los indicadores.

Tabla 2. Valores promedios de los indicadores a utilizar en el VSM.

Procesos línea de limas 6	TC $\frac{seg}{lima}$	TM $\frac{seg}{lima}$	TO $\frac{seg}{lima}$	AV $\frac{seg}{lima}$	NAV $\frac{seg}{lima}$	TT $\frac{seg}{lote}$	TS $\frac{lima}{hr}$	NO $\frac{oper}{proceso}$	NM $\frac{máq}{proceso}$	Δ $\frac{pza(miles)}{proceso}$	TD $\frac{hr}{turno}$	CM $\frac{lima}{máq}$	Lote $\frac{lima}{proceso}$
Recepción	0.85	0.00	0.27	0.00	0.85	3110	4257	1	0	510	7.25	-	4000
Forja	1.01	0.46	1.01	0.46	0.55	397	3553	3	3	6	7.25	1	4000
Enfriamiento y corte	1.20	0.67	0.91	0.39	0.81	81	3004	1	1	6	7.25	13	4000
Rectificado	1.60	0.81	0.80	0.81	0.80	223	2248	4	8	10	7.25	21	4000
Raspado y sello	1.39	0.77	0.63	0.83	0.56	79	2585	2	2	8	7.25	1	2000
Picado	1.48	0.99	0.48	0.99	0.48	21	2440	4	8	4	7.25	4	1000
Tratamiento térmico	0.99	1.77	1.28	1.77	2.53	35	3624	4	2	3	7.25	13	1000
Sand blast	0.73	2.61	1.31	4.91	1.31	0.0	4944	2	1	1.8	7.25	6	300
Inspección	1.05	0.00	1.05	0.65	0.40	0.0	3441	2	0	1.5	7.25	-	300
Pavonado	0.74	1.01	0.59	1.01	0.59	0.0	4836	1	1	1.2	7.25	10	300
Barnizado	1.00	0.81	0.00	0.81	0.00	176	3589	0	1	0.6	7.25	10	300
Empaque	1.26	0.00	1.26	1.04	0.22	0.00	2856	2	0	1.5	5.75	-	300
Embalaje	0.16	0.00	0.16	0.14	0.02	42	22333	1	0	0.9	6.75	-	300

Elaboración del mapa de estado presente de la línea de lima

Una vez obtenidos los resultados de la Tabla 2 se realizaron los siguientes pasos, para crear el VSM de estado presente de la línea de lima, con base en la metodología de Lee and Snyder [16]. Cada paso se muestra en el VSM de la Figura 3 y Figura 4.

1. Se dibujaron los símbolos de control de producción, cliente y proveedor.
2. Se colocó la demanda diaria (DD) de 51,000 limas.

 ISSN 2007-8102

3. Se dibujaron dos camiones. Uno para la recepción de materia prima y otro para el envío de limas.
4. Se dibujaron símbolos, cajas y cuadros de datos para cada uno de los procesos.
5. Se llenaron las cajas y cuadros de datos con información de los indicadores de la Tabla 2.
6. Se dibujaron las flechas de información manual y electrónica con la frecuencia de la comunicación, que van del control de la producción al cliente, al proveedor y a cada proceso.
7. Se dibujaron flechas del flujo del proceso para indicar que es un sistema de empuje (*push)*.
8. Se dibujaron los triángulos de inventario (Δ) y se colocó el número de limas.
9. Se dibujaron dos líneas del tiempo debajo de las cajas de datos de cada proceso.
    - En la primera línea de tiempo se escribieron los tiempos de ciclo (TC) calculados en la Tabla 2, suponiendo que se puede bajar el lote de transferencia a 1 lima. Esta reducción mejora sustancialmente la línea de producción de limas.
    - En la segunda línea de tiempo se colocó el resultado de multiplicar el TC en minutos por el lote de transferencia real de cada uno de los procesos (Ecuación 3)

$$TC(lote) = \frac{(TC)(Lote)}{60\,\frac{seg}{\min}} \quad \text{..... (Ec. 3)}$$

Donde:

TC(Lote)	=	Tiempo de ciclo del lote min/lote.
TC	=	Tiempo de ciclo seg/lima.
Lote	=	Tamaño de lote lima/lote.
60	=	Segundos por cada minuto.

10. Se calcularon los tiempos de inventario (TI) de cada proceso con la Ecuación 4 y se escribieron debajo de las líneas de tiempos.

$$TI = \frac{\Delta}{DD} \quad \text{..... (Ec. 4)}$$

Donde:

TI	=	Tiempo de inventario.
Δ	=	Inventario en proceso (Tabla 2).
DD	=	Demanda diaria (51,000 limas).

11. Se sumaron los tiempos de ciclo (∑TC), para obtener el tiempo de fabricación de una lima y de un lote (300 limas) y se colocó el resultado al final de las dos líneas de tiempos.
12. Se calculó el *lead time* (LT) sumando los tiempos de inventario (∑TI) y se colocó el resultado al final de las dos líneas de tiempo.

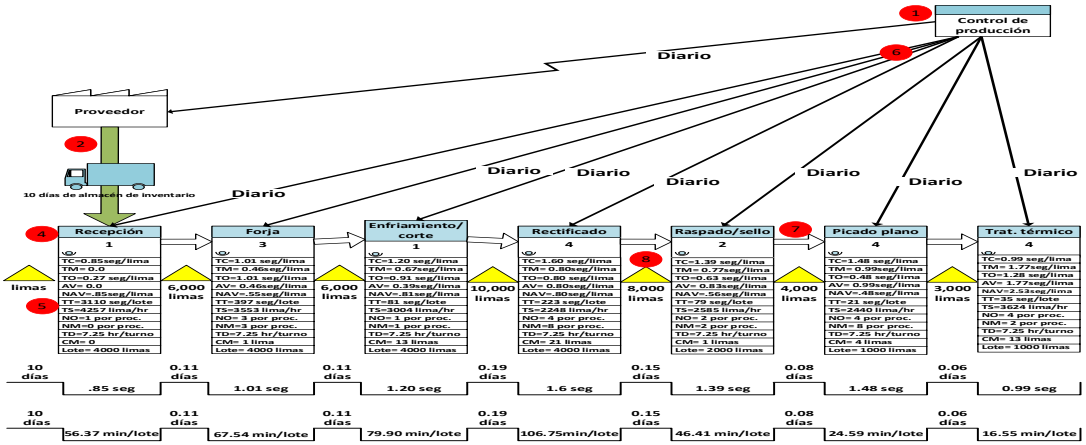


Figura 3. VSM del estado presente: de recepción a tratamiento térmico.

 ISSN 2007-8102

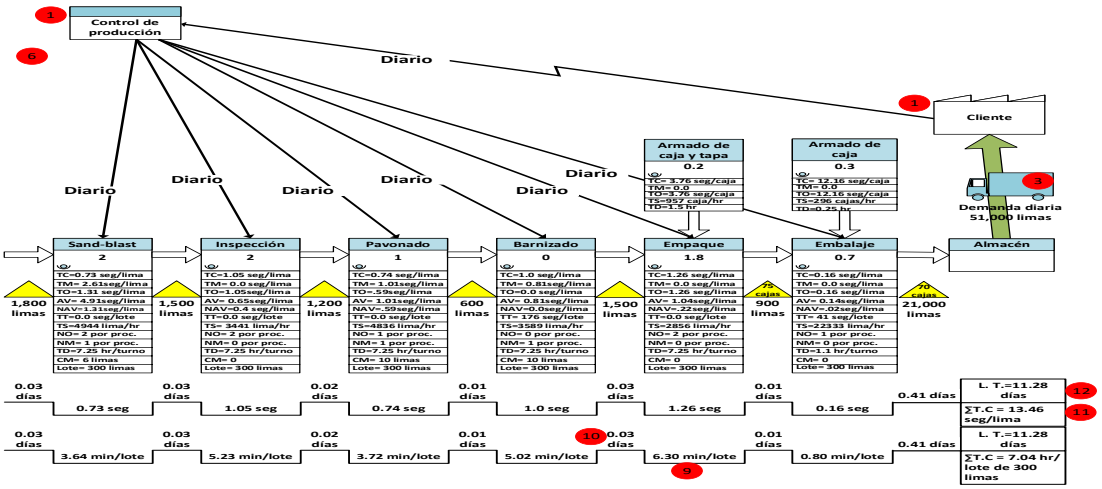


Figura 4 VSM del estado presente: de *sand blast* a embalaje.

Análisis del mapa de estado presente

Con base en el mapa de estado presente, de la Figura 3 y Figura 4, se determinó lo siguiente:

- Que existe exceso de inventario (Δ) en la mayoría de los procesos de fabricación, pero el proceso de rectificado es el proceso que tiene más inventario: 10,000 limas.
- Que el tamaño del lote de transferencia (Lote) más grandes es de 4000 limas. Se observó desde el inicio de la línea de limas (recepción) hasta el proceso de rectificado. Este lote es muy grande, comparado con el lote que se maneja en los procesos posteriores (2000 limas, 1000 limas y 300 limas).
- Que el proceso que tienen un mayor tiempo de inventario (TI) es rectificado: 0.19 días.
- Que el proceso con el mayor tiempo de ciclo (TC), con lotes de transferencia diferentes, es rectificado: 106.75 minutos/lote.
- Que el proceso con menor tasa de salida (TS) de limas es rectificado: 2248 limas/hora.
- Que el proceso con mayor tiempo en las actividades que no agregan valor (NAV) es tratamiento térmico: 2.53 segundos/lima.
- Que el tiempo de traslado (TT) es elevado debido a la cantidad de limas de cada lote que se tienen que transportar. El proceso con mayor TT es recepción: 3110 seg/lote.
- Que el tiempo de ciclo (TC) en la línea de lima triangular es 7.04 horas/lote.
- Que hay un *lead time* de 11.24 días, lo cual se traduce a 11 días de inventario, en promedio.

En el VSM, también se puede observar una línea de tiempo ficticia (Figura 3 y Figura 4) para analizar el comportamiento de la línea de limas con un Lote de transferencia[1] (LT) de 1. El resultado que se muestra es que la ∑TC de la línea sería de 13.46 seg/lima o 1.12 horas/300 limas. Si se compara este resultado con la ∑TC actual (LT variable para cada proceso) se puede observar una reducción del 84% de la ∑TC (de 7.04 horas/300 limas a 1.12 horas/300 limas).

Después de analizar los indicadores medidos en el VSM de estado presente se concluye que el proceso de rectificado es el principal cuello de botella; ya que tiene el mayor tiempo de ciclo en minutos/lote, tiene la menor tasa de salida, tiene el mayor tiempo de inventario y tiene el tamaño de lote más elevado. No obstante, también se observa que el proceso de tratamiento térmico tiene el mayor tiempo de valor no agregado; por lo que también es un área de oportunidad a mejorar.

[1] LOTE en las cajas de datos del VSM

Resultados

Con la realización de los pasos de la metodología, del presente documento, se logró hacer el VSM de estado presente de una línea de producción de limas, el cual ilustra de manera gráfica el flujo de toda la línea a través de todos sus procesos. Se obtuvieron los resultados de diversos indicadores: TC, TM, TO, AV, NAV, TT, TS, NO, NM, Δ, TD, CM, Lote, Inventario, *Lead time* y ∑TC.

El presente proyecto se realizó para determinar si existía un área de oportunidad. Con el VSM y los indicadores obtenidos fue posible determinar que el área de oportunidad es "Rectificado", ya que tiene la mayoría de los indicadores críticos (Tabla 3) de toda la línea de limas.

Tabla 3. Resultados de procesos con base en valores de indicadores relevantes.

Indicador (nombre)	Objetivo	Indicador (clave)	Proceso (s)	Unidad de medida
Tamaño del lote	Reducir	Lote	Recepción. Forja, Corte. Rectificado	4,000 limas
Inventario	Reducir	Δ	Rectificado	10,000 limas
Tiempo de inventario	Reducir	TI	Rectificado	0.19 días
Tiempo de ciclo	Reducir	TC	Rectificado	106.75 min/lote
Tasa de salida	Aumentar	TS	Rectificado	2248 pza/hr
Tiempo de entrega	Reducir	*Lead time*	Rectificado	11.24 días
No Agrega Valor	Reducir	NAV	Tratamiento térmico.	2.53 seg/pza

Trabajo a futuro

Los trabajos a futuro para mejorar los indicadores críticos (Lote, Δ, TI, TC, TS, NAV y *Lead time*) del proceso de rectificado, determinado como área de oportunidad mediante el VSM de estado presente (Figura 3 y Figura 4), se describen a continuación:

- Aplicar simulación para analizar los siguientes escenarios:
  - Reducir el tamaño del lote de transferencia de los procesos de recepción a rectificado y analizar si hay mejoras en el *Lead time*, tiempo de inventario e inventario entre procesos.
  - Disminuir el tiempo de rectificado de limas y verificar si se reduce el tiempo de inventario (TI).
  - Eliminar las actividades que no agregan valor (NAV) en el proceso de tratamiento térmico y ver como inciden en la tasa de salida, *Lead time*, tiempo de inventario e inventario entre procesos
- Aplicar nivelado de producción y el sistema de comunicación Kanban para reducir el tamaño del inventario actual (Δ) de 10,000 limas.
- Aplicar la técnica SMED para agilizar el rectificado de las limas y reducir el tiempo de ciclo (TC) actual.
- Diseñar e instalar un alimentador automático para agilizar el rectificado de las limas y reducir el tiempo de ciclo (TC) actual.
- Aplicar TPM para mejorar el rendimiento de las máquinas rectificadoras y aumentar la tasa de salida (TS)

Conclusiones

Con la realización de la presente investigación se logró obtener información valiosa para el diagnóstico de una línea de fabricación de limas. Con la metodología aplicada se logró obtener resultados claros y medibles para la creación de un *Value Stream Mapping* de estado presente, logrando obtener un panorama de la situación actual de una línea de fabricación de limas, detectando áreas de oportunidad por fallas en sus indicadores. El diagnóstico permitió entender el comportamiento de la línea de limas, determinar indicadores e identificar áreas de oportunidad con la finalidad de realizar mejoras que permitan alcanzar las metas planeadas para la línea de limas, por los encargados de la fábrica. Con base en el diagnóstico también se determinaron posibles proyectos a futuro para mejorar cada uno de los indicadores críticos determinados. La tabla 4

muestra el resumen de proyectos y como se espera que actúen sobre cada uno de los indicadores críticos en diferentes áreas de la fábrica.

Tabla 4. Trabajos a futuro en el proceso de rectificado con herramientas y técnicas Lean.

Indicador (nombre)	Indicador (clave)	Área de oportunidad	Objetivo	Herramienta o técnica *Lean* a aplicar
Tamaño del lote	Lote	Recepción a Rectificado	Bajar	Simulación
Inventario	Δ	Rectificado	Bajar	Simulación, nivelado de producción y Kanban
Tiempo de inventario	TI	Rectificado	Bajar	Simulación
Tiempo de ciclo	TC	Rectificado	Bajar	SMED y alimentador automático
Tasa de salida	TS	Rectificado	Subir	Simulación y TPM
No Agrega Valor	NAV	Tratamiento térmico.	Bajar	Simulación
Tiempo de entrega	*Lead time*	Rectificado	Bajar	Simulación

Referencias

[1] I. A. Rawabdeh, "A model for the assessment ofwaste in job shop environments," *International Journal of Operations & Production Management,* vol. 25, 800/822, 2005.

[2] A. Azizi and T. a. p. Manoharan, "Designing a Future Value Stream Mapping to Reduce Lead Time using SMED-A Case Study," *International Materials, Industrial, and Manufacturing Engineering* vol. 2, pp. 153-158, 2015.

[3] R. Moore, *Making Common Sense Common Practice: Models for Manufacturing Excellence*, 1st ed. 2002.

[4] S. B. Dighe and A. Kakirde, "Lean Manufacturing Implementation Using Value Stream Mapping: A Case study of Pumps Manufacturing Company," *International Journal of Science and Research* 2012.

[5] H. Kruse, K. Peters, J. Ellsworth, and A. Westphalen, "Lean Operations, Current Quality Culture," 2002.

[6] R. Adepu, S. Chandran, and S. Babu, "Application of Value Stream Mapping tool for waste reduction in manufacturing industry," *International Journal of Engineering and Technical Research* vol. 3, no. 5, p. 9, 2015.

[7] G. M. Gohane, A. S. Bonde, and C. S. Sable, "Improvement of Productivity Using Value Stream Mapping," *International Journal for Scientific Research & Development,* vol. 2, no. 08, 2014.

[8] D. Tapping and T. Shuker, "Value Stream Management: Eight Steps to Planning, Mapping and Sustaining Lean Improvements," *Productivity PressNew York* 2002.

[9] D. Agarwal, "Value Stream Mapping: Literature Review And Implementation For An Assembly Line," *International Journal of Engineering Science Invention* vol. 7, no. 1, p. 7, 2018.

[10] O. Joochim and S. Jungthawan, "An Application of Value Stream Mapping in Ceramic Tile Industry: A Case Study," *Thung Khru, Bangkok 10140, Thailand*.

[11] F. O. Flores, C. A. López, A. M. d. l. Cruz, F. O. López, and A. J. Sánchez, "Value Stream Mapping: herramienta de diagnóstico para un proceso intermitente," *Departamento de Estudios de Posgrado e Investigación, Instituto Tecnológico de Orizaba,* 2014.

[12] J. R. AR and M. al-Ashraf, "Production Flow Analysis through Value Stream Mapping: A Lean Manufacturing Process Case Study," *Procedia Engineering,* no. 41, 2012.

[13] M. A. Samad, "Value Steam Mapping to reduce manufacturing Lead Time in a semi-automated factory," *Asian Transactions on Engineering,* vol. 02, no. 06, p. 7, 2013.

[14] C. R. Cabrera, *VSM: Mapeo del Flujo de Valor. EVSM: Extendido para Cadena de Suministro*. sin fecha.

[15] B. Niebel and A. Freivalds, McGRAW-HILL, Ed. *Ingeniería Industrial. Métodos, estándares y diseño de trabajo*, 12 ed. ed. 2009.

[16] Q. Lee and E. Snyder, *The Strategos Guide to Value Stream & Process Mapping:* . Enna Products Corporation, 2006.

Rapid Problem Solving para reducir defectos en una línea de manufactura: caso de estudio

A. Mexicano Santoyo[1], J.M. Medellín de León[1], J.C. Carmona Frausto[2], R.D. López García[1], S. López Ruíz[3]*
[1]División de Estudios de Posgrado e Investigación, Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico Ciudad Victoria, Tamps, México
[2]Universidad Autónoma de Tamaulipas, Unidad Académica Multidisciplinaria Mante, México
[3]Departamento de Ciencias Computacionales e Ingenierías, Universidad Autónoma de Guadalajara, Centro Universitario Los Valles, 46600, México
** jcarmonafrausto@gmail.com*

***Área de participación**: Ingeniería Industrial*

Resumen

El uso de la metodología RPS (*Rapid Problem Solving*) en la industria manufacturera surge como una alternativa más para la solución de problemas y reducción de defectos. Dicha metodología garantiza la disminución de los defectos desde los primeros pasos de su desarrollo, soluciona los problemas de manera rápida, es fácil de utilizar y rápida de desarrollar. En este documento se presenta la aplicación de la metodología RPS para identificar, controlar y disminuir los defectos en una línea de manufactura, de la manera más rápida posible, ya que en los últimos años el número de defectos se ha incremento gradualmente. La aplicación de la metodología RPS resultó en la disminución de los defectos de la línea de manufactura, ya que permitió colocar los defectos dentro del límite marcado de 350,000 DPMU´s (Defectos por Millones de Unidades), obteniendo un total de 321,231 DPMU´s en el acumulado del año 2019.

Palabras clave: *RPS, disminuir, controlar, mejorar*

Abstract

The use of RPS (Rapid Problem Solving) methodology in the manufacturing industry appears as one more alternative for problem solving and defect reduction. This methodology guarantees the reduction of defects from the first steps of their development, it solves problems quickly, it is easy to use and quick to develop. In this document, the application of RPS methodology for identifying, controlling and decreasing defects, in a manufacturing line, as fast as possible, is presented, because over the last few years has shown an increase in defects. The application of the RPS methodology resulted in the reduction of defects in the manufacturing line, since it allowed placing the defects within the limit of 350,000 DPMU's (Defects per Million Units), obtaining a total of 321,231 DPMU's in the 2019 year.

***Key words**: RPS, decrease, control, improve.*

Introducción

Las empresas de manufactura utilizan herramientas o metodologías que ayudan a mejorar sus procesos y disminuir desperdicios con la finalidad de optimizar recursos. Actualmente, existen varias herramientas que son utilizadas por las empresas y que han mostrado que al implementarse, contribuyen a la mejora y competitividad de las empresas. Algunas de las herramientas más utilizadas son las 7 herramientas de calidad [1], DMAIC [2], seis sigma [3], etc. De hecho, en la literatura especializada, hay varios casos de éxito donde se muestra el uso de dichas metodologías. Así, por ejemplo, en el artículo “Reducción de costos asociados a los desperdicios de un producto perteneciente a una empresa manufacturera” [4] se utiliza la

metodología para solución de problemas seis sigma con la cual detectaron que en la empresa, el principal problema era que el mantenimiento autónomo se realizaba ineficazmente, lo cual al ser corregido contribuyó en la reducción de defectos y de los desperdicios generados en el proceso. En el artículo “Aplicación de metodología *Lean Six Sigma* para la reducción de defectos en la producción de lentes dentro de la empresa formula *Plastics* de México S. A de C. V. en Tecate B. C.” [5], como su nombre lo menciona se utilizó la metodología *Lean Six Sigma* en combinación con *Lean Maufacturing*, con lo cual *se logró* mejorar los procesos y se detectaron los problemas que generaban los defectos dentro del proceso. La limitante observada con los artículos previamente mencionados, es el uso de metodologías que tienen una duración, por lo general larga y hasta que termina es posible cuantificar la mejora. Sin embargo, existe la posibilidad de utilizar metodologías que trabajan en tiempos cortos tales como RPS (*Rapid Problem Solving*) la cual es de gran ayuda para resolver problemas de defectos en el menor tiempo posible, debido a que parte de la metodología consiste en colocar una contención que sirva para evitar defectos y dar tiempo para analizar el problema que provoca los defectos. La metodología RPS es una herramienta muy práctica en la cual se pueden resolver problemas del día a día en un proceso de manufactura [6].

El presente trabajo es un caso de estudio de una empresa manufacturera que a lo largo de los años ha ido incrementando el número de defectos en una línea de producción, donde el límite de defectos permitido ya ha sido rebasado. Por lo cual, se utilizó la metodología RPS para lograr disminuir los defectos mientras se colocó una contención fue posible obtener mayor información relacionada con del origen de los defectos, se analizaron los datos y finalmente, se disminuyó el número de defectos que se generaba en la línea.

El resto del artículo está estructurado de la siguiente forma: la Sección metodología general muestra una breve descripción de los pasos que se deben seguir para desarrollar RPS. En la Sección Aplicación de la metodología *Rapid Problem Solving* se describe el desarrollo de la metodología RPS aplicada a la reducción de defectos en una línea de manufactura. En la Sección Resultados alcanzados se colocaron los datos que muestran la efectividad en la disminución de los defectos al aplicar la metodología RPS. En la Sección Discusión se muestra la comparación de trabajos relacionados a la disminución de defectos con metodologías de solución de problemas y la metodología RPS que se desarrolla en este trabajo

Aplicación de *Rapid Problem Solving*: caso de estudio

La metodología RPS aplica una contención que además de detener los problemas, recopila información. El objetivo de la metodología es iniciar con un primer análisis que ayuda a definir las primeras acciones para contener los defectos en la estación principal donde se generan y evitarlos en la fase subsecuente, donde generalmente se registran y se suman al métrico de DPMU´s (defectos por millón de unidades). La función principal del RPS, en el caso de estudio, consistió en colocar una contención cerca del origen de los defectos para detenerlos mientras se encontraba la causa raíz que los generaba utilizando las herramientas de diagrama de Ishikawa y 5 por qué.

La Figura 1 muestra el diagrama de flujo de los pasos que se siguieron dentro de la metodología RPS y su descripción. El paso Seleccionar consiste en identificar los datos actuales de la línea de manufactura a analizar. En el paso Contener se colocan los datos de la contención que se colocará en la línea de manufactura. En el paso Correcto se analizan los factores que provocan los defectos y se determina la causa raíz que provoca los defectos. En el paso Prevenir se colocan las acciones que se implementarán en la línea de manufactura. Las Secciones Paso 1 – Paso 4 muestran las actividades realizadas durante el desarrollo de la metodología.

 ISSN 2007-8102

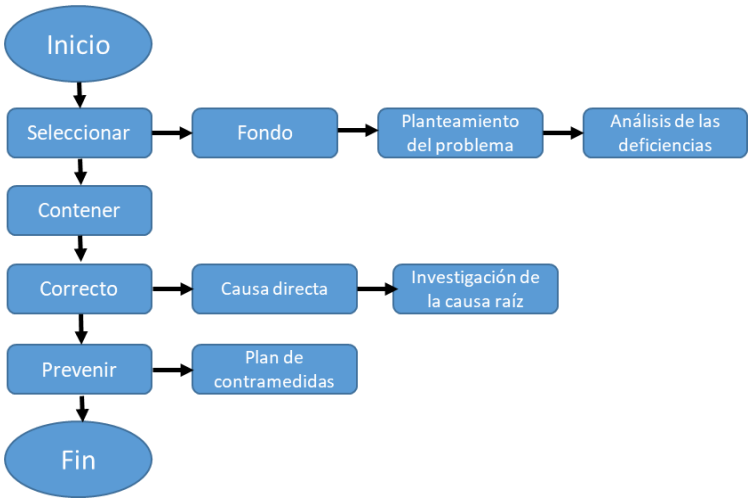


Figura 1. Diagrama de flujo de Metodología RPS.

Paso 1 Seleccionar

Dado que la fase consiste en identificar la problemática en la línea de manufactura, se revisó en el sistema interno de la empresa el historial de defectos para la línea y la información se plasmó en el formato de la Figura 2. En el punto 1.1 se describió la información relacionada con las condiciones generales de la línea de manufactura. En el punto 1.2 la información de la situación actual de defectos de la línea de manufactura y se comparó contra la condición ideal de defectos. En el punto 1.3 se colocaron los datos relacionados con los defectos, por estaciones y por variables a analizar.

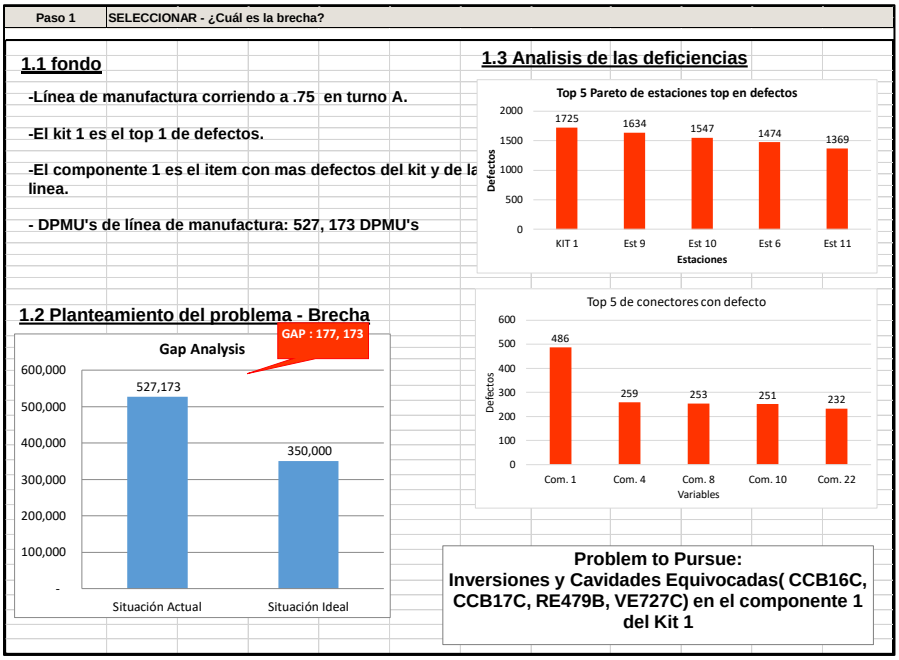


Figura 2. Pasó 1 de RPS.

Durante esta fase se observó que la línea de manufactura corre al 75% en el turno A, que el *kit* 1 es el que presenta mayores defectos. En particular el componente 1 era el elemento que generaba más defectos en el *kit* 1, y que los DPMU´s de la línea de manufactura eran de 527,173 DPMU´s,

como se muestra en el Punto 1.1 de la Figura 2. En el Punto 1.2 de la Figura 2 se muestra la brecha entre la situación actual 527,173 DPMU´s y la situación ideal 350,000 de la línea de manufactura, con la finalidad de hacer referencia al número de DPMU´s que se encuentra fuera de objetivo la línea 8FJ005, en este caso fueron 177,173 DPMU´s fuera de objetivo. En el Punto 1.3, de la Figura 2, se muestra una gráfica con el *top* 5 de estaciones, donde se observa el *kit* 1 como el top 1 de defectos, con 1,725 defectos y el *top* 5 de componentes con defectos de la línea de manufactura en este caso la variable *Com1* se muestra con el mayor número de defectos (486).

Paso 2: Contención

En este paso se recopilan datos para determinar las características de la contención que se colocará en la línea de manufactura. Para definir la contención se requirió formular 7 preguntas ¿quién realizará la contención?, ¿qué se va a colocar en contención?, ¿dónde se realizará la contención?, ¿cuándo iniciará la contención?, ¿por qué se realizará la contención?, ¿cómo se hará la contención? y ¿cuánto recurso será necesario?

La Figura 3 muestra la respuesta a cada una de las 7 preguntas con las que se define la contención (¿quién?, ¿qué?, ¿dónde?, ¿cuándo?, ¿por qué?, ¿cómo? y ¿cuánto?), donde se observa que:

1) el soporte de *kits* se colocó de contención,
2) la variable *Com1* es lo que se contuvo,
3) la contención se colocó en el *kit* 1,
4) a partir del 12 de noviembre de 2018,
5) la finalidad fue detectar las inversiones y cavidades equivocadas en el componente y repararlas,
6) para inspeccionar se utilizó el muestreo de material de la variable *Com1* y 7) Sólo fue necesario el apoyo de un operador por turno.

Paso 2	**CONTIENE - ¿Se puede detener el problema ahora?**
Quién : Soporte de Kits.	
Qué: Variable *Com1* .	
Dónde: En Kit 1.	
Cuándo: 12/11/2018	
Por qué: Para detectar inversiones y cavidades equivocadas en la variable *Com1* y repararlas.	
Cómo: Realizando un muestreo del material construido de la variable *Com1* **.**	
Cuánto: 1 operadores por turno	

Figura 3. Pasó 2 de RPS.

Paso 3: Correcto

Este paso consiste en analizar los datos y determinar la causa raíz que provoca los defectos. Para ello se utilizaron las herramientas diagrama de Ishikawa [6] y 5 ¿por qué? [7], puntos 3.1 y 3.2 de la Figura 4, respectivamente.

En el punto 3.1 Causa directa, se identificaron cuatro factores que afectan mayormente a que se provoquen inversiones y cavidades equivocadas en la variable *Com1*. Dichos factores fueron: a) mascarilla desajustada en el *Com1*, la cual sirve de guía para ensamblar cables; b) la orientación de *holder* dificulta contar las cavidades vacías de *Com1*; c) la distribución del contenido de *kit* afecta al operador; d) el operador no utiliza mascarilla para ensamblar cables.

En el paso 3.2 Investigación de causa raíz, se utilizó la herramienta de para determinar la causa raíz que provocaba defectos de la línea de manufactura y se observó que había dos factores que necesitaban más estudio los cuales fueron:

A) La distribución de contenido de *kit* afecta al operador, que fue el problema a perseguir. Al desarrollar los 5 ¿por qué? se detectó que la causa raíz era la mala distribución de material y contenido en método de *kit*.

 ISSN 2007-8102

B) Después se colocó como otro punto a analizar la mascarilla desajustada, la causa fundamental después de desarrollar el 5 ¿por qué? por mascarilla desajustada dio como resultado que el desajuste se provocaba debido al golpe de las patinetas donde están colocados los *holders* de los conectores con las mascarillas.

En la Figura 4 se muestran las dos herramientas utilizadas para realizar este paso del RPS. El diagrama de Ishikawa, en el punto 3.1 Muestra los factores evaluados para identificar cuáles provocaban los defectos, se colocaron en rojo los que tuvieron mayor relación con la generación de defectos: dos referentes a la maquinaria, 2 de método y 1 en hombre o mano de obra. En la Sección 3.2 se observa un 5 ¿por qué? en el cual se colocaron los factores que se detectaron en el diagrama de Ishikawa del paso 3.1 que provocaron defectos y que necesitaron de mayor estudio para encontrar la causa raíz.

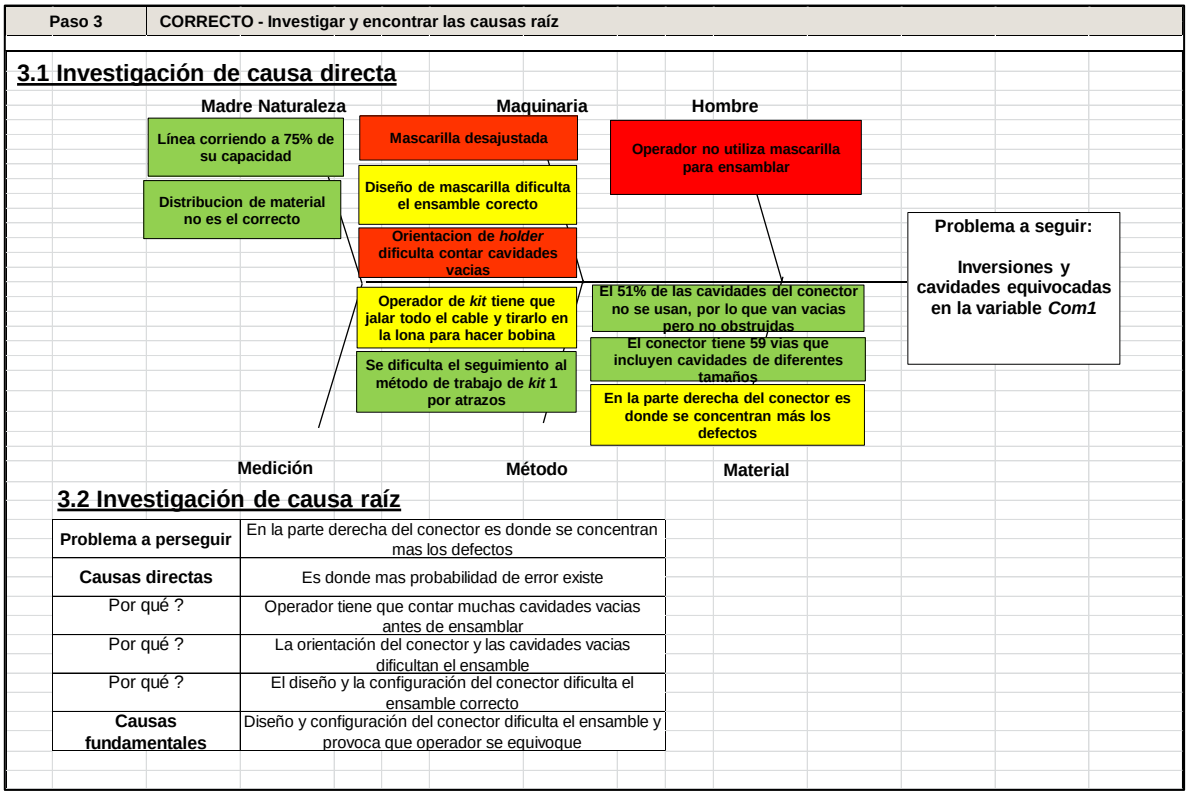


Figura 4. Pasó 3 de RPS.

Paso 4: Prevenir

En este paso se proponen las acciones que se implementarán en la línea de manufactura para eliminar el número de defectos.

En la Figura 5 se muestra el paso 4.1 Plan de contramedidas, donde se colocó una tabla en la cual se muestran todos los datos de las acciones de mejora que se implementarán en la línea de manufactura. En el renglón 1 se puede observar que para el caso de estudio, una de las causas principales fue que la distribución de material en *kit* no era la correcta. La acción que se realizó contramedida fue el rediseño del *kit* 1, el cual impactaría en el 25% de los defectos. En el renglón 2 se colocó la dificultad del seguimiento al método de trabajo del *kit* 1. La acción realizada fue el rediseño del método de trabajo para que el tiempo de ciclo se ajustara, dicha actividad se esperó que impactara en un 25% de los defectos. En el renglón 3 se muestra la causa "mascarilla desajustada por el golpeo de las patinetas" por lo que el *holder* de ensamble del elemento varable

 ISSN 2007-8102

Com1 se colocó fuera de la patineta para evitar el desajuste, dicha acción se estimó que impactaría en un 50% de los defectos.

Paso 4	PREVENIR - Implementar contramedidas y confirmar el resultado

4.1 Plan de contramedidas

Causa principal	#	Acciones de contramedidas	Quien	Impacto
Distribución de material en *kit* no es la correcta	1	Rediseño del *kit* 1	Ingenieria Industrial	25%
Se dificulta el seguimiento al método de trabajo de *kit* 1 por atrasos	2	Redeseño del método de trabajo	Ingeniería Industrial	25%
Mascarilla desajustada por el golpeo de patinetas	3	Colocar el *holder* de ensamble fuera de la patineta	Ingenieria Industrial	50%

Figura 5. Paso 4 de RPS.

Resultados alcanzados

Al inicio del proyecto y finales del año 2018 se tenía un acumulado de 414,732 DPMU´s. Para el mes de febrero, cuando se comenzaron a implementar las acciones propuestas el límite de defectos registró 335,111 DPMU´s. Finalmente, en el acumulado del año 2019, se registró un menor número de defectos en la línea analizada, 321,231 DPMU´s, con lo cual se logró alcanzar el límite de defectos de la línea de manufactura.

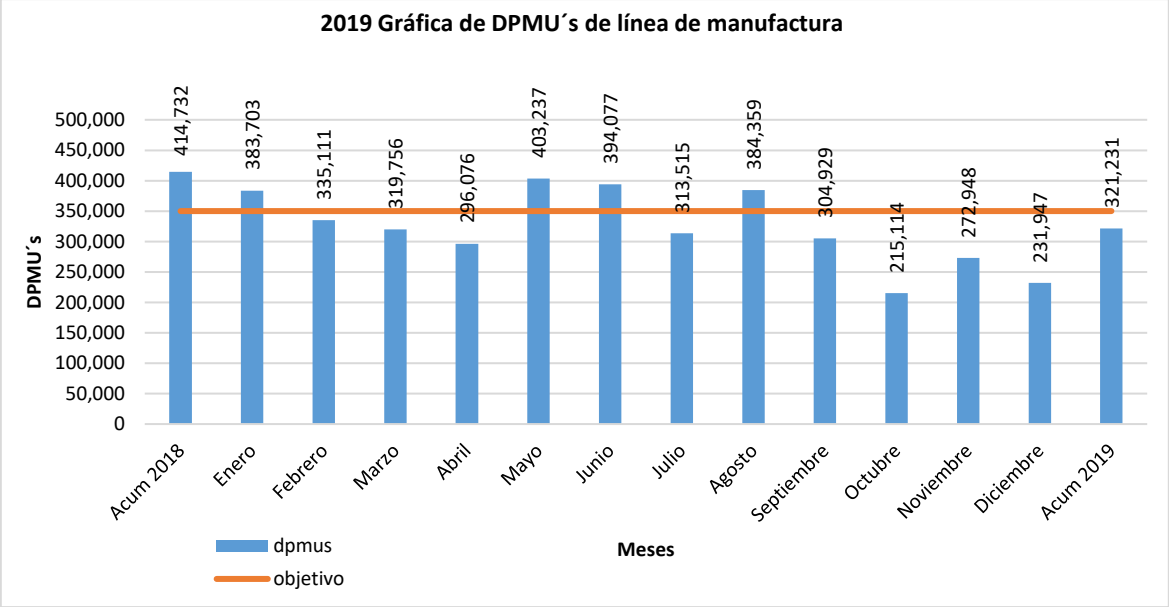


Figura 6. Gráfica de DPMU´s de línea de manufactura.

La implementación de RPS contribuyó en una disminución de *scrap* de 5.2 *lbs*, lo cual equivale a $30 USD semanales de ahorro en *scrap* por reprocesos. Además, se logró administrar mejor el recurso de los operadores, disminuyéndose en 1.5 horas hombre, al evitar tiempos muertos por operadores de la línea analizada.

Conclusiones

Al utilizar la metodología RPS se garantizó que los defectos disminuyeran desde el inicio del proyecto debido a que se colocó la contención cerca del origen de los defectos filtrando las piezas que se producen en la estación de trabajo que se analizó y evitando pasar defectos al siguiente proceso de manufactura.

Al implementar la contención en la línea se recabó información para analizar de mejor manera el *kit* 1 y detectar deficiencias que afectaban al proceso y provocaban que se generaran defectos, lo cual fue determinante para el siguiente paso del RPS, donde mediante una lluvia de ideas entre los representantes de las áreas de servicio de la planta (ingeniería industrial, ingeniería de manufactura, calidad, procesos, mantenimiento e instalaciones), se determinaron las acciones de mejora que se implementaron en el *kit* 1, las cuales permitieron disminuir los defectos.

Referencias

[1] S. Muhammad, “Quality Improvement Of Fan Manufacturing Industry By Using Basic Seven Tools Of Quality: A Case Study,” *Int. Journal of Engineering Research and Applications* ISSN : 2248-9622, vol. 5 no. 4, (Part -4), pp. 30-35, 2015.

[2] S. Schweikhart y A. Dembe, “The applicabillity of lean and six sigma techniques to clinical and translational research,” *Journal of investigative medicine*, vol. 57, no. 7, pp. 748-755, 2009.

[3] J. Hill, A. Thomas, R. Mason-Jones y S. El-Kateb, “The implementation of a lean six sigma framework to enhance operational performance in an MRO facility,” *Production & manufacturing research*, vol. 6, no. 1, pp. 26-48, 2018.

[4] M. Martinez y J. Garza, “Reducción de costos asociados a los desperdicios de un producto perteneciente a una empresa manufacturera,” *Inovaciones de negocios*, vol. 10, no. 20, pp. 197-219, 2013.

[5] A. Morales y A. Garambullo, “Aplicación de metodología lean seis sigma para la reducción de defectos en la producción de lentes dentro de la empresa formula Plastics de México S. A de C. V. En Tecate B. C.,” *Revista Electrónica del Desarrollo Humano para la Innovación Social*, vol. 4, no. 8, Recuperado de https://www.cdhis.org.mx/index.php/CAGI/article/view/119, 2017.

[6] A. Galgano, *Los siete instrumentos de la calidad total*, *Ediciones Diaz de Santos S.A.*, Madrid, 1995.

[7] R. Chang, M. Niedzwiecki y J. Gorin, *Las Herramientas para la Mejora Continua de la Calidad*, Granica S.A., Buenos Aires, Argentina, 1999.

Mejora de la eficiencia de línea con el Gráfico YAMAZUMI.

F.A. Poblano Ojinaga[1], E.R. Pineda Armendáriz[2], C.Y. Delgadillo Ramírez[3], A. Longoria de la Torre[4], D.S. Velázquez Saavedra[5]*
[1,2,3,4,5] Departamento de Ingeniería Industrial. Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico de la Laguna. Blvd. Revolución y Av. Instituto Tecnológico de la Laguna s/n. Torreón, Coahuila, México.
**a_poblano@yahoo.com*

***Área de participación**: Ingeniería Industrial.*

Resumen

La empresa TB Swetech de México Planta Torreón se dedica a la fabricación de vestiduras para asientos de automóviles detectó que algunas de sus líneas de producción estaban presentando tiempos muertos y cuellos de botella provocados por un desequilibrio en las actividades asignadas a los operadores. Ante esta situación se decide utilizar el Gráfico de Yamazumi para evaluar la eficiencia de cada operador y realizar un rebalanceo de líneas que redistribuya las operaciones de manera más equitativa a fin de optimizarlas. Como resultado se observa que al aplicar dichas herramientas de mejora se logra un flujo continuo de la producción, eliminando las restricciones del sistema y logrando la eficiencia deseada.

***Palabras clave**: Cuellos de botella, Balanceo, Gráfico Yamazumi*

Abstract

The TB Swetech company in Torreon, Mexico, which manufactures car seat covers; detected that some of its production lines were experiencing downtime and bottlenecks, caused by an imbalance in the activities assigned to the operators. Faced with this situation, the company decided to use the Yamazumi graph to evaluate the efficiency of each operator and carry out a line balancing that redistributes the operations in a more equitable way. As a result, it is observed that; by applying these improvement tools, a continuous flow of production is achieved, eliminating system restrictions and achieving the desired efficiency.

***Key words**: Bottleneck, Balancing, Yamazumi graph.*

Introducción

Toda empresa requiere mantener el crecimiento empresarial y la mejor manera es incrementar la productividad [1],[2] considerada como la relación entre la cantidad de productos obtenidos por la empresa utilizando los mismos recursos existentes, o como la relación entre las salidas (producto o servicio) y una o más entradas.

El balanceo de líneas como una estrategia para mejorar la productividad en la industria automotriz ha sido abordado durante muchos años desde diferentes perspectivas según el enfoque y objetivo que persiguen. Por ejemplo de acuerdo al objetivo de minimizar el riesgo de paro de línea se tienen estudios de diferentes autores como los refieren [3], [4], [5] y sobre objetivos que consideran como prioridad para aplicar balanceo de líneas los problemas de sobrecarga de trabajo que generan cuellos de botella, se encuentran diferentes autores [5], [6], [7], [8], [9].

Una vez conocido el proceso productivo en cada una de las estaciones de trabajo se procede al estudio de tiempos que acompaña al estudio de métodos y movimientos debido a que se necesita conocer la duración del trabajo antes y después de la mejora planteada [10].

TB Sewtech de México S.A (Toyota Boshoku) ubicada en Torreón, Coahuila, se especializa en fabricación de vestiduras de asientos para autos, desarrollo de sistemas interiores automotrices y la fabricación y venta de productos de interiores automotrices. Además de pertenecer al Top Ten en la industria, la empresa tiene un marcado carácter de innovación en el sector automotriz.

Metodología

El objetivo principal de este proyecto, es desarrollar una mejora en la eficiencia de las líneas a fin de eliminar los cuellos de botella y de esta manera poder generar las secuencias del proceso optimizado que servirán de referencia para que los operadores realicen su trabajo óptimamente y que la línea de producción presente una mayor eficiencia desde el primer operador, hasta el último.

Para analizar esta problemática es necesario mencionar sus causas. Al analizar el proceso se detecta que la causa principal de la baja productividad es que los operadores presentan altos índices de ineficiencia y no cumplen con los tiempos establecidos de producción. Adicionalmente, las vestiduras varían de una a otra de acuerdo a los modelos con los que se estén trabajando, lo que provoca cambios de ritmo en la producción y esta situación empeora cuando se trabaja con un modelo nuevo, ya que la curva de aprendizaje es muy alta y durante ese periodo se generan gran cantidad de defectos y contratiempos.

Para mantener un flujo de proceso favorable (flujo continuo), las líneas de producción deben de lograr que la cantidad de producción requerida sea igual al ritmo de producción de la línea y que los tiempos de cada operación estén equilibrados, así mismo es importante asegurar un aprovisionamiento continuo de material y prevenir las fallas en los equipos.

Las actividades realizadas para lograr el objetivo son las siguientes:

1. Tomar tiempos en la línea de producción 1 (en las áreas RH y LH)
2. Realizar el Gráfico Yamazumi.
3. Realizar gráficas de monitoreo por operador.
4. Tomar videos y realizar análisis de operaciones.
5. Balancear líneas.
6. Realizar Layout.
7. Generar las secuencias de trabajo.

1. Tomar tiempos en la línea de producción 1 (en las áreas RH y LH)

Se realiza análisis de operaciones para determinar la operación más lenta y equilibrar la carga de los operarios. La medición de tiempos inicia desde que el operador toma el material que se desplaza sobre la banda transportadora (*conveyor*), hasta que lo vuelve a colocar en la misma, ya que dicho ciclo representa el tiempo que tarda toda la secuencia de costura del operador. De esta manera se evaluará su desempeño día a día.

El tiempo meta al 100 % para la línea de producción 1 es de 128 segundos para las áreas RH y LH, debido a que estas están conformadas por personal con más antigüedad y experiencia.

Después de tomar los tiempos se presentan los cambios propuestos a los departamentos involucrados así como, a supervisores, materialistas, inspectores de calidad y por supuesto a operadores como se observa en la Tabla 1.

Se espera que después de aplicar los nuevos tiempos los operadores dominen el ciclo de costura en un lapso de 10 a 15 días tratando de no generar defectos. Pasado ese tiempo, se debe cumplir con una eficiencia de 100% durante cinco días consecutivos para poder ser liberados por su supervisor y el mismo protocolo se haría con cada una de las líneas que presentaron ineficiencias.

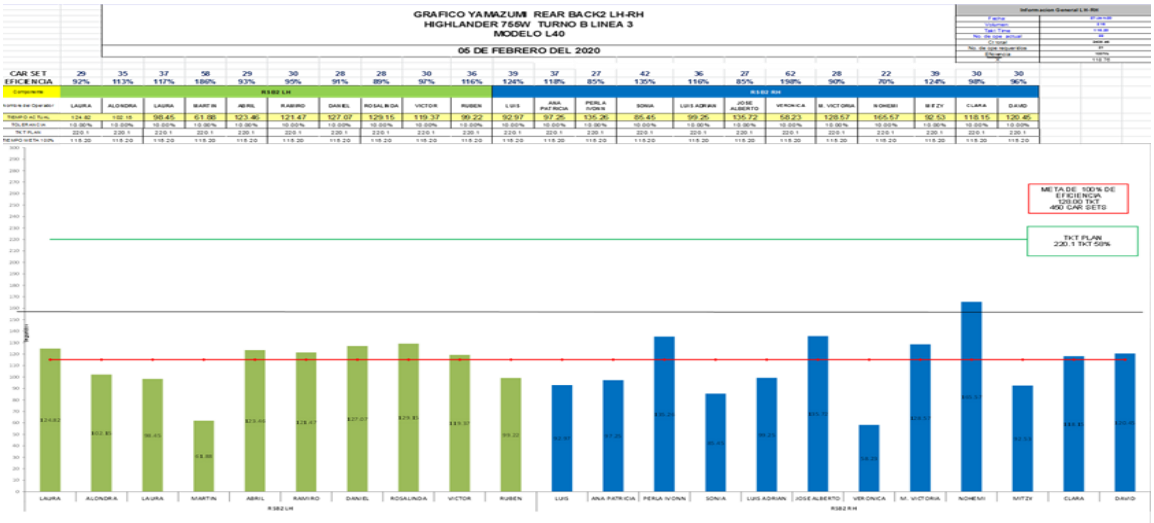
 ISSN 2007-8102

Tabla 1. Toma de tiempos por despiece en Rear Back2 LH-RH

SECUENCIA	NOMBRE DEL PROCESO	MARGEN DE COSTURA	WPSNº	SEGUNDOS
1	UNION DE ORIONES ATRAPANDO CARPETA	5+/-1mm	8502	
2	UNION DE ORIONES ATRAPANDO CARPETA	5+/-1mm	8503	
3	UNION DE ORIONES ATRAPANDO CARPETA	5+/-1mm	8502	
4	UNION DE ORIONES ATRAPANDO CARPETA	5+/-1mm	8503	

2. Realizar el Gráfico Yamazumi.

Para detectar las operaciones que no cumplen con el Tiempo Tacto (TKT), es indispensable conocer dónde se encuentra las operaciones cuello de botella. Se aplicó el gráfico de Yamazumi como se observa en la Gráfica 1 y en la Tabla 2, el cual permite identificar visualmente los procesos sobrecargados y los infrautilizados, para saber dónde conviene actuar y de esta manera asegurar la demanda del cliente y los tiempos de entrega.



Gráfica 1. Análisis de tiempo TKT con Gráfico Yamazumi Turno B línea 3 Rear Back2 LH-RH modelo L49

Tabla 2. Acomodo de líneas en Gráfico Yamazumi Turno B línea 1 FSCLH y línea FSC RH modelo M20

GRAFICO YAMAZUMI FRONT SEAT CUSHION LH-RH
HIGHLANDER 755W TURNO B LÍNEA 1
MODELO M20

31 DE ENERO DEL 2020

CAR SET	28	31	34	36	29	29	46	27	28	28	36	52	45	28	29
EFICIENCIA	100%	109%	121%	126%	103%	102%	163%	97%	100%	101%	126%	184%	158%	101%	105%
Componente	FSC LH								FSC RH						
Nombre del Operador	FELIPE	ELIDA	JORGE	JOSE LUIS	BISMARK	UTILITI	DALIA	CLAUDIA	RICARDO	ELIZABETH	DULCE	JUAN MANUEL	JOSE	SERGIO	EUGENIA
TIEMPO ACTUAL	127.39	117.91	105.45	101.33	123.95	125.29	78.34	132.47	128.36	126.54	101.20	69.52	80.85	127.16	122.22
TOLERANCIA	10.00%	10.00%	10.00%	10.00%	10.00%	10.00%	10.00%	10.00%	10.00%	10.00%	10.00%	10.00%	10.00%	10.00%	10.00%
TKT PLAN	136.3	136.3	136.3	136.3	136.3	136.3	136.3	136.3	136.3	136.3	136.3	136.3	136.3	136.3	136.3
TIEMPO META 100%	128.00	128.00	128.00	128.00	128.00	128.00	128.00	128.00	128.00	128.00	128.00	128.00	128.00	128.00	128.00

 ISSN 2007-8102

3. Realizar gráficas de monitoreo por operador

Para verificar la eficiencia de cada uno de los operadores; se monitorean sus tiempos de producción y el cumplimiento de los diferentes requisitos en su área de trabajo. Así mismo, se registra el nivel de avance en los entrenamientos hasta que los complete y sea liberado, para finalmente otorgarle un bono de eficiencia como se muestra en la Tabla 3.

Tabla 3. Monitoreo por operador con Gráfico Yamazumi turno B línea 2 Front Seat Cushion LH-RH

GRAFICO YAMAZUMI FRONT SEAT CUSHION LH-RH
HIGHLANDER 755W TURNO B LÍNEA 2
MODELO L40 LE

21 DE FEBRERO DEL 2020

CAR SET	19	26	24
EFICIENCIA	66%	92%	85%
Componente			
Nombre del Operador	LAURA	LAURA	JUAN
TIEMPO ACTUAL	193.57	138.90	150.74
TOLERANCIA	10.00%	10.00%	10.00%
TIEMPO META 100%	128.00	128.00	128.00
TIEMPO1	175.97	126.22	136.97
TIEMPO2	170.10	126.32	137.1
TIEMPO3			
TIEMPO4			

21 DE FEBRERO DEL 2020
450
128.00
3
480.20
4
100%
150.74

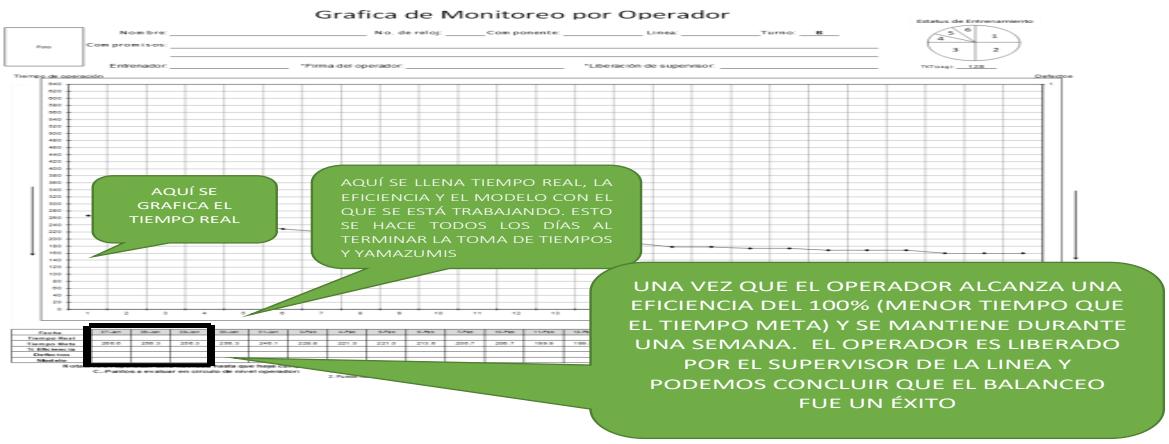
4. Tomar videos y realizar análisis de operaciones

Se graba a los operadores durante el tiempo de costura, para después realizar un diagrama hombre-máquina y analizar los movimientos que hace con ambas manos. De esta manera es posible detectar las operaciones que se le complican y buscar soluciones que contribuyan a que realice su trabajo de mejor manera.

5. Balancear líneas.

Se registra el tiempo de toda la línea en general, se toman tiempos por despiece para ver qué operación puede ser crítica y se analiza la secuencia. Después se grafica automáticamente para ver quiénes son los operadores que sobrepasan el Tiempo Tacto (TKT).

Se verifica en conjunto con los entrenadores, que los operadores involucrados en el análisis, realicen las secuencias de costura sin problema y que cumplan con los tiempos establecidos. Posteriormente, el entrenamiento se mantiene de esta forma durante 10 a 12 días, hasta que el supervisor los libere y es ahí donde comienza la evaluación diaria de los operadores, en rampa como se ve en la gráfica de monitoreo por operador en la Gráfica 2.



Gráfica 2. Monitoreo por operador.

 ISSN 2007-8102

6. Realizar Layout.

Para representar de una manera más técnica el área de trabajo, se elabora el Layout con las modificaciones en las líneas de producción, reubicando a algunos operadores en diferentes puestos de trabajo para lograr actividades más equilibradas y un flujo de producción más continuo como se muestra en la Figura 1.En este paso, también se actualizaron los procedimientos de trabajo, los cuales fueron autorizados previamente por los departamentos de Calidad, y Producción.

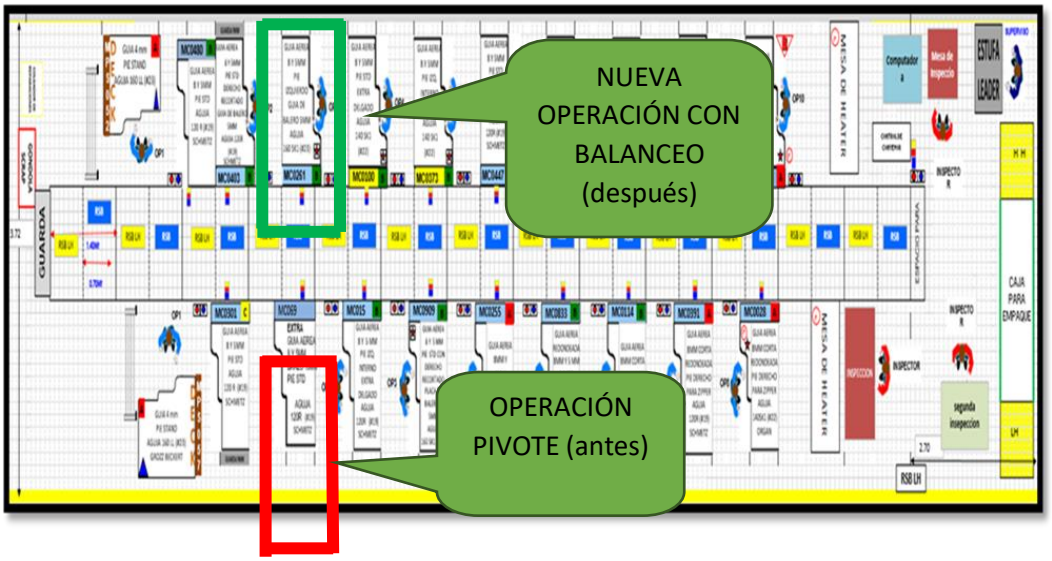


Figura 1. LAYOUT línea 11(antes y después)

7. Generar las secuencias de trabajo.

Finalmente, se elaboran las secuencias de trabajo (WPS) de las líneas que formaron parte del proceso de balanceo y se definen a los colaboradores que serían titulares de cada operación de acuerdo al ejemplo en la Figura 2. Las WPS fueron firmadas y acreditadas por los departamentos y entrenadores correspondientes.



Figura 2. Ayuda visual WPS antes y después de las modificaciones.

 ISSN 2007-8102

Resultados.

Al iniciar la medición de los tiempos de producción generados por los operadores, los resultados fueron muy altos; en promedio el ciclo de costura de la operación analizada era de 151.86 segundos, cuando el tiempo meta al 100 % establecido era de 128 segundos. Es decir, se estaba generando un retraso de 23.83 segundos y por lo tanto un cuello de botella constante.

Como resultado de la medición de tiempos y de la elaboración de gráficas de Yamazumi, se realizan los siguientes cambios:

- En una línea de producción; se elimina a un operador que realizaba una actividad muy sencilla, de tal manera que su eficiencia era tan alta que generaba largos periodos de inactividad. Las operaciones de dicho trabajador se reparten entre dos de sus compañeros y a éste se le integra en otra línea de producción que estaba presentando cuellos de botella. A pesar del entrenamiento, una de las operadoras de la línea no logra realizar las actividades en el tiempo establecido. Sin embargo, después de una semana adicional, el ritmo de ambas líneas de producción fluye sin problemas como se puede apreciar en la Gráfica 3,logrando el 100% de eficiencia en todos los trabajadores y logrando realizar las actividades en el tiempo meta al 100 % de 128 segundos.

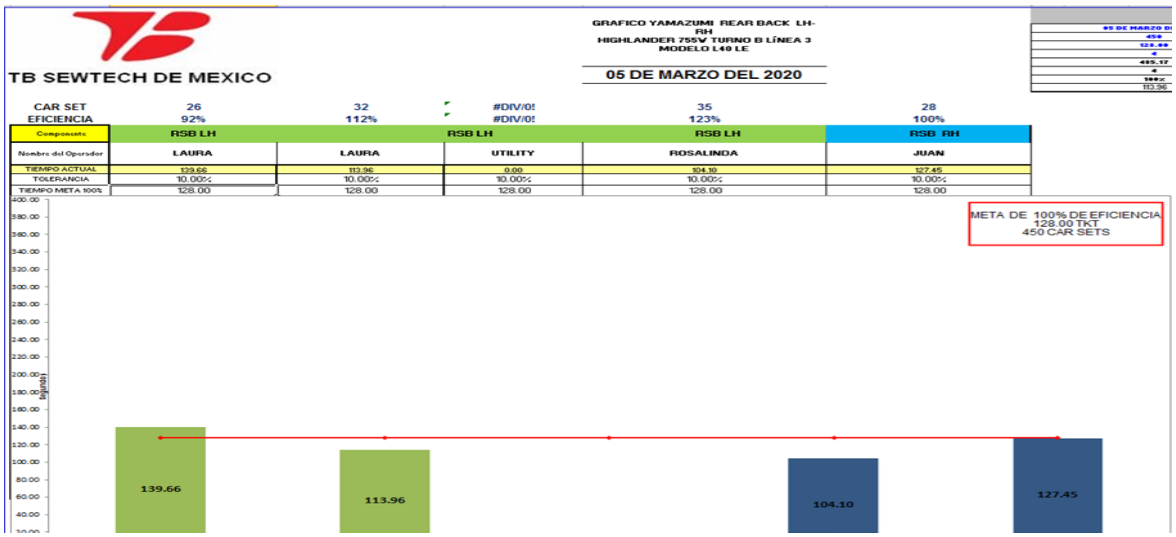


Figura 3. Análisis de tiempos con Gráfico Yamazumi Rear Back LH-RH TURNO B línea 3 del 05 de marzo del 2020

- En otra de las líneas de producción también se elimina a un trabajador; sin embargo, en este caso fue debido a que se presentó un cambio de modelo de costura que ya no precisaba de la operación de dicho colaborador. El operador eliminado se reubica en una línea que estaba presentando cuellos de botella.

- Las líneas se balancearon con éxito y el modelo nuevo se estableció correctamente. Se logra el 100% de eficiencia en todos los trabajadores después de tres semanas de entrenamiento logrando realizar las actividades en el tiempo estándar establecido de 115seg (por ser la línea de producción LH)como se muestra en la Figura 4. Además, se libera a un operador para ser utilizado como operador multifuncional o "*utility*" cuando haya necesidad de cubrir a algún compañero.

 ISSN 2007-8102

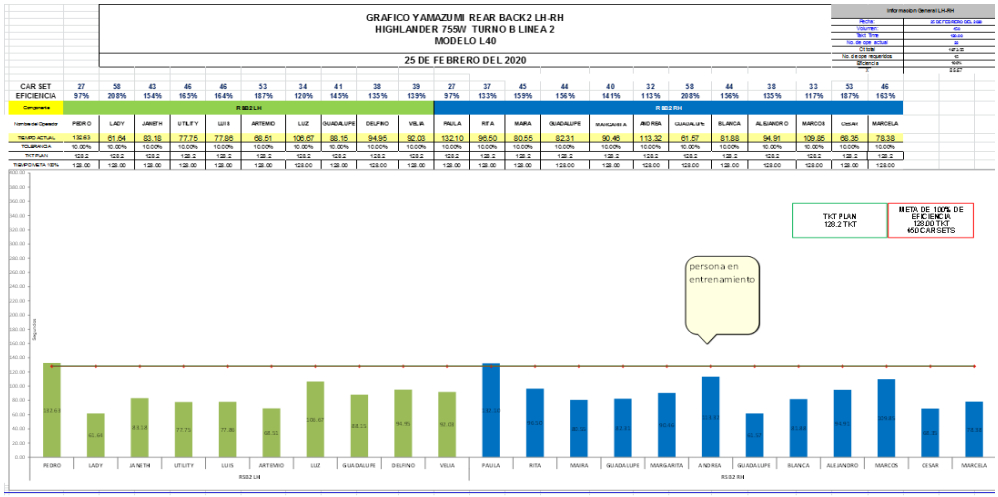


Figura 4. Análisis de operaciones con Gráfico Yamazumi Rear Back 2 LH-RH turno B línea 2 del 25 de febrero del 2020

- En otra de las líneas de producción, se presentaba una diferencia comparada con las demás líneas, ya que contaba ocasionalmente con una persona que ejercía la función de “pivote”; es decir, un soporte para hacer más ágil la línea. Se analiza la conveniencia de continuar con esta actividad y se determina que su participación en esa línea no es trascendente, por lo cual se decide ubicarla en otra línea con cuellos de botella en una operación como titular y eliminar la actividad “pivote”.
- Sin embargo, a pesar de los entrenamientos la operadora no logra adaptarse a los tiempos. Por lo que no fue posible liberarla. En su lugar, se asigna a la persona de “utility” recién capacitada. De esta manera la línea de producción queda balanceada correctamente, logrando finalmente una eficiencia del 100% en sus operadores como se observa en la Figura 5.

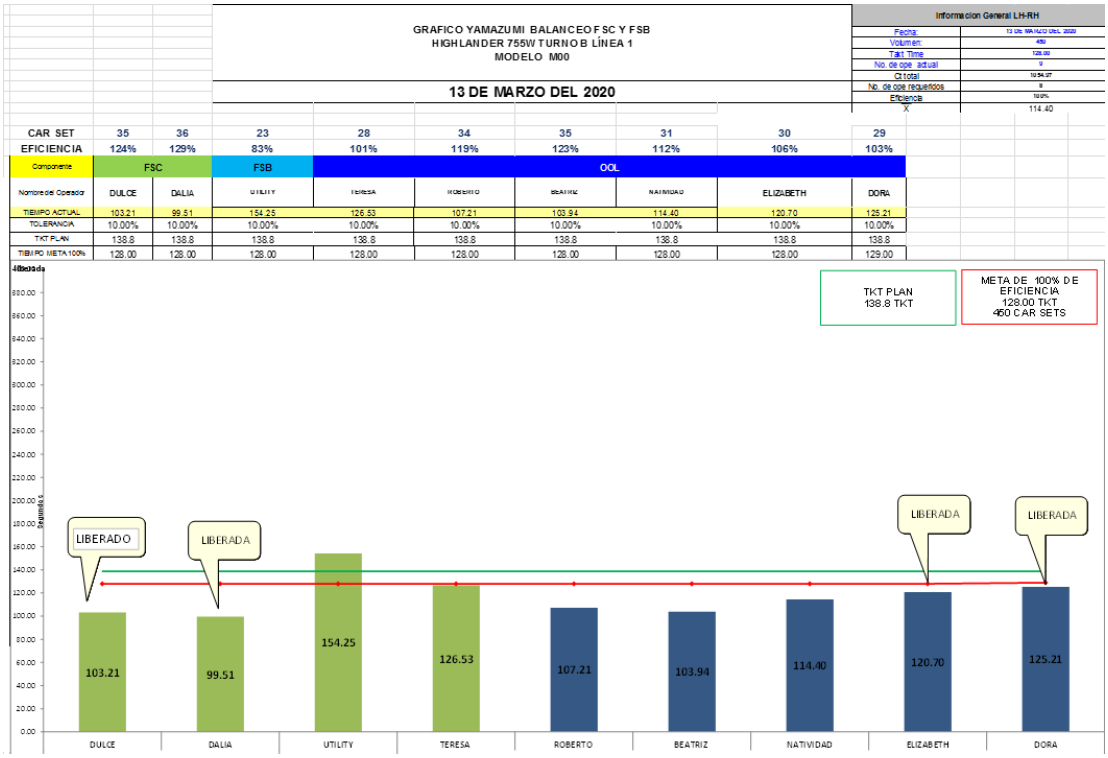


Figura 5. Análisis de operaciones con Gráfico Yamazumi del 13 de marzo del 2020

Conclusiones

Los resultados lograron el objetivo planteado, ya que mediante la medición de tiempos, el análisis de datos y la aplicación de herramientas como el balanceo de líneas y el gráfico de Yamazumi, se logró identificar y eliminar los cuellos de botella para obtener un flujo continuo del proceso. Además de equilibrar las operaciones de las líneas de producción que presentaban problemas.

Un proceso equilibrado a través del balanceo de líneas permite que se tenga un mayor control de la producción. Además, contribuye a identificar pérdidas en el sistema productivo, las cuales, una vez atendidas contribuyen a mejorar la productividad.

Agradecimientos

Agradecemos al TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO Campus La Laguna, en especial al Departamento de Ingeniería Industrial por el apoyo brindado para la publicación de este artículo.

Referencias bibliográficas.

[1] A. Suñe, F. Gil and I. Arcusa, *Manual práctico de diseño de sistemas productivos*. Primera edición. Madrid (España): Ediciones Díaz de Santos. 2004.
[2] J. Heizer and B. Render. *Principios de administración de operaciones.* Séptima edición. México: Pearson Educación. ISBN 978-607-442-099-9. 2009.
[3] E. Medina and R. Illada, ¨Método de Balance de Líneas con consideraciones Ergonómicas (BLEER) aplicado en una línea de tapicería automotriz¨, *Revista Ingeniería Industrial. Actualidad y nuevas tendencias*, vol. 4, no. 13, pp. 54 -62. 2014.
[4] k. Okamura and H. Yamashina, H. ¨A heuristic algorithm for the assembly line model-mix sequencing problem to minimize the risk of stopping the conveyor¨. *International Journal of Production Research,* 17 pp. 233-247. 1979.
[5] L. Tsai. ¨Mixed-model sequencing to minimize utility work and the risk of conveyor stoppage¨. *Management Science*, vol. 41 no. 3. pp. 377 – 559. 1995.
[6] C. Yano and A. Bolat. ¨Survey, development, and application of algorithms for sequencing paced assembly lines¨. *Journal of Manufacturing and Operations Management,* vol. 2, no. 3, pp. 172-198. 1989
[7] C. Yano and R. Rachamadugu. ¨Sequencing to minimize work overload in assembly lines with product options¨. *Management Science*, vol. 37, no. 5, p.p. 572- 586. 1991.
[8] A. Bolat. ¨Stochastic procedures for scheduling minimum job sets on mixed model assembly lines¨. *Journal of Operational Research Society*, Vol. 48, pp. 490-501. 1997.
[9] Z. Xiaobo and K. Ohno. ¨Algorithms for sequencing mixed models on an assambly line in a JIT production systems¨. Computers & Industrial Engineering, vol. 32, no. 1, pp: 47-56. 1997.
[10] J. Velasco y J. Campins. Gestión de la producción en la empresa planificación, programación y control. Madrid: Ediciones pirámide. 2013.

Reducción de tiempos muertos en el proceso de corte en la fabricación de componentes electrónicos

V. Cuautenco Hernández[1], E. J. Cruz Solís[1], J. C. Martínez Hernández[1], G. Hinojosa Andrade[2]*
Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico Superior de Huauchinango
[1]Profesor Investigador de la división de Ingeniería Industrial
[2]Alumno de la división de Ingeniería Industrial
virgilio@huauchinango.tecnm.mx

***Área de participación**: Ingeniería Industrial*

Resumen
El mayor flujo de materia prima de esta empresa se concentra en el área de corte, pues más del 90% de todos los artículos procesados necesitan una o más de las operaciones que se llevan a cabo en esta área, se procesan múltiples artículos con diferentes características, debido a variaciones en tiempos de manufactura, surge la necesidad de un estudio del trabajo. Las problemáticas presentadas en dicha área limitan la fluidez del material y provoca un incremento en el tiempo producción, repercutiendo en tiempos de entrega a las áreas subsecuentes, paros de máquina y acumulación de material en los estantes de recepción, disminuyendo la productividad, tanto de la maquinaria como del operador. En este proyecto se identificaron las variables, su frecuencia e impacto que tienen sobre la capacidad productiva, se plantea el uso de herramientas Lean Manufacturing para eliminar tiempos obsoletos e incrementar los índices de productividad.

***Palabras clave**: Métodos, Procesos, Tiempos muertos, Mejora continua.*

Abstract
The largest flow of raw material of this company is concentrated in the cutting area, since more than 90% of all processed articles need one or more of the operations carried out in this area, multiple articles with different characteristics are processed Due to variations in manufacturing times, the need for a work study arises. The problems presented in this area limit the fluidity of the material and cause an increase in production time, affecting delivery times to subsequent areas, machine stoppages and accumulation of material on the reception shelves, reducing productivity, both in the machinery and operator. In this project, the variables, their frequency and impact that they have on the productive capacity were identified, the use of Lean Manufacturing tools is proposed to eliminate obsolete times and increase productivity rates.

***Keywords:** Methods, Processes, Dead times, Continuous improvement*

Introducción
Los continuos cambios en la preferencia del cliente, así como las exigencias de un mercado cambiante y competitivo, obligan a todas las empresas, independientemente de su giro comercial o industrial a diseñar y fabricar productos que los sigan manteniendo dentro de un género competitivo, para lo cual sus políticas y productos deben de cumplir con todas y cada una de las exigencias del cliente, siendo dos de las más importantes la calidad y la entrega a tiempo del producto [1]. Cada vez son más las problemáticas industriales que surgen a nivel mundial en la búsqueda de altos niveles de competitividad, dando pie a la creación de nuevas metodologías en aras de mejorar los procesos e incrementar la productividad de la empresa [2]. Muchas de estas alternativas deben ser adaptadas de acuerdo con la necesidad organizacional considerando para ello la cultura, los recursos disponibles, la planeación estratégica y las proyecciones empresariales.

Esta empresa, dedicada a la fabricación y ensamble de componentes electrónicos, está Integrada principalmente por 10 áreas (Revelado de pantallas, Impresión de Pantallas, serigrafía, Hidroformado, Die Cut, Deweb, Ensamble, Pruebas, embarque), que son las encargadas de llevar a cabo el proceso productivo, una de las más importantes es Die Cut, pues aquí es donde se concentra el mayor flujo de materiales, sin embargo, existen algunos aspectos que no se les ha dado el nivel de importancia necesario, y que como resultado genera la presencia de tiempos muertos (Down Time).

Este trabajo está enfocado en la identificación de las problemáticas que inciden directa o indirectamente en la limitación de la capacidad productiva, mediante la aplicación de herramientas Lean Manufacturing. Se utilizan dos metodologías como estructura principal (Circulo de Deming y La Ruta de Calidad), combinando ambas en una sola, la cual nos muestra de una manera organizada y sistemática los lineamientos para llevar a cabo eficazmente su aplicación, desde la identificación del problema, la planificación, el diseño, ejecución y la presentación de resultados.

Metodología

Se desarrolló mediante la metodología del Círculo de Deming y la Ruta de Calidad.

1.- PLANEAR

1.1 Definir el Proyecto; se establece de acuerdo con las necesidades de la empresa y del área de producción de este estudio de caso.

1. 2 Describir la situación actual. Se da a conocer la forma de desempeña del proceso actual, como se encuentra situada la empresa con relación a sus metas de calidad, tal como se aprecia en el diagrama de flujo y la descripción de las actividades que se realizan en el área designada, ver figura 1; con la finalidad de identificar todas las áreas de oportunidad posibles.

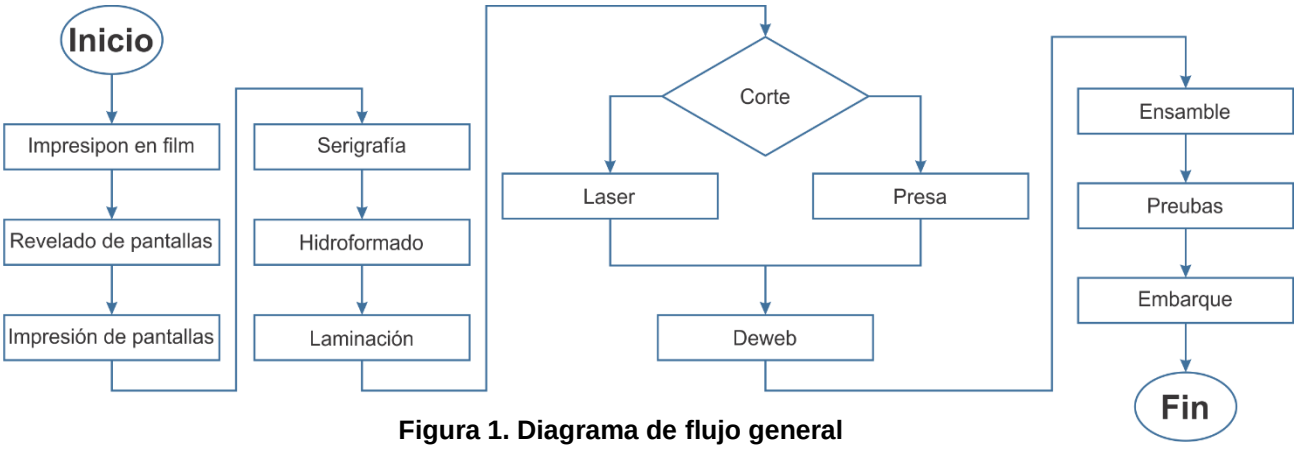


Figura 1. Diagrama de flujo general

Descripción de situación actual

El área de corte resalta por la cantidad de artículos que procesa, pues más del 90% de todos los artículos procesados necesitan una o más operaciones de las que se llevan a cabo en esta área. Dicha área está conformada por 9 máquinas: 3 cortadoras laser denominadas Flex 1, Flex 2 y Preco laser, de igual manera la integran 6 prensas troqueladoras: 39,02, 72, 73, 74, 38, de las cuales la maquina 74 actualmente se encuentra fuera de producción por problemas mecánicos. La plantilla laboral es de 7 operadores; 3 para laser y 4 para prensa, 1 supervisor de área y un líder (soporte a supervisor).

El área de corte resulta una de las áreas vitales para el correcto funcionamiento de la empresa. Dentro del área se procesan múltiples artículos, todos y cada uno de ellos con características especiales. Durante el procesamiento de estos ocurren eventualidades no programadas que en la bitácora actual no se tiene registro, las cuales ralentizan la fluidez del material, provocando un incremento en el tiempo establecido de producción, el cual repercute en entregas a destiempo a las áreas subsecuentes, paros de maquina frecuentes y acumulación de material en los estantes de recepción, las cuales a su vez disminuyen la capacidad productiva, tanto de la maquinaria como del operador.

Descripción de actividades de corte (Die-Cut)

A esta área llegan múltiples modelos que requiere una o más operaciones de las cuales se llevan a cabo ahí (Extrusión, Pre-corte, corte, Kiss Cut), son almacenadas de manera momentánea en dos racks (uno para corte en prensa y el otro para corte en laser) antes de pasar a las cortadoras.

Corte en laser: Se utilizan maquinas denominadas Flex laser, que ejecutan los modelos realizados previamente por el departamento de diseño (Generalmente AutoCAD) mediante un software predeterminado que contiene la maquinaria “Flex Láser 3.2.24”.

Corte en prensa: Es necesario un molde (dado) que debe ir montado sobre una prensa y que mediante presión y navajas corta de manera específica el material. Una vez que son cortados y aprobados por el líder o Supervisor pasan a su siguiente proceso denominado DEWEB.

 ISSN 2007-8102

1.3 Control Estadístico de calidad. Mediante el uso de las herramientas básicas de la calidad se pretende delimitar este proyecto, para enfocarse en las variables que resulten ser de un estado crítico.
Hoja de control. En el área de corte (DIE-CUT) existen paros no programados que afectan de manera significativa la capacidad productiva, tanto de la maquinaria como del operador. Al no tener registro de estos paros, es difícil conocer con exactitud la frecuencia y la magnitud de cada uno de estos. Para ello se diseñó una hoja de control, la cual se muestra en la figura 2, así como las razones de paro más comunes.

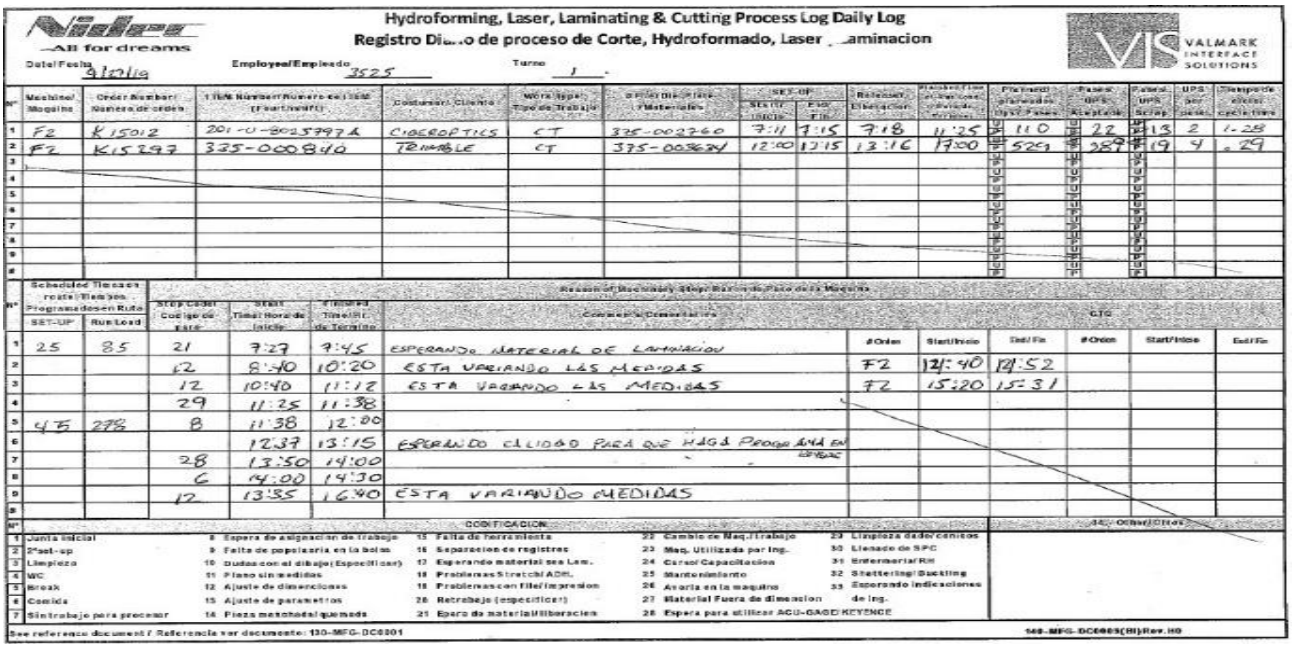


Figura 2. Hoja de control

1.4 Analizar hechos y datos. Se seleccionarán las variables las cuales se buscará dar solución, explicando de manera concreta cual es la causa raíz que las origina.
1.5 Establecer acciones. Se generan las propuestas para eliminar o disminuir la magnitud de las variables seleccionadas en el punto 1.4. En la tabla 1 se muestran las problemáticas encontradas una vez que la información fue recopilada y analizada mediante el desarrollo de los diagramas causa-efecto y 5w&h.

Tabla 1. Diagnostico

Problemática	Descripción Causa Raíz	Acciones correctivas
1. Limpieza	El tiempo invertido para la limpieza es de 1,162 minutos mensuales (6.8% de los Paros Totales) y el factor es la ausencia de un método de trabajo que promueva la eficiencia, organización y disciplina.	Implementación de 6´s + seguridad, generar un Check List y dar de alta en el sistema de calidad, para implementación.
2. Cambio de maquinaria o trabajo	Ocupando 739 minutos por mes (4.32 % de los paros totales), la causa principal es realizar trabajos urgentes que no se tienen previstos y el tiempo prolongado para asignar otras actividades o la Espera de asignación de trabajo (3.2%)	Se dará seguimiento a Kanban Board y se diseñará una estrategia para su correcta aplicación y eliminar tiempos de espera.
3. Limpieza Cónico	Se invierten 734 minutos mensuales (4.3% de los paros totales), en consecuencia, las piezas procesadas salen con manchas o quemadas (2.9% de los paros totales), los operarios al no tener la herramienta adecuada no realizan una limpieza eficiente, lo cual provoca la acumulación de residuos y posteriormente hacer más difícil la tarea.	Sustitución de Herramienta (Pica hielo y cepillo manual), se comenzará a utilizar cepillos tubulares de acero inoxidable para realizar una limpieza eficiente, evitando el desgaste y deformación de los cónicos.
4. Problemas con Stretch	Esta variable (2.27%) es causante de 4 mas (Ajuste de parámetros (3.6%), ajuste de dimensiones (2.63%), separación de registros (1.74%), material fuera de dimensión (2.72%) un 13% en total, y la causa principal es, la descalibración de la maquinaria ACU-GAGE en serigrafía y los criterios de aceptación empleados.	En el proceso del área de serigrafía, se gestionará el mantenimiento a Maquinaria de Medición ACU-GAGE (Añadiendo foto celda "iluminación superior" y calibración), se incrementarán parámetros de aceptación (+ LED, Windows, Flat Graph) y se impartirá una capacitación al personal correspondiente sobre estos parámetros.

 ISSN 2007-8102

2. HACER. Se llevarán a cabo las estrategias necesarias para dar solución a las problemáticas planteadas en la etapa anterior, utilizando las herramientas que se requieran para obtener resultados certeros.

1. Limpieza. Se desarrolló un procedimiento para auditorías internas, Check List de auditoria 6's + Seguridad (clasificación, orden, limpieza, estandarización, disciplina, respeto y seguridad) y el formato para el seguimiento de la auditoría interna, ver figura 3 y figura 4.

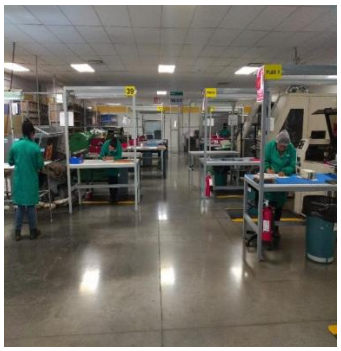


Figura 3. Antes de 6's + seguridad



Figura 4. Después de 6's + seguridad

a. Se proporcionó un curso de capacitación al personal, en el cual se explicó que son las 6's+ Seguridad, para que sirven y como se llevara a cabo su implementación.
b. Se realizó auditoría en la primera semana tiene la finalidad de evidenciar la forma en la cual se está trabajando.
Para la puesta en marcha, se determinó como punto estratégico realizar 2 auditorías por área de semanalmente, de forma interna (Auto evaluación), que será realizada por el supervisor y/o líder del área, quien tiene la función de expresar necesidades del departamento, y la segunda de manera externa, está realizada por personal ajeno al área, quienes proporcionaran a los supervisores, otra perspectiva o aspectos que suelen pasar desapercibidos.

2. Cambio de máquina, espera de asignación o cambio de trabajo. Dada la diferencia entre la cantidad de empleados y maquinaria en el área de Die Cut (Corte con prensa), es común que a los operadores se les cambie de sitio, normalmente cuando un material solo puede ser procesado en un equipo especifico (por las condiciones en las que se encuentra la maquinaria) o bien, por interrumpir el proceso y asignarle otra tarea al empleado, propia o ajena a sus labores (Darle un trabajo urgente no programado), todo esto resultado de una forma de trabajo no establecida o planeada en su totalidad.
Anteriormente en el área ya se había implementado un sistema de producción Kanban, en la cual todos los empleados participaban y la presencia de estas variables era mínima, sin embargo, se dejó de dar seguimiento a este. Contar con un antecedente y metodología de aplicación del sistema Kanban, contribuyo a la obtención rápida de resultados.
En la figura 5 se muestra la reactivación del Kanban Board se llevó a cabo dentro de Die Cut, como área inicial para evaluar la metodología de implementación y mejorarla, hasta establecer la adecuada y poder involucrar a los demás departamentos. El equipo de trabajo está conformado por el supervisor, líder y el practicante del área, cada uno con una responsabilidad para facilitar la implementación del Kanban Board y de las tarjetas Kanban como se muestra en la figura 6.



Figura 5. Tablero Kanban



Figura 6. Tarjeta Kanban

3. Limpieza de cónicos. La limpieza de cónicos se muestra en la figura 7, es una actividad inherente al proceso, pues diariamente debe realizarse esta tarea para evitar el acumulamiento de residuos y/o problemas de calidad, como son piezas manchadas o quemadas.

 ISSN 2007-8102



Figura 7. Limpieza de cónicos



Figura 8. Cónico dañado por limpieza inadecuada

Esta tarea consiste en retirar de los orificios de la plancha metálica los residuos que se desprenden de los materiales que se procesan (Generalmente con adhesivo) y que se impregnan en los costados. La forma en que se lleva a cabo esta actividad hasta el momento es funcional, sin embargo, consume demasiado tiempo al operador, no se realiza una limpieza adecuada e implica daño al cónico debido a la herramienta utilizada (picahielos y cepillo convencional), ver figura 8.

La vida útil de cada cónico en promedio es de 6 - 10 semanas, después de este periodo se remplaza por uno nuevo, los utilizados en las Flex tienen un costo de $150 USD y el que requiere la Preco $234.84 USD. El uso de herramienta inadecuada provoca tener tiempos no controlados para la limpieza, los cuales se ven reflejados en el tiempo de inactividad de la maquinaria y a su vez contribuyen a disminuir la vida útil de los cónicos. Para dar solución a estas dos principales problemáticas se modificó el método de trabajo como se muestra en la figura 9, en el cual se remplazó el picahielos y el cepillo convencional por un cepillo tubular de acero inoxidable como se aprecia en la figura 10, conteniendo las dos características individuales de los anteriores. Todo esto con la finalidad de disminuir el tiempo invertido y el esfuerzo por parte del operador para realizar la limpieza, así como prevenir el deterioro a los paneles.



Figura 9. Método propuesto de limpieza



Figura 10. Cepillo tubular de acero inoxidable

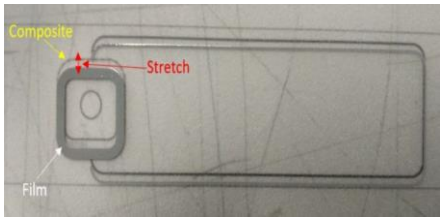


Figura 11. Desfase de pieza en stretch.

4. Problemas con Stretch. Los problemas por Stretch son una de las principales variables que están presentes en los procesos de KDM y que se originan en el área de Serigrafía, consisten en la variación o desfase que existe entre la pieza impresa (proveniente del film) y la pieza maestra (Composite), como se muestra en la figura 11.
Los criterios para validar las medidas en serigrafía son la medición de target y fiducial (comparan la pieza impresa contra en composite), pues se asimila que al tener correctos estos parámetros el contenido del interior debe ser exacto. A su vez, estos puntos de referencia son utilizado es Die Cut para realizar el proceso de corte, pues tienen la función de alinear la pieza contra el molde o el programa para corte en laser y realizar un corte limpio y sin problemas. En Die Cut, a diferencia de serigrafía se miden piezas individuales (UPS) y no piezas Completas (pases), lo cual implica que las medidas que se toman para validar una pieza sean diferentes a las del área predecesora figura 12.

La tolerancia con la que se trabaja es en promedio de ± 0.005”, sin embargo, durante el mes de septiembre y octubre comenzaron a detectarse más casos de piezas que presentaban variación, viéndose afectado el objetivo de calidad HIR ≤ 9 y la presencia de Down Time en el área de Die Cut (un 13%), pues si las medidas varían, el tiempo de ajuste por parte de los operadores aumenta. La causa a la cual se atribuye principalmente este problema es al equipo de medición (ACU-GAGE) que se encuentra en serigrafía, pues presentaba una des calibración de 0.003”, es decir, si serigrafía enviaba un material con una variación de +0.004” (Dentro de las

 ISSN 2007-8102

tolerancias) en Die Cut la Maquina de medición arrojaba un valor de +0.007" (fuera de tolerancia), en la figura 13 se mencionan los nuevos criterios de validación para las piezas.

Como acción correctiva se modificó el método y se notificó al departamento de Mantenimiento, solicitando la calibración de la máquina y que se agregue fotocelda en la parte superior como se muestra en la figura 14 y se reemplazaron las bombillas inferiores para una adecuada iluminación, además se tomó la decisión de agregar 3 criterios más de aprobación (+ LED, Window, Flat Graph) en el formato 140MFG-SP0003 (BI) Rev.H0 Revisión de Stretch y Grafico en serigrafía, para disminuir la variabilidad en las medidas que se evalúan en corte.

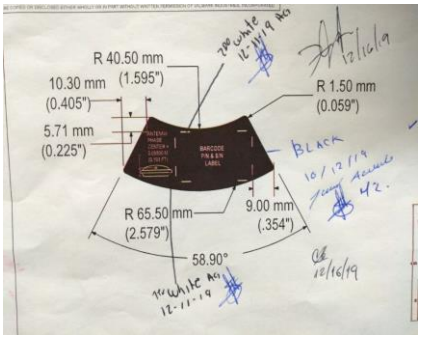


Figura 12. Medidas en Die Cut

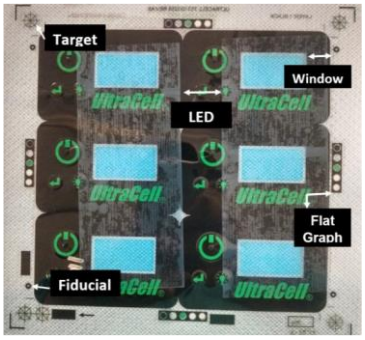


Figura 13. Nuevos Criterios de validación de piezas.



Figura 14. Inclusión de fotocelda

3. VERIFICAR. Una vez realizada la aplicación de las propuestas por un tiempo, se realiza la comparación Antes vs Después del desempeño de las áreas de trabajo en diferentes en diferentes aspectos. Como se muestra en la tabla 2. Con este comparativo se determina si realmente funciona o no el cambio ejecutado. Verificar los resultados permitirá probar la validez del plan, buscando señales de progreso y éxito, o problemas y áreas que necesiten ser mejorados.

4. ACTUAR. Se muestran las conclusiones, si la solución planteada entregó algunos resultados significativos y es rentable, se mantiene, De lo contrario, es recomendable investigar otra vía para solucionar la problemática o identificar una solución más factible.

Tabla 2. Comparativa de indicadores de productividad.

Septiembre		*Diciembre*		Diferencia
Eficiencia del trabajador	92.17%	*Eficiencia del trabajador*	93.50%	+1.33%
Calidad	96.71%	*Calidad*	97.58%	+0.87%
Productividad	79.13%	*Productividad*	75.29%	-3.84%
Disponibilidad de Maquinaria Operativa	62.70%	*Disponibilidad de Maquinaria Operativa*	72.00%	+9.30%
Disponibilidad de Maquinaria General	34.28%	*Disponibilidad de Maquinaria General*	36.71%	+2.43%
OEE Operativo	47.98%	*OEE Operativo*	52.90%	+4.91%
OEE General	26.23%	*OEE General*	26.97%	+0.74%

Nota: El descenso de la productividad se debe a que, la demanda de la empresa ha bajado en los últimos 3 Meses.

Resultados y discusión.

Al aplicar 6´s + seguridad en el área de trabajo, se facilitó la aplicación de cualquier otra propuesta de mejora, mostrados en la figura 15, aunado a esto, se realizaron pequeños pero significativos cambios, que coadyuvaran al cumplimiento de los objetivos. Uno de ellos fue la sustitución de la herramienta con la que realizan la limpieza de cónicos, esta actividad aparentemente insignificante, resulto ser un factor que repercute directamente en la calidad del producto y que está presente día con día en el proceso del área de corte, ver figura 16 y figura 17.

El uso de Kanban permitió mejorar el control del avance del trabajo, disminuyendo cuellos de botella y tiempos de espera. En el caso de los problemas con stretch, el mantenimiento, uso de indicadores visuales y uso de nuevos parámetros de aceptación mejoraron el resultado del proceso, disminuyendo retrasos por correcciones en procesos subsecuentes.

 ISSN 2007-8102

En términos generales, con la implementación de mejoras se esperaba reducir un 30% aproximadamente los paros en el proceso y se logró disminuir un 48% para el mes de diciembre, pasando de 17,084 minutos mensuales a 8,192 minutos por el alcance que tuvieron las modificaciones en otros aspectos del proceso, tales como control de calidad.

Por otro lado, se pensaba la utilización de la maquinaria incrementaría hasta un 10%, sin embargo, solo se logró un 9% aproximadamente, no obstante, se espera que los resultados mejoren una vez que las implementaciones anteriores tengan un cimiento firme y se vuelvan un hábito. Se espera que el desarrollo de estos proyectos de mejora, en colaboración con supervisores del área de Ensamble, Empaque y Die Cut, genere un ahorro total de $12,691.69 USD para el año 2020.

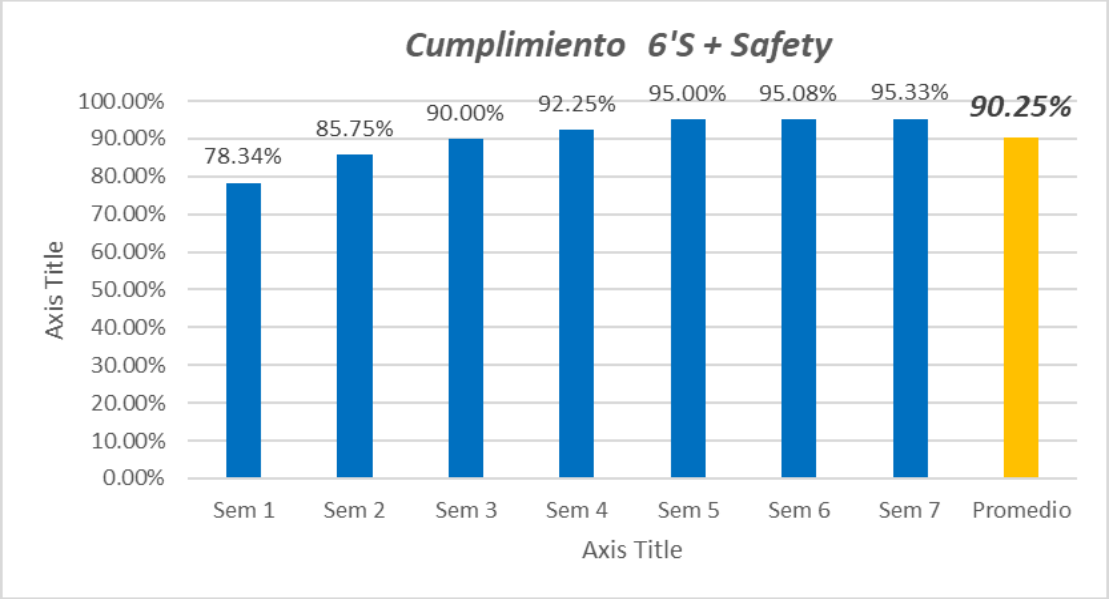


Figura 15. Nivel de cumplimiento de 6's + seguridad



Figura 16. Limpieza con método anterior

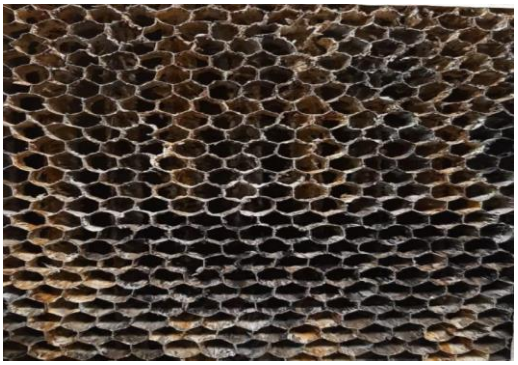


Figura 17. Limpieza con método propuesto

Trabajo a futuro

La estructura de este trabajo será una opción para el desarrollo de eventos Kaizen, tanto en el área de Die Cut como en otras áreas en la cuales se requiera. Para una correcta implementación del programa 6´s + seguridad, se deberá dar seguimiento y retroalimentación sobre el avance, inquietudes o aportes e implementar en todas las áreas de la empresa tomando como base los lineamientos establecidos anteriormente. Para el correcto seguimiento del Kanban Board, es necesario seguir los lineamientos establecidos en la metodología. Al menos una vez por mes realizar una reunión con los participantes para generar la retroalimentación y seguir mejorando la metodología.

Conclusiones

Este trabajo se centró en la identificación de tiempos de inactividad que afectan directamente a la utilización de la maquinaria, y de todas las variables que no agregan valor al producto y que limitan la capacidad productiva. La finalidad de implementar herramientas Lean radica en la premisa de que “Todo puede hacerse mejor” de tal manera que en la empresa exista una búsqueda continua de oportunidades de mejora.

Agradecimientos

A la carrera de Ingeniería Industrial del Instituto Tecnológico Superior de Huauchinango por el apoyo y las facilidades en el desarrollo de este proyecto, así mismo, agradezco el trabajo colegiado de los miembros del Cuerpo Académico Tecnología Aplicada con número de registro ITESHUAU-CA-2.

Referencias

[1] J. C. Hernández, EOI Foundation. Lean Manufacturing. Concepts, techniques and Implantation. Madrid 2013.

[2] H. Gutiérrez. Total quality and productivity, Third edition, México, D.F., McGraw-Hill, 2010.

[3] M. Rajadell and J.L. Sanchez. Lean Manufacturing: The evidence of a need, Albasanz, Madrid, Editions Díaz de Santos 2010.

[4] L. Soconini. Lean Manufacturing Step by Step.México 2012.

[5] E. Roqueme and L. Suarez. Implementation of Lean Methodology for process improvement commercial of the SME Tres60 logistics, Bogotá DC, Universidad Militar Nueva Granada 2015.

[6] A. Bartés. Statistical Methods. Quality control and improvement, 1998.

[7] k. Ishikawa. What is total quality control? The Japanese mode,1986.

[8] A. Villaseñor and E. Galindo. Lean Manufacturing Manual Basic guide. Mexico: Limusa 2009.

[9] A. S. Tejada. Lean Manufacturing Improvements in Productive Systems. Sciences and Society, 2011.

[10] M. Wilches and J. Cabarcas. Aplicación de herramientas de manufactura esbelta para el mejoramiento de la cadena de valor de una línea de producción de sillas para oficina. Dimensión empresarial 2013.

Diseño de un Sistema de Edificación Activado Térmicamente para su uso en viviendas

M. M. Villar Ramos[1], E. V. Macías Melo[1], I. A. Hernández Pérez[1], I. Y. Pérez Olán[1], K. M. Aguilar Castro[1]*
[1]División Académica de Ingeniería y Arquitectura, Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. Carretera Cunduacán - Jalpa de Méndez Km 1, C.P. 86690, Cunduacán, Tabasco, México
**mariamvillarramos@gmail.com*

***Área de participación**: Ingeniería Industrial*

Resumen
Se presenta el análisis paramétrico de un techo con tubos intercambiadores de calor embebidos en concreto con la ayuda de Matlab®**,** como herramienta de Dinámica de Fluidos Computacional (CFD). En el estudio se analizó el comportamiento de la temperatura en la superficie interior del techo cuando se varía el diámetro de tubería, la separación entre tubos, la profundidad en la losa, el flujo y el fluido. Para ello, se realizó la simulación de 28 casos de estudio comparados con una losa de referencia, considerando la factibilidad de la construcción de la losa en la configuración propuesta. Como resultado se obtuvo una disminución de la temperatura en la superficie interior de hasta 30°C utilizando el Caso 18 y agua como fluido de trabajo. Estos resultados indican que incluir tubos intercambiadores en una losa de concreto ayuda a disminuir las ganancias de calor en la superficie interior de una losa.

***Palabras clave**: Confort térmico, tubos embebidos, TABS, techo.*

Abstract
The parametric analysis of a roof with heat exchanger tubes embedded in concrete with the help of Matlab®, as a Computational Fluid Dynamics (CFD) tool, is presented. The study analyzed the temperature on the roof's interior surface when the diameter of the pipe, the separation between pipes, the depth in the slab, the flow, and the fluid were varied. For this purpose, the simulation of 28 case studies compared with a reference slab was analyzed, considering the feasibility of constructing the slab in the proposed configuration. As a result, a decrease in the temperature on the interior surface of up to 30°C was obtained using Case 18 and using water as the working fluid. These results indicate that including heat exchanger tubes in a concrete slab helps decrease heat gains on a slab's interior surface.

***Key words**: Thermal comfort, embedded pipes, TABS, roof.*

Introducción
Una edificación es una construcción o un recinto hecho de diferentes materiales destinado para ser habitado, por lo que una vivienda se considera una edificación. Las principales ganancias de calor se obtienen a través del techo de una edificación debido a su geometría y orientación, cuando esta no se encuentra con un sombreado. Para mitigar los efectos del clima en el interior de las edificaciones se han buscado técnicas pasivas de ventilación. Estas técnicas contribuyen a reducir o aumentar las cargas térmicas en las edificaciones y mitigar el consumo global de energía. Los sistemas de construcción activados térmicamente (TABS, por sus siglas en inglés) son parte de las técnicas pasivas para mitigar las ganancias o pérdidas de calor, mediante tubos intercambiadores de calor embebidos en techos, pisos o paredes. En el interior de los tubos intercambiadores de calor comúnmente se hace circular agua o aire, para mejorar la temperatura ambiente al interior de una edificación.

El comportamiento de los sistemas de construcción activados térmicamente, como los tubos embebidos en losas y paredes de concreto, han sido estudiados principalmente en climas cálidos como en el continente asiático [1]. Shen y Li [2] emplearon y validaron un modelo numérico con datos experimentales, sobre la transferencia de calor a través de la envolvente de un edificio con tubos embebidos, en diferentes ciudades de China. Los autores obtuvieron una reducción de la ganancia de calor de hasta 17.4 kW h por metro cuadrado. Posteriormente, Shen y Li [3] propusieron adaptar bombas a un sistema de tubos embebidos en la pared de un edificio, para generar agua caliente a baja temperatura y disminuir el consumo de energía en invierno de las ciudades propuestas. Shen y Li [3] simularon la transferencia de calor dinámica en el sistema propuesto, en donde obtuvieron que el 84% de

 ISSN 2007-8102

la transferencia de calor sobre la superficie interna puede disminuir, y que el sistema es efectivo como un sistema auxiliar de calefacción para regiones frías.

Considerando las aplicaciones de los sistemas TABS, así como, el incremento de la temperatura en el interior de una vivienda en climas cálidos surge la inquietud de analizar el comportamiento de un sistema de construcción activado térmicamente bajo condiciones de altas temperaturas. Esto con la finalidad de disminuir el consumo de energía para ventilación y mejorar el confort térmico entre sus ocupantes. Por lo que, en este trabajo se presenta el análisis paramétrico de una losa con tubos intercambiadores de calor embebidos en una losa de concreto bajo condiciones de un clima cálido húmedo de México utilizando Matlab®**,** como herramienta de Dinámica de Fluidos Computacional (CFD).

Metodología

Modelo físico

En la Figura 1 se muestra el modelo físico bidimensional (eje x, y) de la losa de concreto de referencia, la cual, mide 0.15 m de espesor y 1 m de longitud. Mientras que, en la Figura 2 se presenta el modelo físico bidimensional de un techo con tubos intercambiadores de calor, embebidos en la losa de concreto. El techo está expuesto a condiciones ambientales del clima cálido húmedo de la ciudad de Cunduacán, Tabasco, con valores de irradiancia máxima promedio ($I_{máx}$) de 1055.50 W m^{-2} y una temperatura del ambiente exterior máxima promedio de 39.5°C ($T_{\alpha\text{-}ext}$), de las estaciones más calurosa de la región (primavera y verano). Estos valores fueron obtenidos de una estación meteorológica ubicada en el Centro de Investigación de Ciencia y Tecnología Aplicada de Tabasco. El valor de absorbancia solar de la superficie exterior de la losa de concreto (α_{se}) fue de 0.70, que corresponde a un recubrimiento reflectivo rojo terracota y la conductividad térmica del concreto ($\lambda_{concreto}$) de 1.28 W m^{-1} K^{-1}. La superficie interior de la losa se encuentra en interacción con la temperatura del aire ambiente de una habitación a una temperatura constante de 25°C ($T_{\alpha\text{-}int}$). Se considera que la transferencia de calor en la superficie exterior e interior de la losa se presenta por convección, representada por un coeficiente convectivo en el exterior (h_e) y un coeficiente convectivo en el interior (h_i), de acuerdo con la NOM-020-ENER-2011 [4]. Las propiedades termo físicas del concreto y del fluido en la superficie interior y exterior de la losa se enlistan en la Tabla 1 [4]. Para el estudio del fluido que circula por los tubos intercambiadores de calor, se consideraron las propiedades termo físicas del agua y del aire a 25°C para determinar los valores de los coeficientes convectivos en el interior de la tubería (h_F). Estos valores se determinaron utilizando las correlaciones de convección forzada en flujo interno para tubos circulares [5]:

- Correlación de Hausen. Para régimen laminar con un Re<1000.
- Correlación de Diffus-Boelter. Para régimen turbulento con un Re>1000.

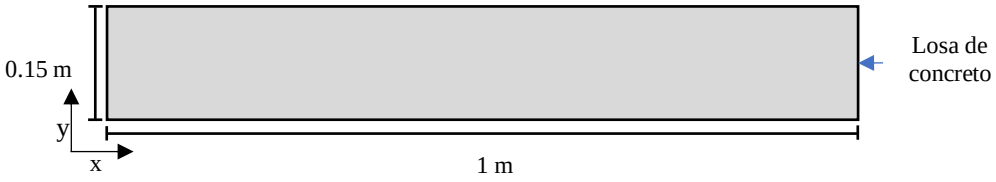


Figura 1. Modelo físico de losa de referencia.

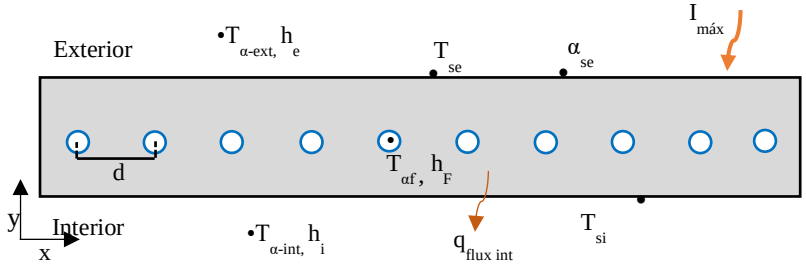


Figura 2. Modelo físico de una losa de concreto con tubos intercambiadores de calor propuesto.

 ISSN 2007-8102

Tabla 1. Propiedades termo físicas del concreto y el ambiente.

$\lambda_{concreto}$ (W m^{-1} K^{-1})	α_{se}	h_e (W m^{-2} K^{-1})	h_i (W m^{-2} K^{-1})
1.28	0.7	13	6

Con el fin de identificar la mejor configuración del techo con sistema embebido, se realizó un análisis paramétrico donde se consideró: una losa de concreto de 0.15 m de espesor y una longitud de 1 m, en donde se propusieron tubos de 0.0127 m (½") y 0.0254 m (1") de diámetro interno, separación entre tubos de 0.10 y 0.20 m, dejando una distancia de 0.05 m entre la orilla lateral de la losa y el tubo; y la distancia o espesor con respecto a la losa de concreto en el eje y fueron de 0.05, 0.075 y 0.10 m. Este último, con el fin de identificar la mejor ubicación de la tubería en el eje *y*, que permita minimizar las ganancias de calor hacia la superficie interior de la losa de concreto. En el interior del tubo intercambiador de calor circula agua o aire a un flujo 0.20 y 0.40 m^3 h^{-1} [6].En la Figura 3 se muestra las principales variables del estudio paramétrico del diseño de losa propuesta.

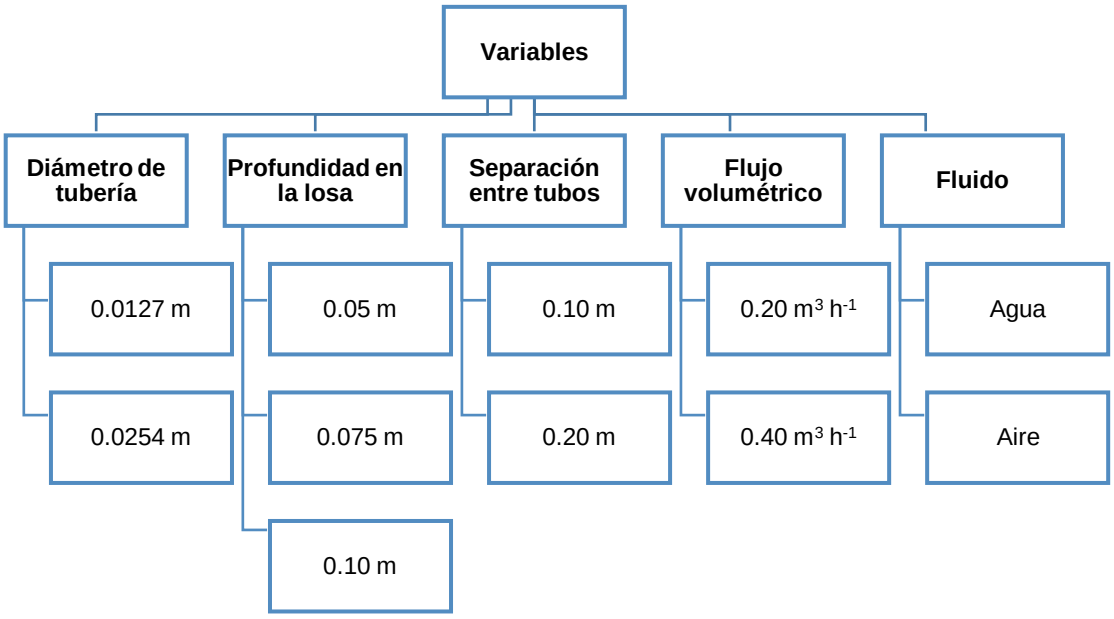


Figura 3. Variables de estudio en el diseño de losa propuesta.

Simulación en PDE modeler Matlab ®

Para realizar la identificación de la mejor configuración del techo embebido se utilizó el simulador de ecuaciones diferenciales parciales de Matlab® (*PDE,* por sus siglas en inglés), considerando el modelo físico de la losa de concreto con intercambiadores de la Figura 2. Esta herramienta es un solucionador de ecuaciones en derivadas parciales que utiliza el método de elemento finito (FEM, por sus siglas en inglés) para problemas definidos en dominios acotados en el plano. La ecuación que resuelve es la ecuación de difusión de calor con condiciones de frontera convectivas y radiativas. En la simulación se consideró lo siguiente:

- Las fronteras laterales Este y Oeste son consideradas como adiabáticas.
- La superficie exterior de la losa tiene interacción con la Irradiancia solar a través de la cubierta reflectiva, establecida como rojo terracota.
- La temperatura del aire interior y del fluido de trabajo es un valor constante.

A continuación, se describe el procedimiento que se llevó a cabo para realizar las simulaciones en la aplicación PDE modeler de Matlab ® en 2-D.

1. Se dibujo la geometría de losa propuesta en 2-D, se especificó las medidas de la losa de concreto; posición de los tubos intercambiadores de calor, diámetro y separación entre tubos.
2. Se especifican las condiciones de frontera, en donde se eligió una condición de frontera de segundo grado para cada una de las fronteras. Se calculan y establecen los valores de coeficientes de transferencia de calor, mediante la ecuación de condición de frontera y las propiedades termo físicas de las superficies y del ambiente.
3. Se estableció el tipo de ecuación como elíptica y el coeficiente de conducción de calor del concreto.
4. Se aplica la generación de malla y un refinado de la malla.
5. Se aplica resolver solución.
6. Se especifica la propiedad a graficar (temperatura).
7. Para extraer los datos de temperatura promedio en la superficie exterior (T_{se}) y temperatura promedio en la superficie interior (T_{si}) de la losa de concreto, se exporta la malla y la solución en una matriz de puntos, y se extrae en una hoja de datos en Excel. Los datos de temperatura obtenidos se grafican y se calcula en flujo de calor en la superficie interior de la losa ($q_{flux\ int}$).

Resultados y discusión

Se realizaron simulaciones con un total de 28 casos de estudio más el caso de referencia y para cada caso se obtuvo el perfil de temperaturas en función de la posición. En la Tabla 2 se presentan las combinaciones del diseño experimental y los resultados obtenidos de la simulación del TABS, así como de la losa de referencia (CR).

En los resultados obtenidos que se presentan en la Tabla 2, bajo las condiciones ambientales del clima propuesto, se puede observar que la superficie exterior de la losa de referencia alcanza una temperatura promedio de 80.5°C y en la superficie interior de la losa una temperatura promedio de 56.3°C, con un flux de calor promedio en la superficie interior de 206.4 W m^{-2}. Con el diseño propuesto de TABS y con el agua como fluido de trabajo se puede observar que la temperatura mínima promedio de la superficie interior de la losa fue 28.2°C, la temperatura mínima promedio en la superficie exterior de 51.4°C con un flux de calor mínimo de 20.8 W m^{-2}, cuando la tubería aumento de 0.0127 a 0.0254 m. Conforme se cambia la ubicación de los tubos intercambiadores de calor embebidos en la losa de concreto de 0.05 a 0.10 m, la temperatura promedio de la superficie interior de la losa desciende. Esto sucede cuando los tubos intercambiadores son colocados cerca de la superficie exterior de la losa, en donde se presenta la mayor transferencia de calor con el ambiente exterior. Mientras que, cuando la separación entre tubos aumenta de 0.10 a 0.20 m, se observa un aumento de hasta 6°C en la temperatura promedio de la superficie interior de la losa. Por otra parte, se puede observar que al variar el flujo de agua de 0.2 a 0.4 m^3 h^{-1}, estos cambios se consideraron pocos significativos debido a que la diferencia entre las temperaturas promedio de la superficie interior de la losa fueron menores a 1°C. Una vez realizadas las combinaciones para el agua (Caso 1 - 24), fueron seleccionados los mejores casos en donde la temperatura promedio de la superficie interior de la losa fue menor de acuerdo con los criterios normativos de la construcción en México [7]. Los casos seleccionados se utilizan para realizar las simulaciones con aire como fluido de trabajo (Caso 25 - 28). De los Casos 25 al 28, se observa que la temperatura mínima promedio en la superficie exterior de 73.5°C, mientras que en la superficie interior es de 46.5°C, con un flujo de calor promedio en la superficie interior de 141.6 W m^{-2}.

Con el diseño propuesto de un TABS se observó que, cuando el fluido es aire la temperatura en la superficie exterior e interior de la losa puede disminuir hasta 7 y 9.8°C respectivamente, y el flujo de calor en el interior fue de 64.8 W m^{-2}. Mientras que, con el agua como fluido de trabajo la temperatura de la superficie exterior e interior presento una diferencia de temperatura de hasta 29.4 y 28.1°C respectivamente. Con respecto a la ganancia de calor de la superficie interna de la losa, se observó que esta puede disminuir hasta 185.6 W m^{-2}, todo esto comparado con la losa de referencia. Con lo anterior se pudo observar que el efecto del flujo sobre la temperatura promedio en la superficie interior de la losa es poco significativo, debido a que los cambios en la temperatura fueron menores a 1°C.

 ISSN 2007-8102

Tabla 2. Tabla de resultados promedios de la simulación de un TABS y la losa de referencia.

# Caso	Diámetro (m)	Profundidad (m)	Separación (m)	Flujo Volumétrico ($m^3\ h^{-1}$)	Fluido	T_{se} (°C)	T_{si} (°C)	$q_{flux\ int}$ ($W\ m^{-2}$)
CR	-	-	-	-	-	80.5	56.3	206.4
1	0.0127	0.05	10	0.2	Agua	64.3	30.6	37.0
2				0.4		63.7	29.7	31.1
3			20	0.2		67.7	35.8	71.5
4				0.4		66.9	34.8	64.4
5		0.075	10	0.2		60.2	30.9	38.9
6				0.4		59.4	30.0	32.3
7			20	0.2		64.5	36.2	73.9
8				0.4		63.5	35.1	66.7
9		0.10	10	0.2		54.9	31.2	41.0
10				0.4		53.8	30.3	34.7
11			20	0.2		60.6	36.8	77.6
12				0.4		59.4	35.7	70.5
13	0.0254	0.05	10	0.2		62.6	28.4	22.5
14				0.4		62.4	28.2	20.8
15			20	0.2		65.4	33.0	52.9
16				0.4		65.5	32.7	50.6
17		0.075	10	0.2		57.9	28.5	23.3
18				0.4		57.6	28.3	21.5
19			20	0.2		61.9	33.1	53.4
20				0.4		61.5	32.7	51.1
21		0.10	10	0.2		51.8	28.8	25.3
22				0.4		51.4	28.6	23.6
23			20	0.2		56.7	33.7	57.7
24				0.4		55.9	33.7	57.7
25	0.0127	0.075	10	0.2	Aire	76.3	50.7	169.8
26				0.4		77.9	52.9	184.2
27	0.0254		20	0.2		73.5	46.5	141.6
28				0.4		76.0	50.0	165.0

En la Figura 4 se presentan los perfiles de temperatura del Caso 18, Figura 4(b) y Caso 27, Figura 4(c) en comparación con la losa de referencia, CR, Figura 4(a). Los casos 18 y 27 fueron seleccionados debido a su comportamiento térmico y porque su configuración permite una implementación estructural adecuada, para su construcción. En la figura 4 se puede observar que en la superficie interior del Caso 18 se pueden alcanzar temperaturas de hasta 30°C y comparado con el Caso 27 se alcanzan temperaturas de hasta 50°C, mientras que la losa de referencia puede alcanzar temperaturas de hasta 60°C. De acuerdo con los perfiles de temperatura presentados en la Figura 4, se puede observar que se obtiene una disminución de temperatura mayor cuando el fluido de trabajo es agua que cuando se trabaja con aire, lo cual, se atribuye a que los coeficientes convectivos de los líquidos son más altos que para los gases. Estos resultados nos muestran que, si se utilizara un Sistema Térmicamente Activado, se podría obtener una disminución significativa de hasta 30°C en la superficie interior de una losa, ayudando a disminuir las ganancias de calor y mejorar el ambiente en el interior de un recinto.

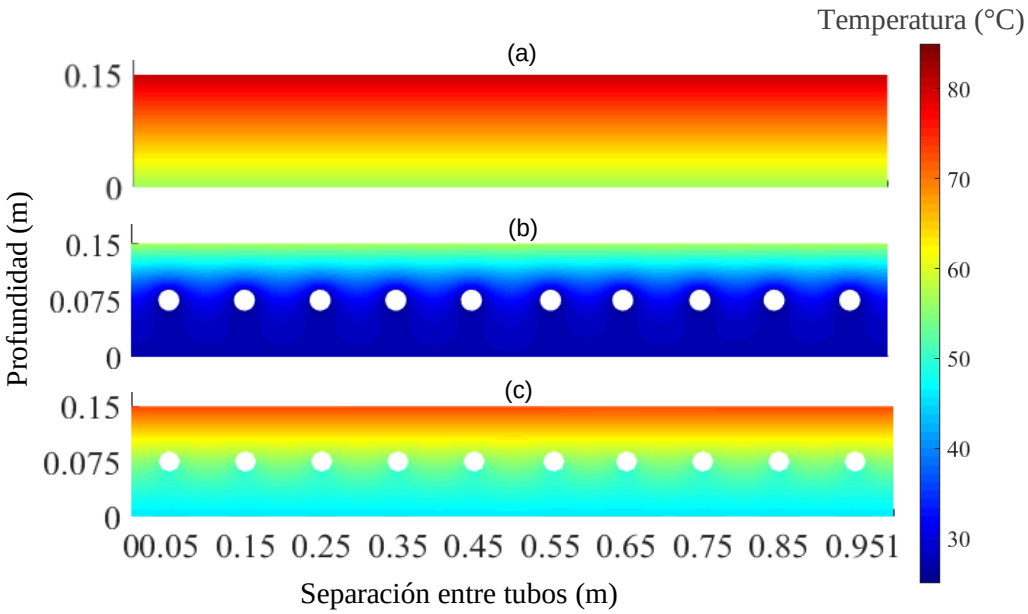


Figura 4. Perfil de temperatura de los casos, (a) Caso CR, (b) Caso 18, (c) Caso 27.

Trabajo a futuro

Se pretende realizar la implementación física de una losa de concreto con tubos intercambiadores de calor embebidos bajo condiciones climáticas reales.

Conclusiones

En este trabajo se presentaron los resultados del análisis paramétrico de un techo con intercambiadores de calor embebidos en concreto comparado con un techo de referencia. Los resultados obtenidos nos muestran la influencia que tiene cada una de las variables, en donde se pudo obtener las mejores configuraciones para cada uno de los fluidos de trabajo en los tubos intercambiadores de calor. Se observó que la temperatura promedio en la superficie interior de una losa de concreto disminuye hasta 30°C, esto para el Caso 18 (tubos de 0.0254 m de diámetro, con una profundidad de 0.075 m, una separación de 0.10 m y el agua como fluido de trabajo). con el uso de tubos embebidos en el concreto. Los resultados nos indica que, si se utilizará un sistema TABS como el propuesto, que ayuden a disminuir las ganancias de temperatura y de flujo de calor al interior de un recinto.

Referencias

[1] X. Xu, S. Wang, J. Wang, y F. Xiao, “Active pipe-embedded structures in buildings for utilizing low-grade energy sources: A review”, *Energy and Buildings*, vol. 42, núm. 10. Elsevier B.V., pp. 1567–1581, 2010.

[2] C. Shen y X. Li, “Dynamic thermal performance of pipe-embedded building envelope utilizing evaporative cooling water in the cooling season”, *Appl. Therm. Eng.*, vol. 106, pp. 1103–1113, 2016.

[3] C. Shen y X. Li, “Energy saving potential of pipe-embedded building envelope utilizing low-temperature hot water in the heating season”, *Energy Build.*, vol. 138, pp. 318–331, 2017.

[4] S. de E.-C. N. para el A. de E.-C. C. N. de N. para la P. y U. R. de los R. E. (CCNNPURRE), *NORMA Oficial Mexicana NOM-020-ENER-2011, “Eficiencia energética en edificaciones.- Envolvente de edificios para uso habitacional”*. México, 2011.

[5] C. Mataix, *Mecánica de Fluidos y Máquinas Hidráulicas*. Marcombo, 2004.

[6] L. Su, N. Li, X. Zhang, Y. Sun, y J. Qian, “Heat transfer and cooling characteristics of concrete ceiling radiant cooling panel”, *Appl. Therm. Eng.*, vol. 84, pp. 170–179, 2015.

[7] Órgano de Difusión del Gobierno de la Ciudad de México, 2017. Reglamento de Construcciones del Distrito Federal. Gac. Of. del Dist. Fed. 96-BIS.

Implementación de metodología ERIM para incremento de producción en área de acabado de rotores

E.A. Vázquez Hernández[1], G. García Liñán[1], P. J. García Zugasti[1], J.G. Sandoval Granja[1] y L.A. Renovato Rivera[1]*
[1]Departamento de Metal-Mecánica, Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico de San Luis Potosí, Av. Tecnológico S/N, Soledad de Graciano Sánchez, C.P. 78437, San Luis Potosí, México

enrique.vh@slp.tecnm.mx

***Área de participación**: Ingeniería Industrial*

Resumen

El presente proyecto se efectuó en una empresa del ramo automotriz dedicada a la manufactura de alternadores y marchas, dicha empresa presentaba en una de sus áreas más críticas e importantes baja eficiencia en su producción, a causa de la falta de disponibilidad de los equipos, paros no programados y movimientos innecesarios que realizaba el personal en sus áreas de trabajo, por lo cual para solucionar dicha problemática, se llevó a cabo el desarrollo de la metodología ERIM, la cual está basada en una filosofía de gestión del mantenimiento; el TPM (del inglés *Total Productive Maintenance*), el cual, a través de su adecuada implementación, permitió obtener resultados destacados, como fue el aumento de productividad, fiabilidad en los equipos y calidad en los productos, así como la reducción de mantenimientos correctivos, tiempos y costos operativos.

***Palabras clave**: ERIM, Fiabilidad, TPM*

Abstract

This project was carried out in a company in the automotive industry dedicated to the manufacture of alternators and gears, said company presented in one of its most critical and important areas low efficiency in its production, due to the lack of availability of the equipment, stoppages unprogrammed and unnecessary movements carried out by personnel in their work areas, for which to solve this problem, the development of the ERIM (Equipment Reliability Improvement Management) methodology was carried out within the company, which is based on a maintenance management philosophy; the TPM (Total Productive Maintenance), which, through its proper implementation, allowed to obtain outstanding results such as increased productivity, equipment reliability and product quality, as well as the reduction of corrective maintenance, times and operating costs.

***Key words**: ERIM, Reliability, TPM*

Introducción

La metodología ERIM denominada así dentro de la empresa por sus siglas en inglés *Equipment Reliability Improvement Management*), que en español significa “Administración de la Mejora de la Fiabilidad de los Equipos”, es un proceso administrativo que se basa en la filosofía del Mantenimiento Productivo Total. Ambos métodos implican la participación total del personal por parte de la empresa, no sólo del personal de mantenimiento, como se tiene pensado erróneamente. El objetivo principal del ERIM, es mantener los equipos en total disposición con un

alto grado de fiabilidad, para lograr obtener la cantidad máxima de piezas (rotores) con calidad y sin paros no programados **[1, 2].**

Los alcances que tuvo el desarrollo de este proyecto fueron favorables y valiosos tanto para la empresa como para los trabajadores, ya que por un lado a los operadores les permitió mejorar considerablemente su productividad, pues la presencia de numerosos paros no programados, el restablecimiento continuo de máquinas y los retrabajos, llegaban a causar ciertas frustraciones en los trabajadores por no alcanzar sus objetivos y no poder obtener bonificaciones otorgadas por dicho cumplimiento, y por otro lado en la empresa se logró mejorar los indicadores de producción TRP (Tasa Real de Producción) y mantenimiento, el cual consta de dos indicadores; el primero, indicador de mantenibilidad MTTR (*Mean Time to Repair* = Tiempo Medio para restaurar) y el segundo, indicador de confiablidad MTBF (*Mean Time Between Failure*= Tiempo Medio Entre Fallas), que dicha empresa requería para cumplir con la alta demanda de productos de sus clientes.

Durante el desarrollo de la metodología ERIM se observaron varias irregularidades que afectaban a la producción indirectamente, ya que estas anomalías estaban provocando un riesgo principalmente a los operadores y a los equipos, entre ellos riesgos de seguridad (ergonómicos y exposición a contaminantes), por lo que se tuvieron que realizar estudios y algunas mejoras para evitarlos y optimizar la línea para lograr obtener un área de trabajo eficiente y segura. Este proyecto tuvo gran impacto en la zona de estudio, pues además de aumentar el TRP, mejoró el entorno laboral, debido a las condiciones en que se dejaron los equipos.

Antecedentes del problema

Inicialmente, es importante dar a conocer el área de estudio “Rotor Acabado I” donde fue llevado a cabo el proyecto, así como las piezas a obtener en el proceso, con el fin de entender la importancia que tuvo el desarrollo e implementación de la metodología ERIM en la empresa.

La empresa se dedica a la fabricación de alternadores, la cual es proveedora de varios clientes de diferentes partes del mundo. Algunas de las empresas con las que trabaja son: Grupo BMW, Mazda, Suzuki, Volkswagen, Ford, Honda, Toyota, Nissan, Kia, Audi, GM, entre otras.

El alternador es un elemento generador de energía eléctrica, su función principal es convertir energía mecánica procedente del árbol de levas del motor de combustión interna a energía eléctrica para el consumo y la restitución de la carga de la batería del automóvil. Las partes principales que conforman un alternador son los siguientes elementos: polea, carcasa delantera y trasera, rotor, estator, puente rectificador, regulador y una tapa plástica. Dichos elementos pueden apreciarse en la vista explosionada de la Figura 1.

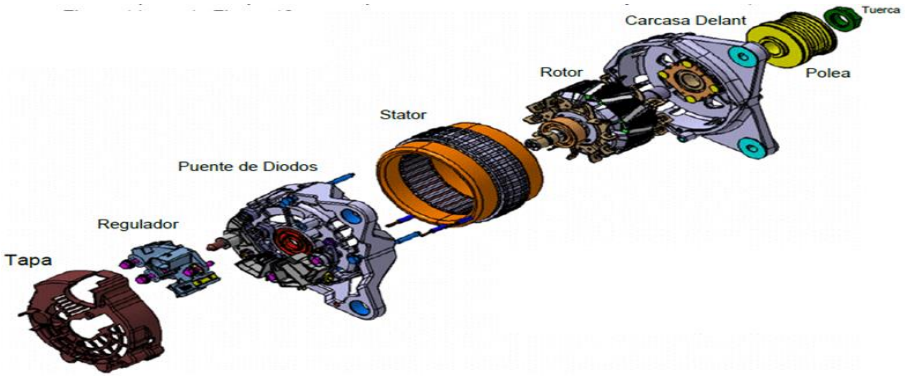


Figura 1. Vista explosionada de un alternador.

El área de estudio corresponde a aquella donde se realiza una de las partes más importantes del alternador: el rotor, cuyo proceso de fabricación es el siguiente:

 ISSN 2007-8102

El rotor se hace mediante el bobinado de hilo de cobre (Figura 2a), el cual se enrolla alrededor de un aislante plástico en bobinadoras manuales, luego este es cubierto por dos garras de acero conocidas como “Polos” (Figura 2b), a los cuales mediante máquinas de prensado se les inserta transversalmente una flecha con colector (Figura 2c) y un anillo de rotación (figura 2d).



Figura 2. a) Proceso de bobinado, b) Inserción de polos, c) inserción de flecha y d) Inserción de anillo de rotación.

Después, a este conjunto se le instala un ventilador (Figura 3a) y se le agrega resina en las terminales del bobinado (Figura 3b) para evitar un posible corto en la pieza. Si el rotor es un modelo especial, antes de entrar al horno se le agregan magnetos y ferritas entre las ranuras que quedan entra la unión de los polos (Figura 3c), con la finalidad de aumentar el campo magnético.



Figura 3. a) Instalación de ventilador, b) Suministro de resina en terminales y c) Inserción de magnetos.

Luego, ese paquete pasa al área de Rotor Acabado I, la primera operación es introducir el paquete al horno (Figura 4a), donde el rotor es impregnado de barniz (agente antioxidante) y por medio de una máquina de grabado, se registra la fecha. Posteriormente, el rotor pasa a una operación de maquinado de polo y anillo para mejorar el acabado superficial, enseguida se le implanta un balero al rotor y es colocado en una máquina para balanceo dinámico (Figura 4b).



Figura 4. a) Introducción al horno y b) Balanceo dinámico del rotor.

Como último paso, para el acabado se realiza un maquinado al colector y enseguida es introducido a una cabina de pintura, dentro de la cual, a través de una cámara de visión se lleva a cabo una

 ISSN 2007-8102

inspección final que permite identificar claramente al operador si el rotor presenta algún defecto por las operaciones efectuadas a lo largo del proceso. En caso de no presentar defectos, el rotor es depositado en contenedores para la siguiente operación de ensamble del alternador.

Como se mencionó anteriormente, el proceso de manufactura de los rotores es extenso que requiere de diferentes operaciones, pero sobre todo de tiempo, pues la pérdida de éste genera una merma de ganancias, así como un aumento de costos operativos para la fabricación de sus productos, y en sus peores casos las pérdidas de los clientes por el desabasto de productos **[2].**

Por esta justa razón la empresa buscó un proceso de mejora continua a través de la implementación de técnicas de mejora como el TPM, KAIZEN, 5 s, para encontrarse totalmente en óptimas condiciones, esencialmente la de sus equipos. Durante varios meses en el área de rotor acabado I, se presentaba una baja productividad de rotores, sin embargo en un principio la disminución de dicho producto, no impactaba tanto a la empresa, debido al stock de material con el que contaba en su almacén de estas piezas para seguir fabricando alternadores, al mismo tiempo durante esta situación, los responsables del área procedieron a revisar los indicadores del área, observando que los indicadores de mantenimiento MTTR y MTBF, estaban también muy bajos debido a varias fallas en los equipos, por lo que se optó en implementar y desarrollar la metodología ERIM en el área.

Descripción de la metodología ERIM

El objetivo principal de la metodología ERIM es reducir o eliminar los paros no programados (fallas de máquina) con el fin de darles mayor fiabilidad a los equipos y de esta manera optimizar las líneas de producción para aumentar la productividad **[3].**

La metodología ERIM, es fundamentada en las bases de la filosofía del TPM **[4]**, el cual es un sistema de gestión que evita todo tipo de pérdidas durante la vida entera del sistema de producción, maximizando su eficacia e involucrando a todos los departamentos y a todo el personal desde operadores hasta la alta dirección. Conlleva una serie de pasos y procedimientos que requieren de tiempo y una preparación cuidadosa, en la Figura 5 se muestra de manera general el proceso de esta metodología con un esquema denominado “Templo ERIM”.

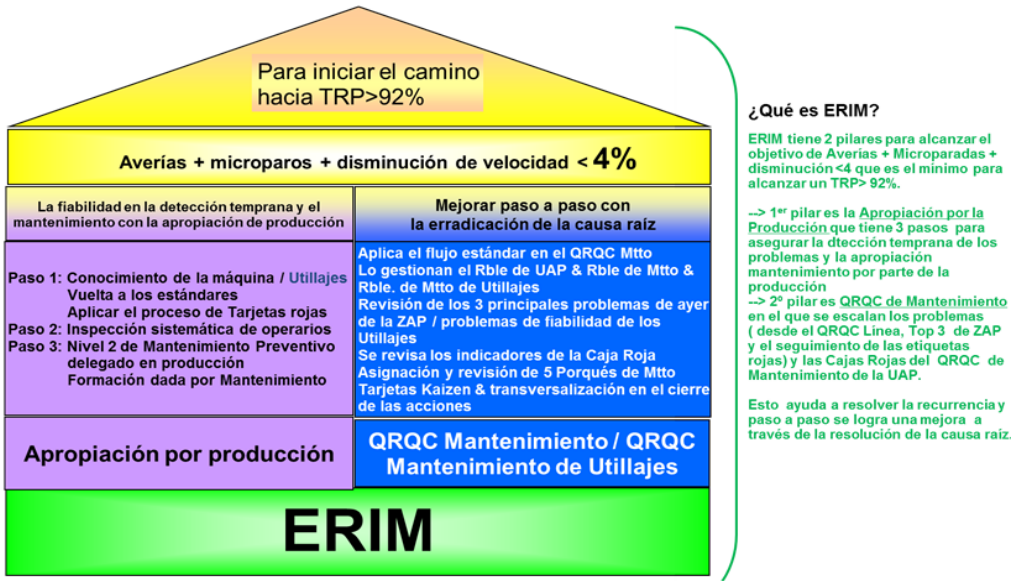


Figura 5. Ilustración del proceso de la metodología ERIM [Elaboración de la empresa].

Planteamiento del problema

Como ya se indicó anteriormente, la línea de rotor acabado I fue seleccionada especialmente porque era un área crítica e importante para la empresa, y la problemática de bajo índice de

 ISSN 2007-8102

producción no permitía alcanzar la demanda que se requería del producto, los indicadores de producción se encontraban muy por debajo de los objetivos planteados por la empresa, por lo que se preparó una gráfica de pérdidas de TRP, en valor de 59.01%, de los últimos meses (Figura 6), en la cual se reflejan los datos obtenidos sobre el comportamiento que ha tenido la línea con respecto a dicho indicador, se observa que en efecto una de las pérdidas que más afectan en la línea es debido a los paros no programados (fallos de máquina), pero también puede observarse que existe un 19% declarado como perdidas desconocidas, según lo que se observaba en la línea era debido a distintos factores, como eran la falta de:

- Capacitación en los trabajadores al realizar los mantenimientos autónomos.
- Refacciones para el mantenimiento preventivo de los equipos.
- Seguimiento de taller de 5´S
- Seguimiento a las fallas de las maquinas
- Retrabajos de material

Todo lo anterior dando lugar claramente a significativas pérdidas para la empresa. Por ello para lograr reducir y eliminar dicha problemática, se ejecutó la implementación del ERIM.

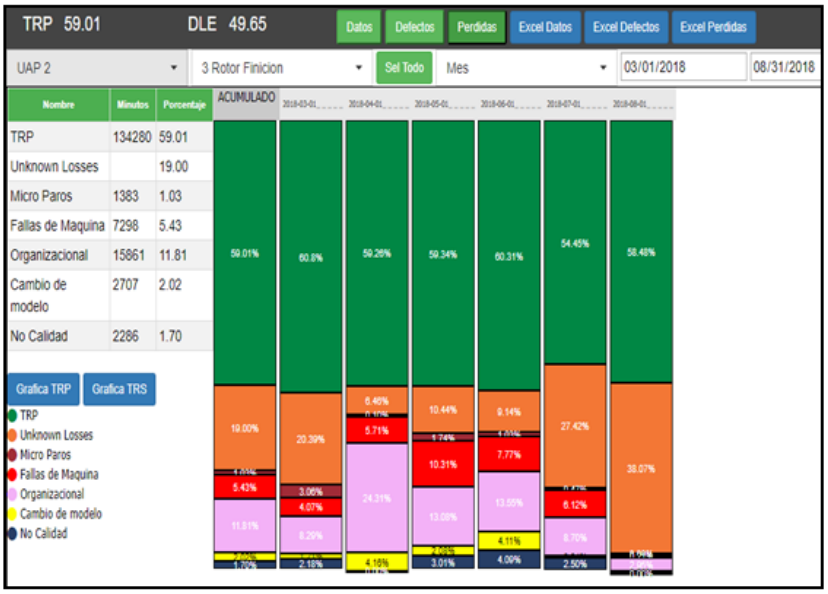


Figura 6. Registro histórico del TRP.

Implementación de Metodología ERIM

El desarrollo del proyecto se efectúa de acuerdo a la metodología ERIM, el cual inició con la preparación del personal de producción, donde se les presentó de manera clara y precisa toda la información y procedimientos necesarios que conlleva el desarrollo de dicha metodología, posteriormente, se efectuó una sesión de limpieza profunda basada en tres pasos:

1) Limpieza total de equipo y área de trabajo: basada en la filosofía 5s que confiere a la elaboración de una limpieza minuciosa en cada máquina, tablero eléctrico, así como el organizar u ordenar el área (Figura 7a).
2) Identificación de fuentes contaminantes: en toda la línea se identifican con el fin de eliminar posibles riesgos principalmente para cuidado de personal y medio ambiente (Figura 7b).
3) Cacería de Riesgos: a través de un procedimiento propio de la empresa, se efectuó un estudio sobre los riesgos encontrados en la línea de producción, los cuales pueden ser de origen químico, eléctrico, mecánico, ergonómico o de seguridad. Dentro de este punto se efectuó un estudio ergonómico para asegurar que las posturas de los operadores fueran las correctas ante las operaciones que realizan para su cuidado personal, y al mismo tiempo, verificar que el

 ISSN 2007-8102

operador no realizara movimientos sobrados que le hagan tener pérdidas de tiempo y que afecten la productividad (Figura 7c y d).



Figura 7. a) Limpieza del área, antes y después, b) Identificación de fuentes contaminantes, c) Ejemplo de riesgos identificados, en este caso, mecánicos y d) Estudio ergonómico a operadores.

Lanzamiento y seguimiento de tarjetas rojas en linea de produccion

Para el registro de toda irregularidad que causaba paro o ralentización en máquinas, se utilizaron tatjetas rojas. Estan eran instaladas en un tablero visible, para que los tecnicos de mantenimiento le dieran solucion en el momento. Luego de darle solucion, se realizaban formatos PDCA/PHVA (Planificar, Hacer, Verificar y Actuar), a través de éstos se exponía la causa raíz de los problemas, las acciones correctivas, los recursos utilizados, la ocurrencia de estas fallas y el aprendizaje que se adquirió al eliminar estas anomalías, para el caso de volver a presentarse dicha situacion, aplicarlo. Estas tarjetas se pueden apreciar en la Figura 8a.

Kaizen cards

Las mejoras en la línea fueron documentadas en formatos denominados *"Kaizen cards"*, las mejoras más trascendentes que se implementaron fueron las siguientes:

- Instalación de manómetros de presión en unidades hidráulicas para evitar caídas de presión y a través de estos controlar y monitorear presiones en niveles adecuados. El formato de *Kaizen Car*d correspondiente a esta mejora se observa en la figura 8b.

- Instalación de gavetas para colocar herramientas de trabajo, ya que no había lugar para situarlas y al encontrarse en el piso podían provocar accidentes.

 ISSN 2007-8102

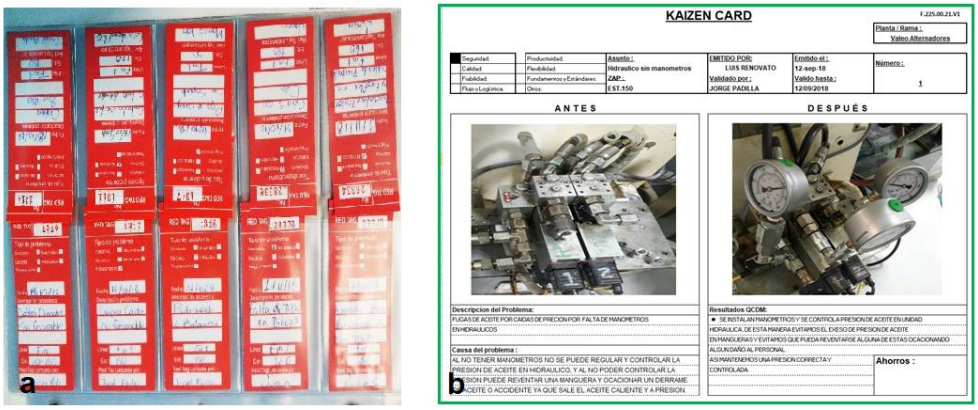


Figura 8. a) Ejemplo de tarjetas rojas utilizadas y b) Formato de *Kaizen Card* para instalación de un manómetro en una de las líneas hidráulicas.

Cumplimiento de mantenimiento

Se monitoreó el mantenimiento diariamente en el software Proteus ®, el cual controlaba el registro de cumplimiento de los mantenimientos preventivos y correctivos de los equipos, además de llevar la administración de refacciones críticas, con el fin de asegurar que a los equipos se les realizara los mantenimientos correspondientes por parte del personal técnico en tiempo y forma.

Revisión sistemática de documentación de área.

Se efectuó una revisión sistemática de los documentos de las áreas, en este caso se tuvieron que realizar nuevos instructivos de mantenimiento de 1er y 2do nivel de todas las estaciones de trabajo, se actualizaron los *checklist* de seguridad de los equipos, así como los instructivos de trabajo, junto con un entrenamiento adecuado a operadores sobre dichos instructivos.

Medición de tiempo ciclo

Se tomaron los tiempos en la línea para verificar si cumplían con el tiempo ciclo de máquina establecido en el software de la empresa, el cual era el tiempo oficial para calcular la capacidad de producción. Éste se encontraba en 12.8 segundos; sin embargo, este tiempo resultó obsoleto debido al envejecimiento de algunos equipos (dando un valor mayor). Además, según lo que se observó, se presentó otro problema: el tiempo estaba basado en un solo modelo de rotor, lo cual era perjudicial para la línea, ya que al ejecutar la medición de tiempos ciclos se obtuvo que el tiempo de máquina variaba según el modelo de rotor que circulaba en la línea, por lo tanto, la producción que se demandaba a la línea no era posible, ya que había productos cuya fabricación demandaba un rango mayor de ese tiempo. Como solución a esto se realizó la validación de un nuevo tiempo ciclo; el cuello de botella era la estación de maquinado de colector con 14.47 segundos, valor real obtenido del promedio de la toma de tiempos de los modelos que transitaban en la línea, como se puede apreciar en la Figura 9.

COMPARATIVA DE TOMA DE TIEMPOS POR MODELO EN LINEA FINICION I

		MODELO						PROMEDIO
No. Est.	Operación	EG18	TG15	TG11/TG12	FG18T	FG12 GM	EG15	TOTAL
1	Estación 130 MAQUINADO DE POLO Y ANILLO	13.66	13.60	12.62	13.47	13.68	13.16	13.37
2	Estación 140 INSERCION DE BALERO	8.01	7.07	7.74	8.70	7.05	7.59	7.69
3	Estación 150 BALANCEADORA	13.35	13.33	14.25	13.34	13.50	13.46	13.54
4	Estación 160 MAQUINADO DE COLECTOR	14.81	13.67	13.95	17.00	14.42	13.00	14.47
5	Estación 170 CABINA DE PINTURA	7.87	7.40	7.35	7.72	8.51	8.26	7.85
6	Estación 130-140 MAQUINADO E INSERCION (TIEMPO OPERACION)	13.32	13.36	12.43	13.24	13.12	13.55	13.17
7	Estación 160-170 MAQUINADO DE COLECTOR Y PINTURA (TIEM. OPERACION)	14.46	13.63	13.52	14.42	13.80	13.15	13.83

Figura 9. Resultados de las mediciones de tiempo ciclo.

 ISSN 2007-8102

Resultados

Con la implementación de la metodología ERIM se logró optimizar la línea, incrementando la producción de piezas y reduciendo los tiempos desaprovechados y costos de operación, especialmente se logró el objetivo principal que se buscaba alcanzar, el cual era el aumento de TRP en la línea, que de un 59.01% se incrementó a un 74.36% (Figura 10). El compromiso y la participación de todo el personal de la línea de producción permitieron crear un mejor ambiente laboral, se aumentó la fiabilidad de los equipos, hubo mayor apropiación de los trabajadores al dar seguimiento a las fallas hasta encontrar las causas raíces. El cierre de tarjetas rojas fue también un logro más, pues se realizaron mejoras en el área, que, de no hacerse, pudieron haber provocado algún daño mayor, tanto a los trabajadores como a los equipos. Asimismo, las *Kaizen Card*s permitieron optimizar aún más la línea, facilitando algunas actividades o funciones de los equipos y trabajadores. Actualmente se mantiene un inventario completo, debido a la cotización y compra de las refacciones críticas que faltaban en la línea. Esto podrá evitar posibles pérdidas de tiempo al momento de efectuar los mantenimientos en la línea de rotor acabado I.



Figura 10. a) Antes y b) Después de la implementación de la metodología ERIM.

Conclusiones

Con la realización de este proyecto se ha contribuido de manera muy significativa en el incremento de producción en una de las áreas más importantes de la empresa; el área de rotor acabado I. Gracias a la participación total de los encargados de esta zona de producción y al seguimiento de dicha técnica, se alcanzaron excelentes resultados de reducción de tiempos, costos, mejoras de seguridad y ergonomía, etc. Como se observó, el utilizar este tipo de metodologías, es un proceso muy eficaz para resolver o reducir dificultades en las líneas de producción, pero que requieren de tiempo y esfuerzo, ya que es un seguimiento constante que demanda una formación de valores de disciplina y respeto, esencialmente en los operadores pues son los que están en contacto directo en el proceso del producto.

Referencias

[1] E. Dounce Villanueva, J. Dounce Tagle, "La productividad en el mantenimiento industrial," Editorial CECSA, México, pp. 25-136, 2015.

[2] Ahuja, I.P.S., Kumar, P., "A case study of total productive maintenance implementation at precision tube mills", *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, , pp. 241-258, 2009.

[3] F.T:S. Chan, H.C.W. Lau, R.W.L. Ip, "Implementation of total productive maintenance: A case study", *International Journal of Production Economics,* vol. 95, no. 1, pp. 187-195, 2005/01/28/ 2005.

[4] M. Cernek, J. Kovacs, “TPM and the corporate cultur from the perspective of excellent companies managers”, *International Scientific Conference Economic and Social Policy Memories*, vol. 23, no. 1, pp. 49-58, 2016/09/01/ 2016.

Diagnóstico y propuesta de sistema ergonómico de iluminación en el taller del Sector Petrolero Ductos-Logística

J. M. Ahuacatitla Pérez[1], Y. Soto Leyva[1], M. Ruiz Díaz[1], A. Santos Osorio[1],V. Villa Barrera[1]*
[1]Profesor Investigador de la División de Ingeniería Industrial, Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico Superior de Huauchinango, Av. Tecnológico No 80, 5 de Octubre, 73173 Huauchinango, Puebla.
**iijmap@gmail.com*

***Área de participación**: Ingeniería Industrial*

Resumen

Se generó un diagnóstico con respecto a la luminaria existente en la superintendencia/taller petrolero del equipo dinámico Sector Ductos-Logística analizando el desempeño operacional derivado del consumo de insumos energéticos indicados en la NOM-025-STPS-2008, la cual provee de buenas prácticas para el desarrollo de las actividades de los operarios en cada estación, a través de la medición de la cantidad de luxes y reflexión, la utilización de técnicas ergonómicas, y la elaboración de planos.

Se calculó la cantidad de lámparas necesarias para cumplir con los requerimientos de la norma, apoyándonos tecnológicamente del software *DIALux evo versión 9.0*. El análisis generó dos propuestas conforme al tipo de luminaria a utilizar: lámpara tipo convencional o tipo LED, que fueron evaluadas desde la inversión por la instalación hasta el costo energético que se aporta anualmente, proyectando un ahorro de $ 319,959.21 (64%) en las zonas que presentaban un índice de mayor consumo energético.

***Palabras clave**: Luminaria, Ergonomía, Software.*

Abstract

A diagnosis was made regarding the existing lighting in the superintendency / oil workshop of the dynamic equipment Pipeline-Logistics Sector, analyzing the operational performance derived from the consumption of energy inputs indicated in NOM-025-STPS-2008, which provides good practices for the development of the activities of the operators in each station, through the measurement of the amount of lux and reflection, the use of ergonomic techniques, and the preparation of plans.

The number of lamps necessary to meet the requirements of the standard was calculated, technologically supported by the DIALux evo version 9.0 software. The analysis generated two proposals according to the type of luminaire to be used: conventional type or LED type lamp, which were evaluated from the investment for the installation to the energy cost that is provided annually, projecting a saving of $ 319,959.21 (64%) in the areas with a higher energy consumption index.

***Key words**: Luminaire, ergonomics, software.*

Introducción

La funcionalidad de la ergonomía según la Organización Internacional de Normalización (ISO), es “la aplicación de las ciencias biológicas del hombre, interrelacionada con las ciencias de ingeniería, teniendo como objetivo la adaptación del operario en su estación de trabajo para generar mejoras en el bienestar humano, y un aumento considerable en los niveles de producción”[1]. La aplicación de indicadores ergonómicos permite la adaptación de las actividades a las capacidades y limitaciones del recurso humano y no a la inversa como ocurre frecuentemente en las organizaciones de trasformación.

En la actualidad las empresas se ven involucradas en el crecimiento exponencial que exige altos niveles de producción, originando la necesidad de diseñar medios o estrategias que involucren herramientas antropométricas para estimular la creación de espacios de trabajo ergonómicos, por lo que la aplicación optima de estas, representa una adaptación idónea entre las máquinas y el ser humano [2]. El uso industrial de la antropometría permite la aplicación de la re-ingeniería en las actividades funcionales, de aquí la importancia de conocer las características físicas de los individuos para estar en posibilidad de generar diseños que se acoplen al ritmo de jornadas de trabajo extenuantes. Uno de los aspectos que es analizado y optimizado por la ergonomía en los centros de trabajo es la iluminación, la cual es contemplada como un factor determinante para alcanzar el éxito en las rutinas laborales considerando que más del 80 % de la información que recibe el operador es visual y en ocasiones la proporción es mucho mayor si se consideran espacios de trabajos confinados [3]. Es por ello que de los sentidos desarrollados por el ser humano, la vista es mayormente apreciada, precisando al ojo humano como un producto de la luz que direcciona todas y cada una de las necesidades de desplazamiento del operador.

Dentro de las características principales del ojo se encuentra la sensibilidad a la intensidad de la luz que procede de las superficies del entorno, esta intensidad es denominada como “luminancia” o brillo, la cual tiene su origen en la combinación de distintas fuentes de luz dentro del campo visual, esta puede adaptarse para la visión del ojo humano en ambientes con diferentes niveles de iluminación conforme al área de trabajo (espacios cerrados/espacios abiertos/espacios confinados), desde más de 100.000 lux en días soleados, hasta menos de 0.1 lux [4].

El sentido de la vista adapta su sensibilidad a la luminancia para tolerar las superficies más brillantes, pero si el contraste es extremadamente alto se produce un fenómeno conocido como deslumbramiento, de tal forma que los estudios ergonómicos exponen; un adecuado nivel de iluminación para reducir la fatiga visual en operaciones que necesiten un alto nivel de concentración, o actividades que precisen una gran rapidez de percepción (operación de maquinaria pesada /utilización de herramientas punzocortantes), para reducir el riesgo y evitar accidentes que expongan la integridad física de los operadores, puntualizando la importancia del desarrollo la agudeza visual para generar la capacidad de distinguir los pequeños detalles al realizar tareas productivas que impliquen mayor finura [5].

La siguiente investigación tiene por objetivo la evaluación cualitativa del sistema de iluminación del sector ductos-logística en el área de taller, para generar un modelo propuesto de iluminación que cumpla con las especificaciones de la NOM-025-STPS-2008, mediante la elaboración de planos, análisis de circuitos, aplicación de métodos ergonómicos y utilización de las tecnologías de la información a través del uso del software *DIALux evo versión 9.0*, para establecer un espacio de trabajo con los niveles de iluminación correctos, implementando y controlando estrategias para la formación de distintas fuentes luz conforme a las siguientes características: fotométricas, cromáticas y eléctricas, valoradas a través del tiempo de exposición del ser humano y la complejidad de las actividades que realiza [6]. Si bien no es posible proporcionar reglas estrictas durante el proceso de selección del medio artificial proveedor de luz, debido a que el ojo humano presenta distintas características, es importante basarse en criterios claros de elección a fin de poder priorizar aquellas particularidades que beneficien la luminosidad dentro del taller, los indicadores tomados en cuenta para la toma de decisión se extrajeron de la NOM-025-STPS-2008, que tiene como principal objetivo dar a conocer los requerimientos de iluminación en las distintas áreas de los centros de trabajo, asegurando el suministro óptimo de iluminación para cada proceso operativo que involucre el aspecto visual, asegurando un ambiente saludable en la realización de las distintas comisiones laborales [7].

Metodología

FASE 1) Diagnóstico estatus inicial.

La fase 1 comprendió el diagnóstico de la situación actual del taller, realizando un inventario de luminaria existente mediante el cual se categorizaron las condiciones físicas en las que se encontraban los sistemas de iluminación de las naves que constituyen el área. Se realizó el

 ISSN 2007-8102

inventario total de lámparas y niveles de iluminación existentes de las 7 zonas de trabajo identificadas, registrando la intensidad en watts de cada lámpara, utilizando un luxómetro como instrumento (Ver Figura 1. Abstracto de inventario de luminarias y capacidad en luxes de luminaria existente), se midieron la cantidad de luxes existentes en cada una de ellas, esto con la finalidad de compararlas con lo que establece la NOM-025-STPS-2008 (Ver Figura 1. Abstracto de inventario de luminarias y capacidad en luxes de luminaria existente. Se elaboraron también los lay out correspondientes a cada nave (zonificación de áreas).

LUMINARIA EXISTENTE EN ELECTRODINÁMICA				
Área	31.19-54.92 lux	98.56-105.3 lux	142.56-155.9 lux	160.4-173.74 lux
Oficinas	24		2	2
Taller	1	1		
Baños			3	3
Laboratorio	19			
LUMINARIA EXISTENTE EN RUSTON				
Área	31.19-54.92 lux	98.56-105.3 lux	142.56-155.9 lux	160.4-173.74 lux
Oficinas			1	5
Taller				
Baños	3	17	1	1
Bodega	20			
LUMINARIA EXISTENTE EN MÁQUINAS-HERRAMIENTAS				
Área	31.19-54.92 lux	98.56-105.3 lux	142.56-155.9 lux	160.4-173.74 lux
Oficinas	38			
Taller				
Baños				
Bodega	6			2

Agente	Cuantificación máxima detectada	Límite máximo permitido	Trabajadores expuestos	Total, exposición (horas)	Control
Iluminación 	100 lux	300 lux	Área de taladros	8 horas	Mantenimiento correctivo
	F.R. 45%	**N.M.P.R.** 50%			
	115 lux	300 lux	Herramientas y accesorios de ejecución		Mantenimiento preventivo a instalación eléctrica
	F.R. 36%	**N.M.P.R.**50%			
	300 lux	300 lux	Área de tornos		Intensificar iluminación
	F.R. 34%	**N.M.P.R** 50%			
	98 lux	500lux	Trabajos terminados		Mejoramiento de la distribución de luminarias
	F.R. 20%	**N.M.P.R** 50%			
	115 lux	500 lux	Rectificadoras		
	F.R. 25%	**N.M.P.R 50%**			

Figura 1. Abstracto de inventario de luminarias y capacidad en luxes de luminaria existente. Elaboración propia.

FASE 2) Análisis y validación de técnicas: Antropometría y cálculo de iluminación óptima utilizando software DIALux evo versión 9.0.

La fase 2 permitió la aplicación de ergonomía a través de registros antropométricos y el uso de las tecnologías de la información como se describen a continuación:

- Uso de software *DIALux evo versión 9.0:* Desarrollo de los cálculos para determinar la iluminación necesaria (luxes) utilizando el Software, refiriéndose a la NOM-025-STPS-2008, para la generación de indicadores y la formulación de propuestas de iluminación para todas las áreas que pertenecen a las naves del taller.
- La aplicación del análisis antropométrico se llevó a cabo mediante un estudio en el cuál se registraron las dimensiones de los extremos de 20 operadores del área siguiendo los planos de referencia del cuerpo humano, registrando las medidas de la posición sentada y la posición de pie al realizar las actividades en máquinas y oficinas.

Las dos propuestas resultantes conforme a los resultados obtenidos en la fase 2, se indican a continuación:

Propuesta_1) Iluminación general de altura convencional, utilizando lámparas de halógeno compactas (Sistema de iluminación convencional).

Propuesta_2) Iluminación general de altura tipo LED (Sistema LED).

FASE 3) Análisis Económico-Financiero (Inversión de sistemas de iluminación).

Para el análisis económico-financiero de las dos propuestas generadas: sistema de iluminación LED y el sistema convencional, se tomaron en cuenta los costos financieros y administrativos en los que se incurrirá a mediano plazo. El estudio económico de la inversión se estructuró contemplando las variables de: adquisición de luminarias y costo de mano de obra por la instalación. Se procedió a realizar el análisis de inversión entre los dos sistemas de iluminación propuestos, con el objetivo de seleccionar la propuesta con mayor rentabilidad económica. La propuesta del sistema de iluminación tipo LED requiere una inversión de $ 998,154.13, mientras que el sistema convencional contempla una inversión de $1, 109,200.20.

 ISSN 2007-8102

Resultados y discusión

Los resultados obtenidos se describen a continuación:

Resultado_1) El diagnóstico del estatus inicial de la luminaria existente zonificó en seis áreas distintas al taller, conforme al tipo de iluminación utilizada, las estaciones de trabajo correspondientes a cada zona (Ver Tabla 1. Zonificación de áreas), esto permitió el diseño de los planos de cada zona, en los que se identifica la posición de cada alimentador artificial de luz (Ver Figura 2. Abstracto de zonificación de áreas).

Tabla 1. Zonificación de áreas. Elaboración propia.

Zona	Área	Estaciones de trabajo
1	Recursos Humanos	Oficinas
2	Almacén de materiales planta baja	Aula de capacitación lado norte, Oficina IMP. , Escritorio de subjefe “A” Depto. Gral. Admón., Anaqueles de almacenamiento (piezas pequeñas), Mesa de trabajo del representante del sindicato, Lado sur (área de almacén solar)
3	Taller de máquinas y Herramientas	Área de taladros, Herramientas y accesorios de ejecución, Área de tornos , Área de Locker, Trabajos terminados, Rectificadoras
4	Taller de reconstrucción área solar	Bodega, Servicios preventivos, Comedor y cocina , Oficina de ing., Área ruston , Cilindros llenos y Vacío, Rectificador
5	Taller electrodinámica	Bodega, Inspección de calidad, Área de pruebas, Solventes peligrosos, Telecom, Área de Ensamble.
6	Taller área solar	Embarque, Área de compresores, Reparación y evaluación, Sand blast, Bodega, Metrología.

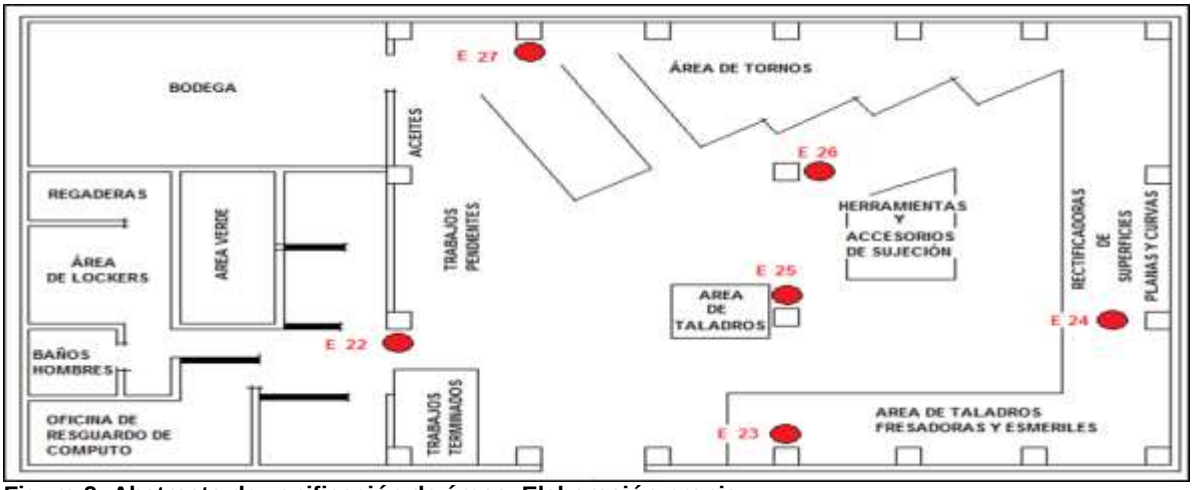


Figura 2: Abstracto de zonificación de áreas. Elaboración propia.

Resultado 2) Posterior al proceso de medición con el luxómetro, a cada estación de trabajo se aplicó una comparación entre la cantidad de luxes detectados y el valor óptimo de luxes, referenciando los valores en la NOM-025-STPS-2008 (Ver Figura 3. Comparación de luxes).

 ISSN 2007-8102

Zona	Trabajadores expuestos	NOM-025-STPS-2008 (luxes indicados)	Cuantificación detectada (lux)
Zona 1	Oficinas	300	125
Zona 2	Aula de capacitación lado norte	300	150
	Oficina IMP (Mesa de trabajo sin personal fijo)	300	125
	Escritorio de subjefe “A” Depto. Gral. admón.	300	404
	Anaqueles de almacenamiento (piezas pequeñas)	50	16
	Mesa de trabajo del representante del sindicato	300	98
	Lado sur (área de almacén solar)	50	115
Zona 3	Área de taladros	300	100
	Herramientas y accesorios de ejecución	300	115
	Área de tornos	300	300
	Área de locker	50	10
	Trabajos terminados	500	98
	Rectificadoras	500	115
Zona 4	Bodega	300	300
	Servicios preventivos	300	290
	Comedor y cocina	300	300
	Oficina de ing. Área ruston	300	290
	Cilindros llenos y Vacíos	300	280
	Rectificador	500	490
Zona 5	Bodega	300	200
	Inspección de calidad	300	190
	Área de pruebas	300	280
	Solventes peligrosos	300	240
	Telecom	300	280
	Área de Ensamble	500	390
Zona 6	Embarque	300	200
	Área de compresores	500	390
	Reparación y evaluación	500	380
	Sand blast	500	340
	Bodega	300	240
	Metrología	500	410

Figura 3. Comparación de luxes. Elaboración propia.

Se aprecia que solo la zona cuatro se aproxima a lo ideal recomendado, mientras que las demás se encuentran por debajo de los niveles de luxes permitidos (Ver Figura 4. Comparación de cantidad de luxes detectados vs límite permitido según NOM-025-STPS-2008).

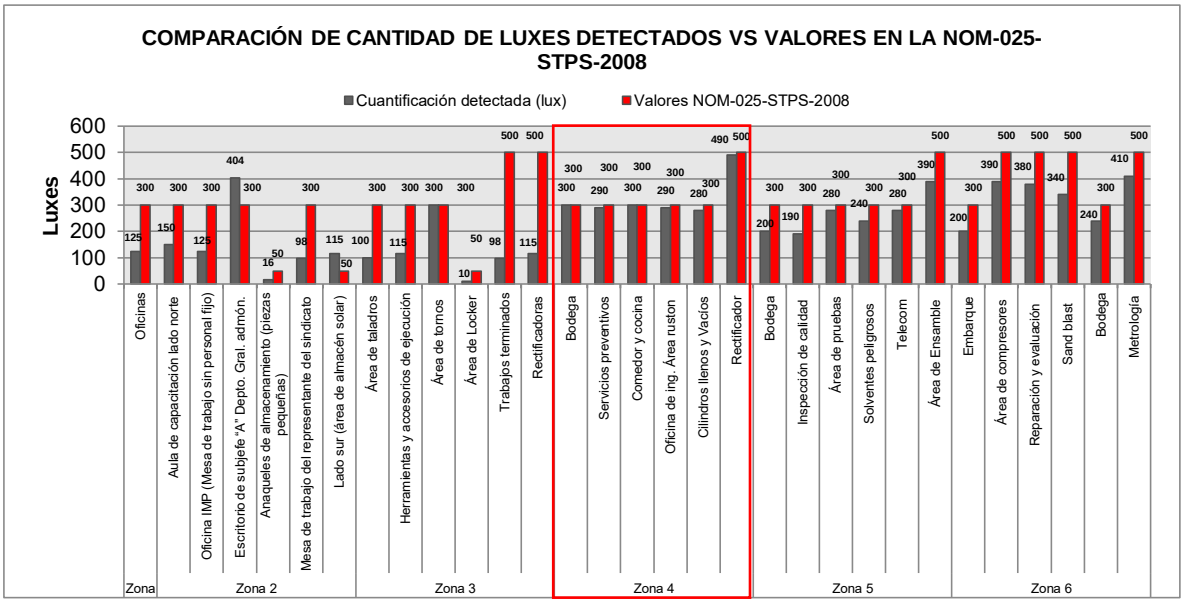


Figura 4. Comparación de cantidad de luxes detectados vs límite permitido según NOM-025-STPS-2008. Elaboración propia.

 ISSN 2007-8102

Resultado 3) El proceso de la toma de medidas antropométricas se aplicó mediante el registro de las dimensiones de los extremos de 20 trabajadores de la empresa, con el propósito de diseñar una estación de trabajo eficiente, el análisis posterior de los percentiles resultantes indica que el plano útil de iluminación dentro de las oficinas es de 0.70 m y para el personal operativo que permanecen de pie en su estación de trabajo el plano útil de iluminación es de 0.80 m.

Resultado 4) Se desarrollan los cálculos para cumplir con las especificaciones requeridas en iluminación general de altura tipo led (Ver Figura 5. Iluminación LED Software DIALux evo versión 9.0) y tipo convencional (Ver Figura 6. Iluminación convencional Software DIALux evo versión 9.0).

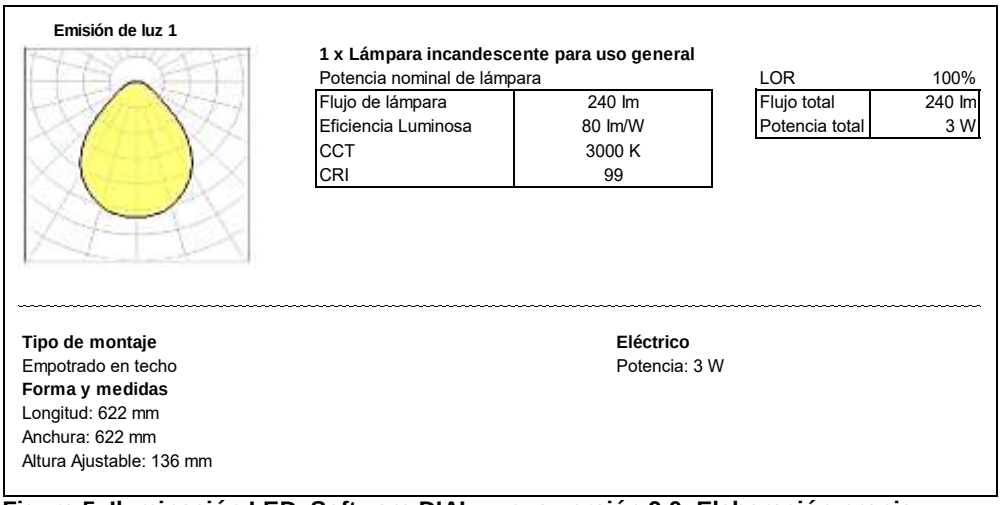


Figura 5. Iluminación LED Software DIALux evo versión 9.0. Elaboración propia.

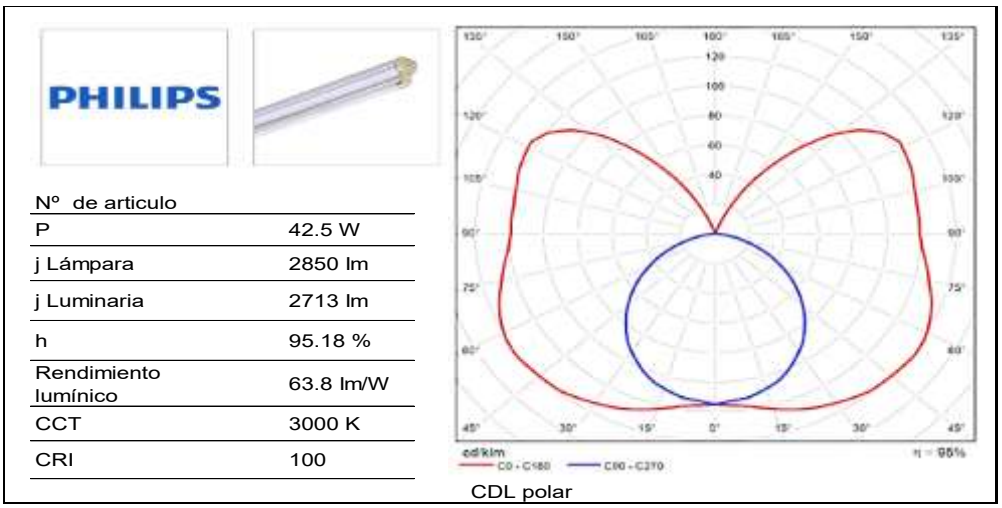


Figura 6. Iluminación convencional Software DIALux evo versión 9.0. Elaboración propia.

Los datos obtenidos son referencia para ejecutar la comparación económica del uso de cada tipo de iluminación en los centros de trabajo. De acuerdo con la Tabla 2 (Ver Tabla 2. Comparación de sistemas de iluminación convencional y tipo LED), respecto a la eficacia luminosa se puede observar que las lámparas del tipo LED presentan valores de eficacia luminosa mayores a los brindados por las lámparas convencionales, lo cual significa que hay un mejor aprovechamiento del flujo luminoso otorgado por la lámpara sobre la potencia consumida por la misma. Se percibe también que las lámparas de tipo convencional presentan un mayor flujo luminoso que las LED.

Tabla 2. Comparación de sistemas de iluminación convencional y tipo LED. Elaboración propia.

Sistema de iluminación	Tipo de luminaria	Eficacia luminosa (LM/W)	Flujo luminoso	Vida útil de lampara (hrs)	Potencia eléctrica
Convencional	BS7351395 BEGHELI	70%	24805	69793	440W
	TMS022D36WHFS PHILIPS	95.20%	2665	19000	36 W
	TMS022D58W PHILIPS	95.20%	4569	20000	66.5W
	TMS022D36W PHILIPS	95.20%	2713	19500	42.5W
	BS73511394 BEGHELI	68.10%	12935	33000	270W
	MIRACH3X26WTC-D SYLVANIA	53.40%	2882	21000	92W
	PENTOHIT-CMI-T150SILVANIA	62.40%	8418	30000	168W
	MIRACH150WCMI-T SILVANIA	77.80%	11667	29500	150W
LED	BY470PXECO170S PHILIPS	100%	16947	22000	120W
	RS134BPSDW60L6037S PHILIPS	100.00%	3699	19000	35.5W
	RC343BPSDLED42S PHILIPS	100.00%	4198	19000	30W
	RC362BG2SDLED28S	99.90%	27.97	16000	22.2W
	BY470P130S PHILIPS	99.70%	12960	20000	87W
	PT570PLED25S PHILIPS	100.00%	2942	19000	36W
	RC482BW62L62LED42S	99.90%	240	6000	3W
	EDMONTHB-LEDCONSTRULITA	99.90%	7500	18000	78W

Las lámparas del tipo LED presentan una vida útil mayor con respecto a las lámparas del tipo convencional, debido a que se utilizan recursos materiales que reducen significativamente el desgaste de la lámpara, situación que se advierte en la potencia eléctrica, en la que se percibe que las lámparas de tipo LED tienen un menor consumo energético para las naves con respecto a las lámparas de tipo convencional, lo que se traduce a que las lámparas de tipo LED brindan un ahorro económico considerable en el consumo eléctrico.

Para realizar el análisis de ahorro de energía eléctrica total entre ambos sistemas de iluminación se toma en cuenta la potencia eléctrica, la cantidad de luminarias que se van a utilizar, las horas de funcionamiento anual considerando que la empresa trabaja 254 días del año con una jornada laboral de 8 horas diarias (2052 horas), y el costo por consumo excedente es de $2.802 Kw/Hrs, interpretando cualitativamente el sistema de iluminación convencional consume anualmente $497,737.59 MXN, mientras que el sistema de alumbrado tipo LED efectúa un consumo de $177,778.38 MXN por lo que se tiene un ahorro energético de consumo de $ 319,959.21 MXN anualmente frente al sistema de alumbrado convencional, disminuyendo en un 64% el pago por consumo de energía eléctrica.

Trabajo a futuro

La toma de decisiones resultante de la presente investigación aplicada permite recomendar ampliamente lo siguiente:

1. Generar una metodología de mantenimiento para las instalaciones eléctricas de las naves del taller, mediante el desarrollo de planes de mantenimiento preventivo, predictivo y correctivo, para mantener en óptimas condiciones el sistema eléctrico de cada zona.
2. Realizar un proceso de zonificación interna que documente las estaciones operativas de cada una de las estaciones eléctricas que estructuran el taller.
3. Desarrollar un plan de cuidado de salud visual para los operadores que se encuentran en áreas de trabajo de espacios confinados.

Conclusiones

Se realizó un diagnóstico mediante un inventario de medios artificiales de luz, con el objetivo de conocer el estado actual de la empresa con respecto a la eficiencia de la luminaria existente, y determinar si esta cumple con lo establecido en la NOM-025-STPS-2008, se procedió a la realización de un proceso de zonificación de las distintas naves que conforman el taller deduciendo que el 83% de las zonas (zona 1, zona 2, zona 3, zona 5, zona 6) deben de ser modificadas respecto a las luminarias que se encuentran instaladas debido a que no proporcionan la luminancia

adecuada para la realización de las diversas operaciones que se realizan en las estaciones de trabajo, solo una zona (zona 4) maneja los niveles de luminancia adecuados; lo antes mencionado generó la presentación de dos propuestas la primera propone el uso de sistemas de iluminación utilizando lámparas convencionales y la segunda con la adecuación de lámparas tipo LED.
Cada una de las propuestas fue valorada basándonos en los siguientes factores: factor ergonómico, factor económico, factor de consumo; validándolos mediante el uso de estudios antropométricos, análisis económico-financiero, uso del software *DIALux evo versión 9.0,* el proceso de validación de las variables antes mencionadas nos indica que el sistema de iluminación convencional resulta más costoso en comparación al de tipo LED, puesto que este último representa un ahorro económico de $ 319,959.21 (64%) con su utilización; por lo que se recomienda utilizar un sistema de iluminación LED. El costo de inversión de la propuesta seleccionada obtenido del análisis económico-financiero de la metodología implementada (Fase 3), representa una aportación económica de $ 998,154.13 que será recuperable en un periodo máximo de 3 años, considerando que los sistemas de luminancia LED trabajan con valores óptimos por 50,000 horas y con una jornada laboral de 8 horas del taller durante 254 días anuales el periodo de vida de estas se establece en un intervalo de 17-24 años.
La propuesta evidencia dos beneficios: a corto plazo contribuirá al mejoramiento de la salud visual así como la preservación de la integridad física de los recursos humanos al reducir el índice de accidentes con la aportación de los índices de luxes adecuados dentro de cada una de las zonas que conforman el taller, a mediano plazo se disminuirá notablemente la asignación de recursos económicos para el pago de gastos energéticos.

Agradecimientos

A la división de Ingeniería Industrial perteneciente al Instituto Tecnológico Superior de Huauchinango, al taller ductos-logística por el apoyo para la realización del presente artículo de investigación.

Referencias

[1] A. A. Piñeda Geraldo, “Ergonomía y antropometría aplicada con criterios ergonómicos en puestos de trabajo en un grupo de trabajadoras del subsector de autopartes en Bogotá, D.C. Colombia, *RR*, n.º 3, jun. 2015.

[2] G. Hernández Flores,. "Uso de medidas antropométricas para el diseño de estaciones de trabajo enfocado a operadoras de las industrias de la ZMG”. Congreso de Manufactura Avanzada para alumnos de Posgrado Ciateq (mayo 2015, Querétaro, Qro.)". 2015.

[3] A.C. Liñan Romero. *Planificacion del montaje de las instalaciones electricas en el entorno de edifios y con fines especiales.* Quinta Ediciòn. España: Editorial Elearning S.L. 2015.

[4] D. A. Eras Paz *“*Niveles de iluminación en el área de acondicionamiento de un empresa de distribución de productos farmaceúticos y la fatiga visual en los trabajadores”. Quito-2015. Tesis de Maestría. Posgrados Facultad: Maestría En Seguridad Y Prevención De Riesgos Del Trabajo.

[5] R. Nariño Lescay; A. Alonso Becerra; A. Hernández González. “*Antropometría. Análisis comparativo de las tecnologías para la captación de las dimensiones antropométricas”.* EIA, 2017, vol. 13, no 26, p. 47-59.

[6] Serrano-Tierz, A., Iturbe, A. M., Muñoz, Ó. G., & Sáenz, J. L. S. (2015). Análisis de ahorro energético en iluminación LED industrial: Un estudio de caso. Dyna, 82(191), 231-239.

[7] NOM-025-STPS-2008. Dof.pdf.

Análisis del servicio a clientes en un almacén de refacciones mediante simulación con SIMIO®

J. A. Hernández Morales[1], V. Sánchez Vázquez[1], M. Hernández Cortez[1]*
[1]Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico Superior de Tierra Blanca, Depto. de Ingeniería Industrial
Prol. Av. Veracruz, Esq. Héroes de Puebla, S/N, C.P. 95180, Tierra Blanca, Veracruz, México
**juan.hernandez@itstb.edu.mx*

***Área de participación**: Ingeniería Industrial*

Resumen

En esta investigación se analiza la situación actual del almacén de refacciones de una agencia automotriz ubicada en Tehuacán, Puebla. Radica en proponer mejoras en la distribución física de estantería de refacciones para mejorar la satisfacción de los clientes a través de la reducción del tiempo de atención a clientes. La correcta atención a clientes depende de la rápida atención al solicitar una refacción del stock.
Se aplicó la metodología general de simulación propuesta por Law (2015), con ello se logró desarrollar un modelo computarizado en el software SIMIO®, mismo que fue validado con una prueba al 95% de confianza. La simulación se utilizó para evaluar el sistema actual y dos alternativas propuestas. Los resultados advierten que el proceso de servicio al cliente se puede optimizar mediante una redistribución de los estantes de refacciones en dicha área, se lograría reducir el tiempo que permanece un cliente en el sistema y la distancia promedio que recorre el servidor dentro de la instalación.

***Palabras clave**: Simulación, SIMIO®, Redistribución.*

Abstract

This research analyzes the current situation of the spare parts warehouse of an automotive agency located in Tehuacán, Puebla. The purpose was to propose improvements in the physical layout of the spare parts shelves installation to satisfy the delivery of the order to customers. A correct customer service depends on a quick attention when requesting a stock replacement.
The general simulation methodology proposed by Law (2015) was applied, with this it was possible to develop a computerized model in the SIMIO® software, which was validated with a 95% confidence test. The simulation was used to evaluate the current system and two proposed alternatives. The results show that the customer service process can be optimized by redistributing the shelves of spare parts in that area, reducing the time that a customer remains in the system and the average distance that the server travels within the facility.

***Key words**: Simulation, SIMIO®, Redistribution*

Introducción

La gestión de almacenamiento, ubicación de productos y el diseño de las instalaciones de una compañía es uno de los pilares productivos que permiten aprovechar al máximo los recursos físicos de espacio y administrativos, para dar satisfacción a los requerimientos de su entorno (FEDELOG, 2015). Considerar actividades logísticas para optimizar la prestación de un servicio, exige el movimiento eficiente de los productos del fabricante al usuario. El concepto de logística abarca una serie de funciones que van desde la obtención de bienes y servicios, su transporte y almacenaje, hasta la entrega al consumidor final. Estas distintas actividades deben integrarse viendo el almacenamiento como un proceso y no como una función, a fin de poder operar con eficiencia. (Balbin, 2019).

En las últimas décadas, la simulación ha aumentado su uso en el ámbito industrial y comercial, debido en buena medida al desarrollo exponencial de las herramientas computacionales, las cuales constituyen una herramienta valiosa para la aplicación de esta técnica. Es por ello que se decide combinar la simulación con un estudio logístico de traslados dentro del almacén y una posible redistribución. El punto de partida es conocer cuál es la

actividad del proceso que tiene un área de oportunidad, es decir, que provoca que los tiempos de atención al cliente sean elevados o muy variables.

Con este estudio se logran analizar los recorridos que realiza la persona que presta el servicio de búsqueda y entrega de refacciones a los clientes y, con ello, la distribución física de los estantes de refacciones, mismos que, asume la gerencia, causan los inconvenientes.

Metodología

Para llevar a cabo la investigación se siguió la metodología propuesta por Law (2015), cuyas etapas se presentan en la Figura 1.

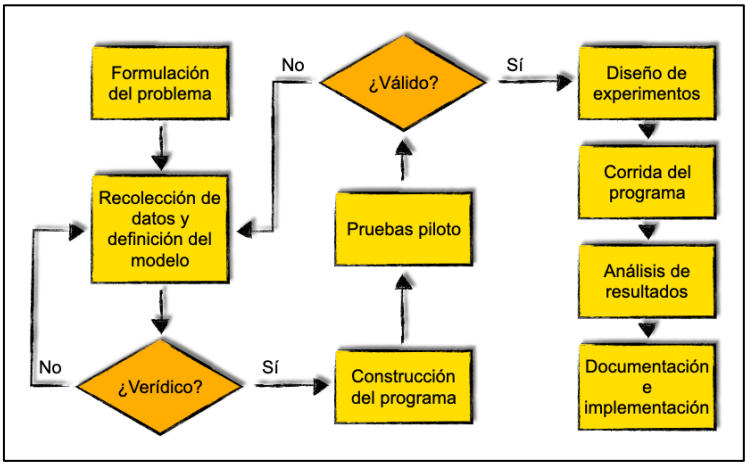


Figura 1. Metodología de simulación, propuesta por Law (2015).

Formulación del problema

En el almacén de refacciones de la agencia automotriz bajo estudio, se detectaron problemas por la demora en la atención a clientes, actualmente se estima que el tiempo total de atención (desde que llega el cliente hasta que sale del servicio) ronda los 10 minutos por cliente, situación que los mismos trabajadores y el gerente consideran desfavorable. Se asume que la ubicación de refacciones en el área se encuentra mal asignada. Dos aspectos relevantes que aquejan al sistema actual son: la distancia entre la ventanilla de servicio y los estantes con las refacciones más solicitadas, y la existencia de espacios físicos vacíos en los estantes. Es por ello que el estudio tiene como finalidad analizar el proceso actual en el almacén aplicando simulación en SIMIO® para proponer mejoras en la distribución física del mismo y optimizar el servicio.

Recolección de datos y definición del modelo

Durante un periodo de dos meses se registraron tiempos de cada actividad en el proceso de atención a clientes externos e internos, es decir, al público en general que compraba refacciones y a los propios mecánicos de la agencia que solicitaban refacciones para los servicios que realizan. Se midieron las siguientes variables: Tiempo entre llegada de los clientes; tiempo de servicio en los dos puntos de entrega; tiempo, distancia y frecuencia en las rutas por las que se trasladaba el servidor y tiempo de búsqueda de refacción en los estantes. Basado en lo anterior, se registraron un total de 34 variables aleatorias. (Véase Tabla 1)

En la Figura 2 se ejemplifica una ruta que siguió el encargado de almacén al atender a un cliente, los recuadros representan los estantes a los que fue la persona. El registro de los demás tiempos se realizó de manera similar, se seguía la trayectoria del trabajador y se cronometraban todos los tiempos en segundos.

 ISSN 2007-8102

Tabla 1. Variables analizadas en el estudio de simulación, todas son tiempo.

No.	Variable
1	Tiempo entre llegadas, cliente externo
2	Tiempo entre llegadas, cliente interno
3	Tiempo de atención en ventanilla, cliente externo
4	Tiempo de atención en ventanilla, cliente interno
5	Tiempo de búsqueda de material estante A, cliente externo
6	Tiempo de búsqueda de material estante A, cliente interno
7	Tiempo de búsqueda de material estante B, cliente externo
8	Tiempo de búsqueda de material estante C, cliente interno
9	Tiempo de búsqueda de material estante D, cliente interno
10	Tiempo de búsqueda de material estante E, cliente interno
11	Tiempo de búsqueda de material estante E2, cliente externo
12	Tiempo de búsqueda de material estante F, cliente externo
13	Tiempo de búsqueda de material estante H, cliente externo
14	Tiempo de búsqueda de material estante J, cliente externo
15	Tiempo de búsqueda de material estante K, cliente externo
16	Tiempo de traslado de ventanilla-cliente externo a estante A
17	Tiempo de traslado de ventanilla-cliente externo a estante B
18	Tiempo de traslado de ventanilla-cliente externo a estante E2
19	Tiempo de traslado de ventanilla-cliente externo a estante F
20	Tiempo de traslado de ventanilla-cliente externo a estante H
21	Tiempo de traslado de ventanilla-cliente externo a estante J
22	Tiempo de traslado de ventanilla-cliente interno a estante A
23	Tiempo de traslado de estante A a estante B
24	Tiempo de traslado de estante B a estante F
25	Tiempo de traslado de estante F a estante K
26	Tiempo de traslado de estante E2 a estante J
27	Tiempo de traslado de estante A a estante C
28	Tiempo de traslado de estante A a estante D
29	Tiempo de traslado de estante A a estante E
30	Tiempo de traslado de estante C a estante D
31	Tiempo de traslado de estante C a estante E
32	Tiempo de traslado de estante D a estante E
33	Tiempo de atención, entrega de materiales a cliente externo
34	Tiempo de atención, entrega de materiales a cliente interno

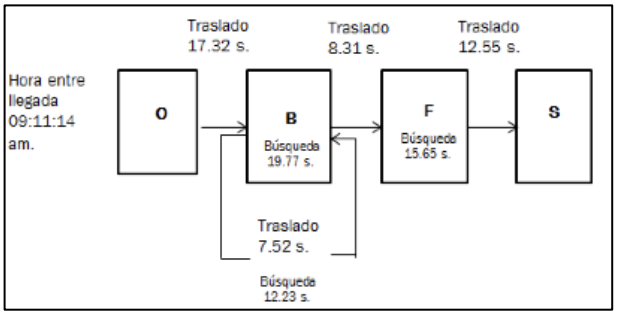


Figura 2. Recorrido realizado para la atención a un cliente.

 ISSN 2007-8102

Después de haber recopilado todos los datos necesarios, se sometieron a la prueba de bondad de ajuste que realiza el software Stat::Fit®. En la Figura 3 se muestra la pantalla de resultados para la variable tiempo de traslado entre la ventanilla de atención al público en general y el estante denotado con la letra A (lo mismo se realizó con las otras 33 variables). El resultado muestra que dicho tiempo se ajusta a una distribución uniforme con valor mínimo de 13 y máximo de 17.8 segundos, en otras palabras, se tiene la misma probabilidad que transcurra cualquier intervalo de tiempo entre esos valores para la llegada de un cliente y otro. Se aplicaron las pruebas a todas las variables y se encontró la distribución de ajuste para cada una.

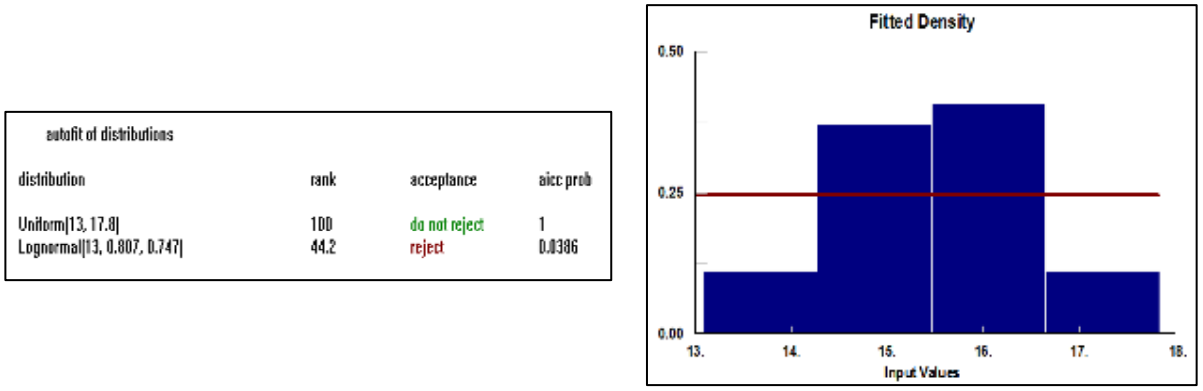


Figura 3. Resultado de la prueba de ajuste para la variable tiempo de traslado de ventanilla a estante A.

Verificación del modelo

Tras analizar el proceso de atención a los clientes se elaboró el diagrama de flujo de la Figura 4 donde se muestra la secuencia general del servicio; mismo que fue impreso, se presentó a la gerencia y verificaron que explicaba correctamente la secuencia de actividades que debe realizar el encargado de almacén. Del mismo modo, se diseño un plano en CAD que muestra la distribución actual de la instalación. (Véase Figura 5)

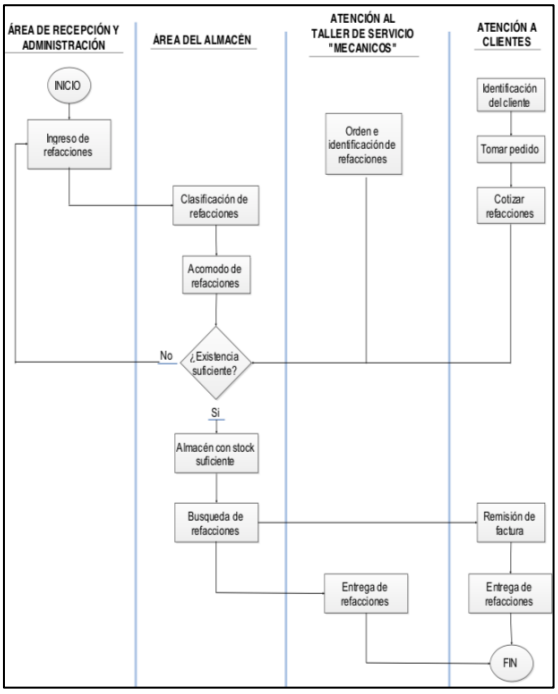


Figura 4. Diagrama de flujo del servicio en almacén de refacciones.

 ISSN 2007-8102

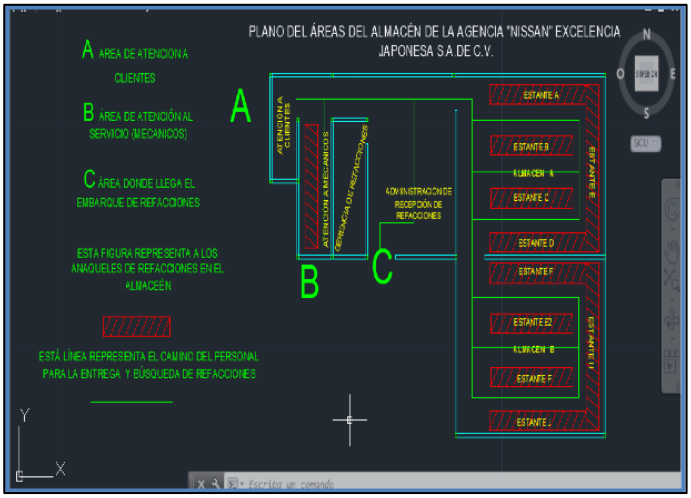


Figura 5. Plano de la distribución actual del almacén de refacciones.

Construcción del programa

El modelo conceptual fue traducido al lenguaje del simulador SIMIO® y los elementos utilizados son los que se enlistan en la Tabla 2.

Tabla 2. Elementos utilizados para la construcción del programa.

Elemento del sistema	Elemento en SIMIO®
Entrada del público en general y entrada de los mecánicos	Source
Ventanillas de atención a clientes y estantes de refacciones	Server
Trayectorias	Path y TimePath
Salidas del sistema	Sink
Encargado de almacén de refacciones	Worker
Puntos de decisión para cambiar de ruta	TransferNode

La vista 2D del modelo en el software está en la Figura 6 y la vista tridimensional aparece en la Figura 7, donde se observa la distribución siguiendo el plano en CAD presentado en la etapa anterior.

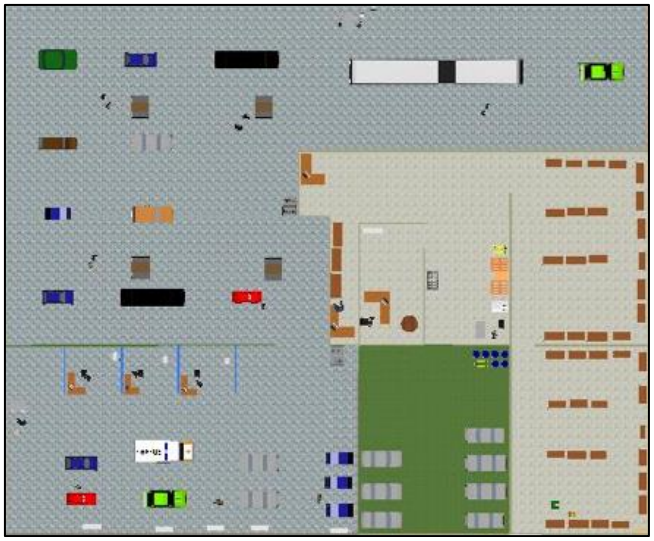


Figura 6. Vista aérea del modelo de simulación en SIMIO®.

 ISSN 2007-8102



Figura 7. Vista tridimensional del modelo de simulación en SIMIO®.

Realización de pruebas piloto

Se realizaron 10 pruebas piloto para eliminar los errores que se presentaron en el modelo, con la finalidad de obtener información correcta y lo más parecida a los procesos reales. Los resultados de las pruebas llevadas a cabo se utilizan en la siguiente etapa.

Validación del modelo

Para efectos de validar el modelo de simulación con el sistema actual, se aplicó la prueba estadística t-apareada, que es una prueba para analizar las diferencias observadas entre datos del sistema real y los obtenidos en las diez pruebas piloto. El análisis estadístico se llevó a cabo con un nivel de significancia de 0.05. La hipótesis evaluada es:

$$H_0: No\ hay\ diferencia\ significativa\ entre\ los\ datos\ reales\ y\ los\ valores\ simulados$$
$$H_1: Existe\ diferencia\ significativa\ entre\ los\ datos\ reales\ y\ los\ valores\ simulados$$

En el software estadístico Minitab® se realizó la prueba pareada para 10 parejas de datos de cada variable. La hoja de salida del análisis presenta los intervalos de confianza para las diferencias, mismo que debía ir desde un valor negativo a uno positivo (pasando por el cero). A manera de ejemplificación, en la Tabla 3 se muestran los resultados para los dos tiempos entre llegadas del sistema, es importante mencionar que las 34 variables del estudio fueron validadas satisfactoriamente.

Tabla 3. Resultado de la validación de las variables tiempo entre llegadas.

Variable	LIC	LSC	Interpretación
Tiempo entre llegada de clientes “público en general”	-0.118	0.125	Válido
Tiempo entre llegada de clientes “mecánicos”	-0.186	0.161	Válido

Diseño de experimentos

Para determinar el número óptimo de replicaciones se empleó la siguiente desigualdad al 95% de confianza

$$n * (\beta) = \min\left\{ i \geq n: t_{i-1,1-\alpha/2}\sqrt{\frac{s_n^2}{i}} \leq \beta \right\}$$

Donde β es el error absoluto de la estimación para la variable de interés e i es el número óptimo de corridas experimentales. En este caso se eligió como medida de desempeño el tiempo promedio de servicio en los puntos de atención a clientes, con un error absoluto $\beta = 3$ segundos (0.05 minutos). La desigualdad fue resuelta auxilíandose de la hoja de cálculo electrónica, se encontró que $i = 30$, por lo tanto el modelo de simulación se debe replicar 30 veces.

Corrida del programa

Deacuerdo con el número de corridas independientes establecido en el paso anterior, se procede a la realización de 30 réplicas al modelo. Así como fue replicado el sistema actual, se plantearon dos alternativas para ser evaluadas y después de modificar el modelo se procedió a replicarlas 30 veces cada una. Las propuestas fueron:

- **Alternativa 1.** Ubicar los estantes a los que se traslada el almacenista en más ocasiones, es decir, aquellos que tienen mayor frecuencia de búsqueda, lo más cerca posible de la entrada y los de menor frecuencia se ubicaron en los lugares más alejados, pero siempre dentro del almacén.
- **Alternativa 2.** Seleccionar al estante más frecuentado en el servicio a público en general y a mecánicos y ubicarlo lo más cerca posible de las ventanillas de atención. Se instalación será en el pasillo próximo a las ventanillas.

Resultados y discusión

Después de haber replicado los tres modelos construidos, se depuraron los resultados que proporciona el software y en la Tabla 4 se realiza la comparativa. En la primera columna se presentan las medidas de desempeño analizadas, en la siguiente están los resultados del modelo actual. El análisis de la primera alternativa se muestra en la tercera columna, recuérdese que consistió en que los estantes se ubicaron de acuerdo a las frecuencias de búsqueda de las refacciones que albergan y el análisis de la segunda alternativa está en la última columna, consistió en que un estante se ubicara cerca de la ventanilla de servicio.

Tabla 4. Comparación de resultados

Medida de desempeño	Sistema actual	Alternativa 1	Alternativa 2
Porcentaje de utilización del almacenista	27.19%	24.56%	26.08%
Distancia promedio recorrida por el almacenista	4514.24 mts.	4439.17 mts.	5772.55 mts.
Tiempo promedio que los clientes pasan en el sistema	7.07 min.	4.12 min.	6.93 min.
Tiempo promedio de espera de los clientes	0.015 min.	0.009 min.	0.008 min.

Con esos indicadores se realizó la comparación, obteniendo los mejores resultados en la alternativa 1 para las primeras tres medidas de desempeño. Es importante recalcar, que con la propuesta se mejorará el servicio tanto para los clientes como para el trabajador, ya que éste último reducirá casi 100 metros de recorrido diario y los clientes esperarán, en promedio, tres minutos menos para poder salir del sistema. El plano en CAD de la distribución del almacén se modificaría al que aparece en la Figura 8.

Trabajo a futuro

La gerencia de la agencia automotriz, debería implementar el cambio propuesto, ya que demuestra proveer beneficios para el cliente. Así mismo podrán aplicar técnicas para la gestión de almacenes y continuar el proceso de mejora continua para el servicio.

 ISSN 2007-8102

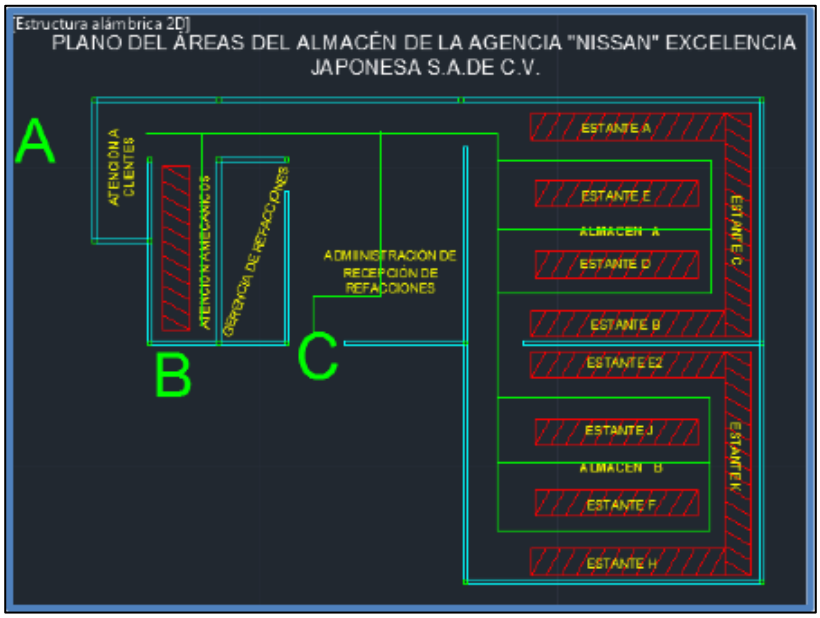


Figura 8. Plano de la distribución propuesta en la alternativa 1 para el almacén de refacciones.

Conclusiones

A través del análisis de la situación actual del almacén, se observó que el departamento presenta un conjunto de problemas que van desde los procesos de atención a clientes hasta la mala distribución de los estantes de refacciones en el interior de la instalación.

Por lo anterior, se concluye que el almacén requiere una redistribución que le permitirá ser un área donde se realicen procesos con mejor rendimiento para cubrir las expectativas de servicio a clientes externos e internos.

Se realizó un modelo en SIMIO® al 95% de confianza y comparándolo con dos alternativas se estimaron los indicadores para cuatro medidas de desempeño importantes. La alternativa con mejores resultados fue la que propone una adecuada redistribución, permitiendo optimizar el porcentaje de utilización y distancias promedio recorrida del empleado, así como el tiempo promedio de los clientes en el sistema.

Referencias

[1] A. Law, *Simulation modeling and analysis*. 4ta ed. Singapur: McGraw-Hill, 2015.

[2] F.C. Fedelog (2015,Abr 8). Cadena logística y almacenamiento [Online]. Disponible en: http:www.fedelog.org/.

[3] I. Balbin, “Implementación de software de inventarios STARTSOFT- inventarios para recepción y despacho de mercadería en la empresa Comptecsa del Perú S.A.C.” tesis de licenciatura, Facultad de comercio exterior y relaciones internacionales, Universidad Inca Garcilaso de la Vega, Perú, 2019.

[4] M. Escudero, *Técnicas de Almacen*. 1er ed. España: PARANINFO, 2015

[5] J.S. Smith, D.T. Sturrock, W.D. Kelton, y D.F. Muñoz, *Simio y simulación: Modelado, análisis y aplicaciones.* 5ta ed. México: Simio LLC, 2019

Control difuso para la regulación de flujo de electrolito en un proceso no convencional de Micro-Manufactura

I. U. Nopalera-Angeles[1], E. E. Granda-Gutiérrez[1], J. F. García-Mejía[1], J. A. Pérez-Martínez[1], A. A Flores-Fuentes[1]

[1]Universidad Autónoma del Estado de México. Instituto Literario No. 100, Col. Centro, Toluca, Estado de México, México, C. P. 50000
inopaleraa084@alumno.uaemex.mx

***Área de participación**: Ingeniería Industrial*

Resumen

La lógica difusa emula el razonamiento aproximado originario del proceso cognitivo humano. Gracias a ello es aplicado en el campo de la industria para el diseño de sistemas de control inteligente. En este trabajo se presenta el diseño de un controlador difuso con funciones Z, S y Gaussianas, utilizando un sistema de inferencia Mamdani de múltiples entradas y una salida, para regular el flujo de electrolito en un proceso de Micro-Manufactura no convencional. Se demuestra que, mediante la consideración de la señal de error del flujo y la razón de cambio del flujo con respecto al tiempo, es posible asemejar el tiempo de respuesta a una técnica robusta Proporcional Integral Derivativo, con una diferencia de 0.4 s. Además, el porcentaje de sobre impulso visualizado con la técnica difusa es menor en un 50 % y el tiempo de establecimiento es denotado 3 segundos antes que el control PID.

***Palabras clave**: Control difuso, Micro-Manufactura, Electrolito, PID.*

Abstract

Fuzzy Logic emulate the approximate reasoning from the human cognitive process. Thus, it is applied in the industry for the design of intelligent control systems. Z, S and Gaussian functions were used for the design of a multiple inputs – one output Fuzzy Logic controller in conjunction with a Mamdani inference system to regulate the electrolyte flow in a non-conventional Micro-Manufacturing process. It is shown that, by considering the flow error signal and the rate of change in the flow with respect to the time, it is possible to resemble the response time of a robust control technique such as Proportional Integral Derivative, with a difference as little as 0.4 s. Furthermore, the over-shoot observed in the diffuse technique is less than 50 % and a shorter establishment time 3 seconds.

***Key words**: Fuzzy Controller, Micro-Manufacturing, Electrolyte, PID.*

Introducción

La manufactura es una actividad comúnmente ligada al ámbito industrial la cual es definida como el proceso de transformación de materia prima para la obtención de productos finales con un propósito especifico [1]. Dentro de este contexto, son estudiadas las técnicas de manufactura no convencional como lo es el maquinado electroquímico (ECM, por sus siglas en inglés), que se caracteriza por mantener una distancia de separación continua entre dos electrodos. El proceso consiste en aplicar una tensión eléctrica sobre ambos elementos, en conjunto con un flujo constante de electrolito a través del electrodo que hace las veces de herramienta, permitiendo la transferencia de corriente hacia el electrodo que constituye la pieza de trabajo, de tal forma que se elimina el material de ésta debido a la disolución anódica durante el proceso de electrólisis [2]. En contraste con las técnicas convencionales de manufactura ofrece ventajas como mayor eficiencia, desgaste mínimo de la herramienta de trabajo y factibilidad para la construcción de componentes complejos con propiedades de alta resistencia mecánica, citando algunos como la fabricación de elementos propios de aeromotores como cuchillas LPC (Low Pressure Compressors), difusor y película de enfriamiento, o incluso componentes como micro engranes, micro tubos, bisturíes y micro bujes [3,4]. De acuerdo con las características de esta técnica no convencional ECM, el electrolito permite la transferencia

de iones a través de los elementos. Sin embargo, como consecuencia del desgaste de material son formadas micropartículas como producto de la electrólisis que pueden obstruir y decrementar la calidad del proceso [2]. Además, según la investigación desarrollada en [5], la variabilidad del flujo de la solución provoca alteraciones en la dimensión del producto final, mencionando problemas como incremento de la resistencia eléctrica, cambio de la superficie del electrodo o decremento de la estabilidad tecnológica para la pieza de trabajo [6].

En su mayoría, gran parte de los procesos industriales son controlados mediante técnicas convencionales diseñando un modelo matemático que defina su comportamiento. No obstante, factores como la no linealidad dificultan la creación de modelos matemáticos optando por alternativas de cómputo inteligente como lógica difusa, permitiendo resolver situaciones de este tipo como es el caso del control de flujo de un fluido [7,8]. La lógica difusa es descrita como un modelo de procesos cognitivos humanos característicos por la existencia de incertidumbre, imprecisión o ambigüedad [9]. En este sentido, es vista como un mecanismo de inferencia capaz de evaluar información emulando un razonamiento aproximado [10]. En el presente documento es empleado un sistema de inferencia Mamdani, que es un mecanismo empleado por la lógica difusa en problemas de control para definir la relación de una variable de entrada x (Antecedente) a un valor de control u de salida (Consecuente) [11], permitiendo tratar los datos en términos de operaciones con conjuntos como lo describe la Teoría de Conjuntos borrosos desarrollada por Zadeh y que es descrita en [12,13].

Por otra parte, en cuanto a problemas de control aplicados a la regulación de fluidos es desarrollado en [14] un estudio de un sistema SISO difuso (Single Input Single Output, por su traducción al inglés) en contraste con un controlador PID, observado menor número de sobre impulsos en el control difuso. Sin embargo, debido a que no es considerada la razón de cambio del flujo con respecto al tiempo es observado que el controlador difuso alcanza el punto de estabilización en un tiempo mayor a 10 s. Por el contrario, en la investigación descrita en [15] es tratado el problema de control de flujo mediante técnicas PI difusas, obteniendo las ganancias del controlador mediante razonamiento difuso. Es demostrando menor tiempo de respuesta por parte del controlador propuesto que un PI clásico obtenido con el método de sintonización Ziegler Nichols. No obstante, es observado que la respuesta de voltaje resultante del PI difuso presenta interferencia durante la estabilización, denotando cambios bruscos de tensión aplicados sobre la Planta.

El presente documento describe el desarrollo de un controlador MISO (Multiple Input Single Output) mediante técnicas difusas para mantener el flujo de electrolito de manera constante en un proceso de Micro-Manufactura, donde la acumulación de micropartículas generadas por el desprendimiento de material de la pieza de trabajo provoca el decremento de fluido sobre un electrodo hueco con un diámetro interno de 420 µm. Es empleado un caudalímetro para caracterizar el flujo ideal del electrolito que transita por el sistema en estado estable, permitiendo definir la referencia del controlador. Son consideradas la variable del error y la derivada de la salida, considerando la razón de cambio del flujo del electrolito con respecto al tiempo como un valor indispensable para reducir el tiempo de respuesta, sin despreciar la estabilidad de la magnitud de tensión obtenida por el controlador. Además, es evaluada la eficiencia del regulador desarrollado con una técnica PID convencional, y como alternativa un enfoque SISO identificado en la literatura.

Metodología

El proceso de control estudiado esta codificado mediante el lenguaje de programación interpretado Python, el cual está desarrollado para un prototipo de maquinado electroquímico conformado por un sistema mecánico de 3 ejes coordenados previamente descrito en [16]. Emplea un electrodo hueco de acero de 420 µm de diámetro interno y es alimentado por medio de una bomba que transfiere electrolito desde un sistema de filtrado, hasta un mecanismo donde se encuentra situada la herramienta. Fue agregado al proceso un caudalímetro para caracterizar las condiciones del flujo de electrolito y desarrollar un conjunto de reglas difusas para regular el suministro de la solución. En la Figura 1. se observa el diagrama de los elementos que conforman la Planta en el proceso de Micro-Manufactura.

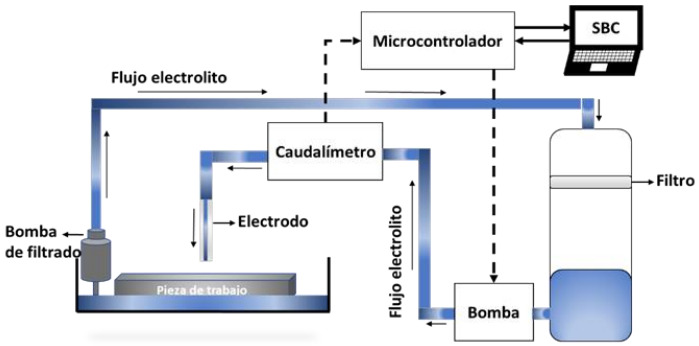


Figura 1. Diagrama general del sistema de control de flujo de electrolito en el proceso de Micro-Manufactura

Se realizó la caracterización del proceso, que está constituida por la calibración del parámetro k de la ecuación (1); esta permite obtener la magnitud del caudal que es transferido sobre el sensor en función a la frecuencia generada por este dispositivo, donde f es la frecuencia obtenida en (Hz), k es el factor de conversión entre el flujo y los datos muestreados (Hz*min/ml) y Q el caudal que transita por el sistema (ml/min).

$$Q = \frac{f}{k} \tag{1}$$

La calibración es realizada mediante la medición del volumen del electrolito generado en el sistema de Micro-Manufactura en estado estable en un intervalo de tiempo de 60 min, obteniendo una magnitud de 1.182 Litros/hora. Estimando la relación del flujo, es obtenido un valor de 19.7 ml/min con una frecuencia generada de 19 Hz. Por lo tanto, sustituyendo en (1) es obtenido un valor constante k igual a 0.964 Hz*min/ml. Tomando en cuenta el flujo del electrolito medido en el sistema de Micro-Manufactura en estado estable como referencia, fue definido el esquema de la Figura 2 como el proceso de control para el regulador difuso.

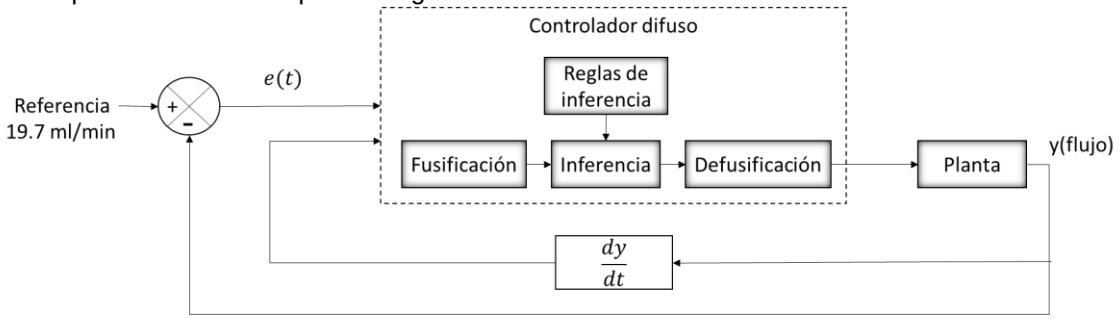


Figura 2. Diagrama general del controlador difuso.

Tal como se observa en la Figura 2, se emplea como retroalimentación el error y el valor de la derivada del flujo de salida $\frac{dy}{dt}$ para mantener la referencia definida a partir de la caracterización.

Diseño de las funciones de membresía

Tomando en cuenta las condiciones identificadas y la delimitación de la referencia definida mediante la caracterización con la ecuación presentada en (1), ha sido planteado un universo del discurso para el error en un intervalo de -25 a 25, dando lugar a tres conjuntos difusos para la evaluación de este parámetro. El primer criterio está delimitado por una función Z con puntos de inflexión desde -20 a 5, cuyo término lingüístico esta denotado como POCO (PO). En segundo lugar, se encuentra el termino CERO (CE), el cual es definido mediante una función gaussiana con una media en 0 y una desviación estándar con un valor de 3. Finalmente, el termino lingüístico MUCHO (MU) es representado por una función S con puntos de inflexión desde -5 a 20 . Por otra parte, son definidos los términos lingüísticos Bajo (BAJ), Normal (NOR) y Demasiado (DEM) para la ponderación de la segunda variable de entrada, con un universo del discurso en el intervalo de -30 a 30. El primer conjunto está constituido por una función Z con puntos de inflexión desde -30 a 1, mientras que el

 ISSN 2007-8102

segundo término denominado NOR es definido por una función gaussiana con una media en 0 y una desviación estándar de 10. Por último, la ponderación para DEM se encuentra evaluada por una función S con puntos de inflexión desde -1 a 30. En la Figura 3 (a) son representadas las funciones para la fusificación del error, mientras que en la Figura 3 (b) son visualizados los tres criterios de fusificación sobre el universo del discurso para la variable $\frac{dy}{dt}$.

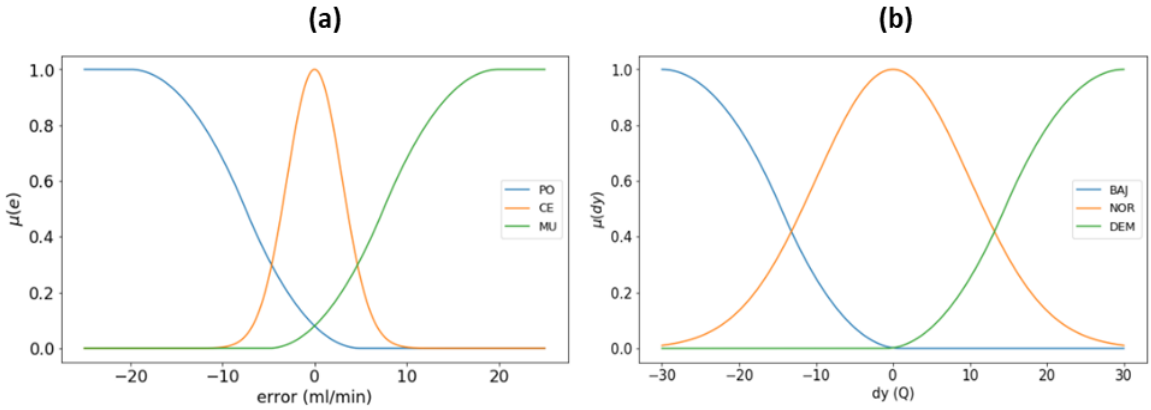


Figura 3. (a) Funciones de membresía para el universo del discurso de la variable del error y (b) funciones de membresía para la variable $\frac{dy}{dt}$.

Finalmente, los términos lingüísticos propuestos para la salida de tensión son Mínimo (MI), definido con una función Z con puntos de inflexión desde 5 a 6, OPTIMO (OP) definido por un conjunto gaussiano con media en 6 y desviación estándar de 0.8 y ALTO (AL) representado con una función S con puntos de inflexión desde 6 a 7 tomando en cuenta un universo del discurso del voltaje en un intervalo de 0 a 12 V como es presentado en la Figura 4.

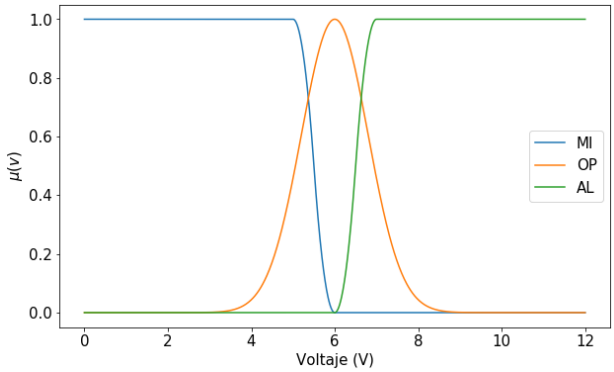


Figura 4. Funciones de membresía para el universo del discurso de la variable de salida (Voltaje).

Partiendo de los criterios resultantes de la fusificación del error y la derivada de y, son planteadas una serie de reglas para generar el proceso de inferencia del controlador. Sin embargo, para la generación de éstas es tomando en cuenta el método de composición desarrollado por Zadeh mediante máximos y mínimos descrito en [12,13], definiendo la siguiente serie de ecuaciones para el caso particular de control.

$$e_t = E' \quad (2)$$

$$dy/dt = D' \quad (3)$$

$$R1 = [\mu f(E_i) \wedge \mu f(B_i)] \quad (4)$$

$$R2 = [\mu f(D_i) \wedge \mu f(C_i)] \quad (5)$$

$$B'_n = \vee_x [\mu_{E'}(x) \wedge (\mu_E(x) \wedge \mu_B(y))] \wedge \vee_x [\mu_{D'}(x) \wedge (\mu_D(x) \wedge \mu_C(y))] \quad (6)$$

Donde E' y D' son conjuntos de membresía correspondientes al hecho de las premisas generadas por el error (e_t) y la derivada de y (dy/dt), R1 y R2 las relaciones resultantes de los conjuntos de evaluación representados por las variables E_i, B_i, D_i, C_i y B'_n el consecuente de la inferencia. En este sentido son formuladas las reglas difusas para el proceso de control en la siguiente sección.

Diseño de las reglas difusas

Si son consideradas la entrada del error e_t y la derivada $\frac{dy}{dt}$ como funciones de membresía singlenton E' y D' respectivamente y la salida y_t como una función de membresía B', el conjunto de reglas de inferencia finales con base en las ecuaciones (2-6) para el proceso de control son determinas mediante la siguientes ecuaciones:

$$B'_1 = (\vee_x [\mu_{E'}(x) \wedge (\mu_{MU}(x) \wedge \mu_A(y))]) \wedge (\vee_x [\mu_{D'}(x) \wedge (\mu_{BAJ}(x) \wedge \mu_A(y))])$$
$$B'_2 = (\vee_x [\mu_{E'}(x) \wedge (\mu_{MU}(x) \wedge \mu_A(y))]) \wedge (\vee_x [\mu_{D'}(x) \wedge (\mu_{DEM}(x) \wedge \mu_A(y))])$$
$$B'_3 = (\vee_x [\mu_{E'}(x) \wedge (\mu_{CE}(x) \wedge \mu_{OP}(y))]) \wedge (\vee_x [\mu_{D'}(x) \wedge (\mu_{DEM}(x) \wedge \mu_{OP}(y))])$$
$$B'_4 = (\vee_x [\mu_{E'}(x) \wedge (\mu_{CE}(x) \wedge \mu_{OP}(y))]) \wedge (\vee_x [\mu_{D'}(x) \wedge (\mu_{NOR}(x) \wedge \mu_{OP}(y))])$$
$$B'_5 = (\vee_x [\mu_{E'}(x) \wedge (\mu_{MU}(x) \wedge \mu_A(y))]) \wedge (\vee_x [\mu_{D'}(x) \wedge (\mu_{NOR}(x) \wedge \mu_A(y))])$$
$$B'_6 = (\vee_x [\mu_{E'}(x) \wedge (\mu_{PO}(x) \wedge \mu_{MI}(y))]) \wedge (\vee_x [\mu_{D'}(x) \wedge (\mu_{NOR}(x) \wedge \mu_{MI}(y))])$$
$$B'_7 = (\vee_x [\mu_{E'}(x) \wedge (\mu_{PO}(x) \wedge \mu_{MI}(y))]) \wedge (\vee_x [\mu_{D'}(x) \wedge (\mu_{DEM}(x) \wedge \mu_{MI}(y))])$$
$$B'_8 = (\vee_x [\mu_{E'}(x) \wedge (\mu_{PO}(x) \wedge \mu_{MI}(y))]) \wedge (\vee_x [\mu_{D'}(x) \wedge (\mu_{BAJ}(x) \wedge \mu_{MI}(y))])$$
$$B'_9 = (\vee_x [\mu_{E'}(x) \wedge (\mu_{CE}(x) \wedge \mu_{OP}(y))]) \wedge (\vee_x [\mu_{D'}(x) \wedge (\mu_{BAJ}(x) \wedge \mu_{OP}(y))])$$
$$B'_{10} = (\vee_x [\mu_{E'}(x) \wedge (\mu_{PO}(x) \wedge \mu_{OP}(y))]) \wedge (\vee_x [\mu_{D'}(x) \wedge (\mu_{DEM}(x) \wedge \mu_{OP}(y))])$$
$$B'_{11} = (\vee_x [\mu_{E'}(x) \wedge (\mu_{MU}(x) \wedge \mu_{OP}(y))]) \wedge (\vee_x [\mu_{D'}(x) \wedge (\mu_{BAJ}(x) \wedge \mu_{OP}(y))])$$
$$B'_{12} = (\vee_x [\mu_{E'}(x) \wedge (\mu_{MU}(x) \wedge \mu_{OP}(y))]) \wedge (\vee_x [\mu_{D'}(x) \wedge (\mu_{NOR}(x) \wedge \mu_{OP}(y))])$$

Como es observado se proponen doce reglas para definir la base de conocimiento del controlador. Debido a ello la conclusión de la inferencia es denotada mediante la agregación de los resultados obtenidos como se observa en la ecuación (7).

$$\mu_{B'}(y) = \mu_{B'_1} \vee \mu_{B'_2} \vee \mu_{B'_3} \vee \mu_{B'_4} \vee \mu_{B'_5} \dots \mu_{B'_{12}} \tag{7}$$

En adición a lo anterior es presentada la Tabla 1. con la FAM (Memoria Asociativa Difusa) que muestra la relación entre las entradas y los conjuntos difusos de control.

Tabla 1. Memoria Asociativa Difusa de las reglas de inferencia.

	BAJO	*NORMAL*	*DEMASIADO*
POCO	MÍNIMO	MÍNIMO	MÍNIMO/ÓPTIMO
CERO	ÓPTIMO	ÓPTIMO	ÓPTIMO
MUCHO	ALTO/ÓPTIMO	ALTO/ÓPTIMO	ALTO

Por otra parte, es utilizado el método de defusificación Centroide [17], el cual permite tratar a la función de membresía resultante como una distribución de masa, definiendo su centro a través de la ecuación número (8).

$$\bar{x}(\tilde{A}) = \frac{\int_a^d x\mu_{\tilde{A}}(x)\,dx}{\int_a^d \mu_{\tilde{A}}(x)\,dx} \tag{8}$$

Donde $a\ y\ d$ son el rango de integración y $\mu_{\tilde{A}}$ la función de pertenencia del conjunto de salida $\bar{x}$ de la variable x. Al finalizar la evaluación es obtenido el valor real de voltaje que es interpretado por parte de la planta para generar la acción de control deseada, regulándose con respecto al tiempo hasta alcanzar el punto de referencia establecido.

Método de validación

Mediante el análisis de la respuesta del sistema hasta alcanzar el tiempo de establecimiento del electrolito en estado estable, es como es definido el modelo matemático del flujo en términos de la variable compleja s, denotando la función de transferencia descrita en la ecuación (9).

$$G(s) = \frac{1.203\ s\ + 3.099}{s^2\ +\ 1.534\ s + 0.945} \tag{9}$$

 ISSN 2007-8102

El desempeño del regulador propuesto es comparado mediante simulación con un controlador PID convencional sintonizado con el método Ziegler Nichols [18], estableciendo el valor de las constantes $K_p = 0.61895$, $T_i = 0.60241$ y $T_d = -0.0036784$.

Resultados y discusión

Con base en el análisis del tiempo de respuesta con un porcentaje del 90 % con respecto valor de referencia, es observado en el diagrama de la Figura 5 (a) que el flujo en el controlador difuso presenta mayor tiempo de repuesta que el PID con una diferencia de 0.4 s, delimitando un tiempo igual a 1.4 s para el PID y 1.8 s para el regulador difuso. No obstante, es destacable que en el transitorio de bajada de la respuesta de flujo del electrolito en el caso de la técnica difusa no presenta oscilaciones estabilizándose de manera gradual en el segundo 4.5. Por otro lado, el flujo observado en el control PID presenta un sobre impulso en el transitorio de bajada del 9 %, estabilizándose hasta el segundo 7.5. De la misma manera es observado un error estático en la respuesta PID durante el intervalo de tiempo 6 a 8, presentando un valor de 0.01, mientras que el error estatico de la técnica difusa se establece en 0.0087. Agregado a lo anterior, es visualizado en el diagrama de la Figura 5 (b) que los valores de voltaje computados por los controladores presentan un sobre impulso máximo del 108 % en el PID y uno del 50 % en el regulador difuso. Así mismo, se observa un pico en el transitorio de bajada del 20 % y uno del 8.3 % respectivamente, estabilizándose en el segundo 4.2 por parte de la técnica difusa mientras que en el segundo 6 en el caso del PID.

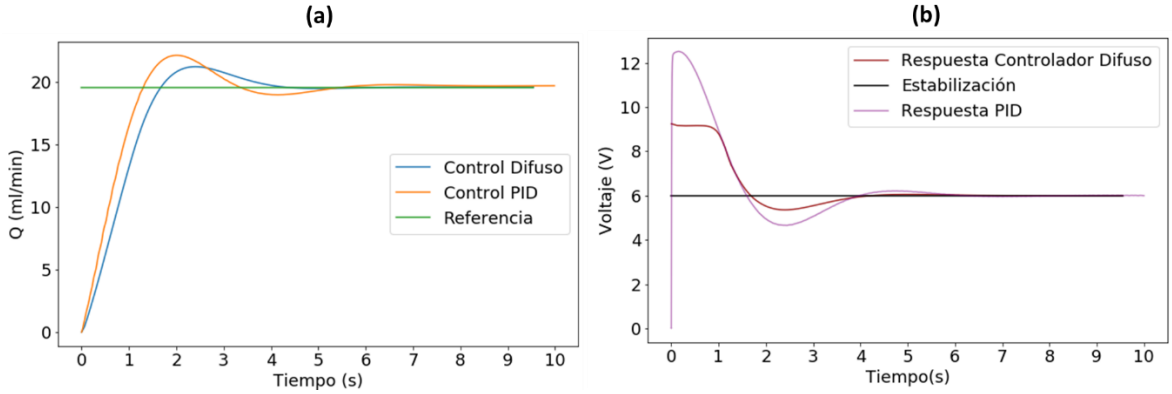


Figura 5. (a) Estabilización del flujo de electrolito mediante un controlador Difuso y PID y (b) respuesta de voltaje en el controlador Difuso y PID ante una prueba de escalón.

A diferencia de la evaluación anterior es presentado en la Figura 6 la respuesta de control difusa y la estabilización que presenta el flujo del electrolito ante una perturbación, la cual consiste en la disminución del flujo durante el estado estable del sistema, visualizando un voltaje de salida de 8.5 para compensar la pérdida del fluido.

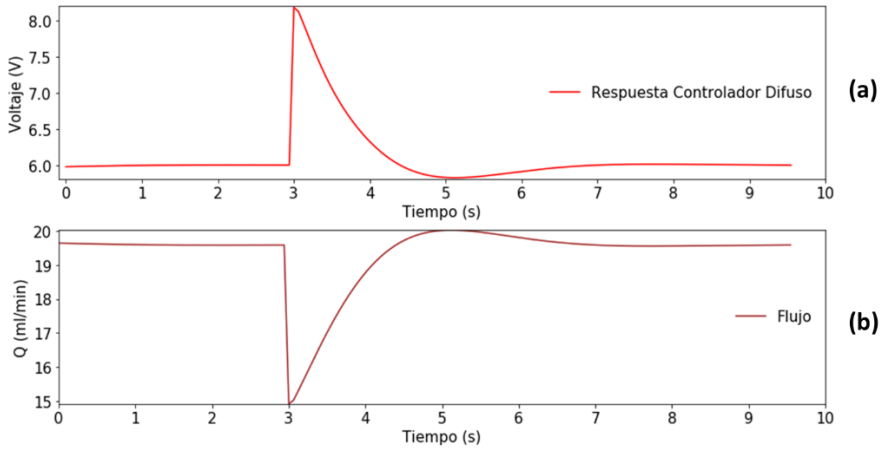


Figura 6. (a) Respuesta de voltaje del controlador difuso ante una perturbación de decremento en el flujo y (b) comportamiento del flujo ante el voltaje suministrado por el controlador difuso.

 ISSN 2007-8102

Del mismo modo, tomando en cuenta un factor del 90 % con respecto a la referencia es obtenido un tiempo de respuesta de 1 s, estabilizándose 4.5 segundos después de la aparición de la perturbación . Finalmente, en la Figura 7 es descrito el espacio de control que describe los límites del regulador difuso en función a los intervalos de los Universos del discurso de las variables del error y $\frac{dy}{dt}$ en contraste con su respectiva respuesta delimitada por el voltaje de salida.

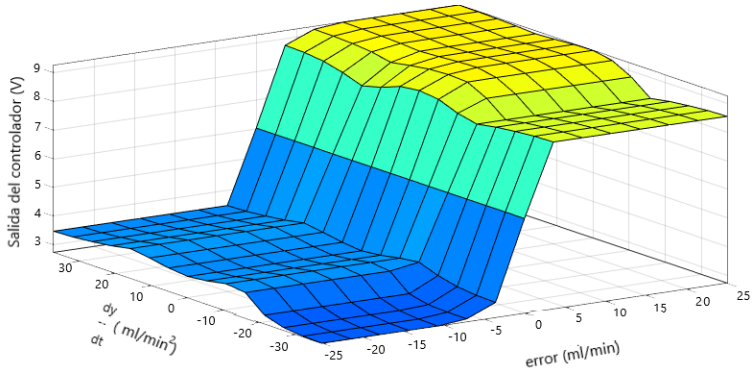


Figura 7. Espacio de control del regulador difuso.

De la misma manera, derivado de la pertenencia en los términos lingüísticos es observado un valor de tensión mínimo en intervalo de los 2.5 V ante variaciones donde el error y $\frac{dy}{dt}$ se establecen en muy negativo, y respuestas alrededor de los 9 V cuando ambas variables son muy positivas, no sin discriminar un valor alto de tensión en el intervalo de los 8 V cuando el error sea muy positivo y $\frac{dy}{dt}$ muy negativo. Por su parte, mientras ambas variables tomen un valor de cero el regulador mantendrá una magnitud de tensión de 6 V, valor promedio que permite definir el flujo ideal para el proceso de Micro-Manufactura.

Conclusiones

Según el estudio del proceso de manufactura no convencional descrito en [5,6] las perturbaciones en el flujo del electrolito modifican la calidad del producto final, observando deficiencias como alteraciones en la dimensión del maquinado, incremento de la resistencia eléctrica, cambio de la superficie del electrodo o decremento de la estabilidad tecnológica. En este sentido, en la presente investigación fue estudiado el proceso de control de flujo del electrolito mediante lógica difusa. Partiendo de las características que proporciona para el desarrollo de un método de control sin necesitad de un modelo matemático representativo del proceso, fue desarrollado un controlador MISO con un sistema de inferencia tipo Mamdani para contribuir a asegurar la calidad del producto final en un proceso de Micro-Manufactura no convencional ECM, mediante la regulación de manera eficiente del flujo del electrolito. Fueron necesarias doce reglas difusas como base de conocimiento para definir el razonamiento aproximado de las variables de entrada referentes al error y $\frac{dy}{dt}$.

Según las evidencias obtenidas mediante la comparación con un método de control clásico PID, es demostrado que un regulador basado en lógica difusa permite reducir el sobre impulso de tensión eléctrica que es aplicado sobre la planta, requiriendo una magnitud promedio máxima de 12.5 V para el PID, mientras que una media de 9 V para el regulador difuso. Además, el tiempo de estabilización observado en el flujo de electrolito presenta una diferencia de 3 s, acentuándose con mayor rapidez en t igual 4.5 s en el caso del controlador difuso y t igual 7.5 s por parte del PID convencional. Así mismo, es obtenido un error de 0.0085 ml/min en el caso de la técnica difusa y una magnitud de error de 0.01 ml/min en el control clásico. Es destacable que la diferencia en el tiempo de respuesta de ambos métodos es definida en tan solo 0.4 s, observando que mediante la adición de la variable $\frac{dy}{dt}$ al controlador es posible obtener una respuesta muy similar a un PID sin acentuar el sobre impulso generado por el sistema. En adición a lo anterior, es visto que el tiempo de respuesta de un sistema MISO es reducido en una razón de 16 s en comparación con un sistema SISO observado en [18],

validando que tomando en cuenta la razón de cambio del flujo de electrolito con respecto al tiempo puede acelerar la respuesta del controlador.

Trabajo a futuro

Con base en una perspectiva a mediano plazo se propone como trabajo a futuro de la investigación la optimización de las funciones de membresía correspondientes al nivel de tensión eléctrica aplicada sobre la planta, permitiendo optimizar el rendimiento de la energía requerida por el sistema ante perturbaciones con menor acentuación sobre el flujo. En este sentido, es propuesta una técnica evolutiva como algoritmos genéticos, debido a la factibilidad para la creación de un conjunto de soluciones con base en una metaheurística delimitada por una función de aptitud y un costo computacional no excesivo.

Referencias

[1] P. Grover, Fundamentos de manufactura moderna, 4th ed., México: Mc Graw Hill, 2010.

[2] H. Abdel y G. El-Hofy, Advance Machining Processes, 1 ed., Alexandria: McGraw-Hill, 2005.

[3] Z. Xu y Y. Wang, «Electrochemical Machining of complex components of aero-engines Developments, trends and technological advances,» *Chinese Journal of Aeronautics,* 2019.

[4] S. Kalpakjian y S. Schmid, Manufactura, Ingeniería y Tecnología, México: Prentice Hall, 2005.

[5] Z. Li, X. Jiang, J. Ge y Y. Wang, «Research of small deep curved hole electrochemical machining based on pulse power supply,» *22nd International Conference on Electrical Machines and Systems (ICEMS). Harbin, China,* 2019, pp. 1-4.

[6] A. Zaytzev, I. Agafonov, N. Gimaev, R. Moukhoutdinov y A. Belogorsky, «Precise pulse electrochemical machining by bipolar current: Aspects of effective technological aplication,» *Journal of Materials Processing Technology,* vol. 149, nº 3, pp. 419-425, 2004.

[7] A. Castro, F. Vera y J. Quintana, «Control Difuso de Flujo de Fluidos en una Estación de Laboratorio,» *Informacion Tecnologica,* vol. 15, nº 3, pp. 45-52, 2004.

[8] P. H., B. Ll. y A. S., «Passivity-Based Feedback Control of a Channel Flow For Drag Reduction,» de *UKACC International Conference on Control*, Loughborough, U.K, 2014. pp. 226-231.

[9] L. Zadeh, «Is there a need for fuzzy logic,» Information Sciences*,* vol. 178, pp. 2751-2779, 2008.

[10] I. Altas, Fuzzy logic control in energy systems, 1 ed., Croydon: CPI Group, 2017.

[11] W. Chang y F. Ling, «Mamdani and Takagi-Sugeno fuzzy controller design for ship in fin stabilizing systems,» *12th International Conference on Fuzzy Systems and Knowledge Discovery (FSKD). Zhangjiajie, China, 2015, pp. 345-350.*

[12] E. Trillas y L. Eciolaza, Fuzzy Logic. An Introductory Course for Engineering, Londres: Springer, 2015.

[13] E. Trillas y J. Gutierres, Aplicaciones de la Lógica Borrosa, España: RAYCAR, 1992.

[14] E. Pruna, I. Escobar, J. Llanos, A. Navas y J. Zambrano, «Evaluación del desempeño de los Controladores Lógico Difuso y Proporcional Integral Derivativo en una estación de caudal,» *Infociencia,* vol. 8, pp. 72-77, 2014.

[15] W. Torres, R. Farfán, J. Rúz, R. García y R. Lara, «Control difuso aplicado a un equipo para la regulación de caudal,» *Congreso Nacional de Control Automático. Ensenada, Baja California. Octubre 16,* 2013.

[16] I. Gallegos Miranda, «Sistema Computacional para la remoción controlada de Material en un proceso de Maquinado Electroquímico por Pulsos,» Tesis de Maestria en Ciencias de la Computación. Universidad Autónoma del Estado de México, 2019.

[17] Y. Ming, «Centroid defuzzyfication and the maximizing set and minimizing set ranking based on alfa level sets,» Computers & Industrial Engineering*,* vol. 57, nº 1, pp. 228-236, 2009.

[18] R. Kumar, S. Singla y V. Chopra, «Comparison Among some well know control schemes with diferent tuning methods,» *Journal of Applied Research and Technology,* vol. 13, nº 3, pp. 409-415, 2015.

Aplicación de control estadístico en el proceso de llenado en una empresa de bebidas carbonatadas

G. Alvarado Rodríguez[1], S. Ginés Palestino[2], A. Calderón Jiménez[2] y L. A. Hernández Sánchez[2]*
Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico Superior de Ciudad Serdán
[1]Alumna de la división de Ingeniería Industrial
[2]Profesor investigador de la división de Ingeniería Industrial
** 15cs0045@cdserdan.tecnm.mx*
***Área de participación**: Ingeniería Industrial*

Resumen

El control estadístico de la calidad es un conjunto de técnicas que permite analizar y controlar los procesos que se realizan en la elaboración de productos, con el objetivo de tomar decisiones e implementar estrategias para seguir mejorando continuamente y de esta manera satisfacer las expectativas de los clientes. El presente trabajo se desarrolló en una empresa de giro alimenticio, dedicada a la fabricación de bebidas carbonatadas. Por medio de la aplicación de herramientas del Control Estadístico de la Calidad se identificaron las líneas y válvulas de llenado que presentaban una mayor variabilidad en el proceso de llenado (Contenido neto) las cuales generaban 643.045 ml adicionales por cada ciclo de las llenadoras, posteriormente se ajustó la Línea F, 4 de sus válvulas generaban productos fuera del Límite Inferior (1970 ml) con un contenido de 1966.5 ml, este contenido se ajustó a un promedio de 1991 ml.

***Palabras clave**: Control Estadístico de la Calidad, Contenido neto, Líneas de embotellado, Válvulas de llenado.*

Abstract

Statistical quality control is a set of techniques that allows to analyze and control the processes that are carried out in the production of products, with the aim of making decisions and implementing strategies to continually improve and thus meet customer expectations. . The present work was developed in a food industry company dedicated to the manufacture of carbonated beverages. Through the application of Statistical Quality Control tools, the filling lines and valves that presented greater variability in the filling process (Net Content) were identified, which generated an additional 643,045 ml for each cycle of the fillers, subsequently adjusted Line F, 4 of its valves generated products outside the Lower Limit (1970 ml) with a content of 1966.5 ml, this content was adjusted to an average of 1991 ml.

***Key words**: Statistical Quality Control, Net content, Bottlings Lines, Filling valves.*

Introducción

Actualmente con las exigencias que se presentan en el mercado, las empresas se ven en la necesidad de aplicar técnicas más sofisticadas que permitan seguir manteniéndolas en una posición competitiva, el Control Estadístico de la Calidad es una herramienta que se ha utilizado en las grandes empresas tanto de manufactura como de servicios.
"El control se refiere al proceso empleado para cumplir con los estándares de manera consistente". El proceso de control implica observar el desempeño actual, compararlo con algún estándar y luego tomar medidas para ver si el desempeño observado es significativamente diferente al estándar [3].

En el presente documento se muestran las etapas que se llevaron a cabo durante el desarrollo del proyecto “Aplicación de control estadístico en el proceso de llenado en las Líneas de embotellado de una empresa de bebidas carbonatadas” con el propósito de identificar cuáles son las líneas de embotellado que presentan una mayor variabilidad en el contenido neto y posteriormente trabajar en ellas. El objetivo principal de este proyecto fue conocer el comportamiento del proceso de llenado (Contenido neto), de cada una de las Líneas de embotellado de la empresa aplicando herramientas de control estadístico y por consiguiente proponer y establecer mejoras que a un corto plazo se vieron reflejadas en el control y reducción de variabilidad.

Metodología

A continuación, se describe brevemente las etapas que constituyen la metodología para cumplir con los objetivos planteados.

1.- Recolección de datos.

Como primer paso se recolectó información sobre las líneas de embotellado (envase, presentación y número de válvulas), así como datos históricos del contenido neto que los operarios registran en el programa SuperCep.

2.- Análisis de datos históricos (Identificación de Líneas con mayores áreas de oportunidad).

En esta etapa se aplicó Estadística descriptiva (histogramas y gráficos de caja), prueba de hipótesis, análisis de capacidad, gráficos de control, pruebas de valores atípicos, etc.) que permitieron analizar e identificar las líneas que presentan más áreas de oportunidad las cuales fueron la Línea A, Línea B, Línea C y la Línea F.

3.- Análisis de las válvulas de llenado de las Líneas A, B, C y F.

Para realizar esta etapa se tomó un muestreo por válvulas de llenado de las líneas identificadas como puntos críticos, el cual consistió en tomar 3 muestras de cada válvula de llenado, esto para conocer cuáles generan productos fuera de especificación y productos con mililitros adicionales. Estos datos se analizaron con la ayuda de herramientas estadísticas (Análisis de Varianza, gráficos de intervalos de confianza, gráficos de efectos principales, entre otras), además, se llevó a cabo un estudio de repetibilidad y reproducibilidad para confirmar si el método de medición era correcto o no.

4.- Aplicación de mejoras

De acuerdo a los análisis realizados se establecieron mejoras que ayudaron a corregir las válvulas de llenado que generaban productos con contenido neto fuera de los límites de especificación; se propusieron mejoras que impactarán en la disminución de la variabilidad del contenido neto y por ende de la merma de jarabe que se genera.

Resultados y discusión

1.- Recolección de datos

La empresa cuenta con 7 líneas de embotellado, las cuales elaboran productos en diferentes presentaciones y envases, en la Tabla 1 se muestra las presentaciones que elabora cada Línea y el número de válvulas con las que cuenta cada una de ellas.

Tabla 1. Número de válvulas.

Línea	Envase	Presentación (Contenido neto)	No. De válvulas de llenado
A	PET	1,500 ml 2,000 ml	65
B	PET	355 ml 1,000 ml	60
C	PET	2,000 ml 2,500 ml	96
D	NR (Vidrio no retornable)	296 ml	72
	NR (Vidrio no retornable)	325 ml	
	RET (Vidrio Retornable)	355 ml	
E	CAN	355 ml	24
F	PET	600 ml	144
G	PET	600 ml	90

La fórmula que se utiliza para determinar el Contenido neto es la siguiente:

 ISSN 2007-8102

$$\text{Contenido neto} = \frac{(\text{Peso envase lleno aforado-Peso envase vacío})}{\text{Densidad.}}$$

Se recolectaron datos históricos del Contenido neto que los operarios registraron en un periodo de tres meses en el programa SuperCep, en el cual se encuentran establecidos los límites de especificación de cada presentación, estos rangos se determinaron con base a la Norma Oficial Mexicana NOM-002-SCFI-2011, Productos Preenvasados-Contenido neto-Tolerancias y métodos de verificación

2.- Análisis de datos históricos (Identificación de líneas con mayores áreas de oportunidad)

Una vez que se recolectaron los datos históricos del contenido neto, se aplicaron herramientas de Control Estadístico de Calidad (Prueba de hipótesis, histograma, descripción estadística, diagrama de cajas, gráfico de control, prueba de valores atípicos, gráfico de análisis de capacidad) para analizar el comportamiento del proceso de llenado de las diferentes presentaciones de cada línea de embotellado.

Ejemplo Línea A "1500 ml": Como primer paso se verificó que los datos siguieran una distribución normal, los datos que no cumplían con esta característica se ajustaron a una distribución para que los resultados del Cp y Cpk fueran más exactos. En este caso no fue necesario ajustar los datos ya que en la gráfica de probabilidad (Figura1) se obtuvo que P tiene un valor de 0.503 lo cual indica que es mayor al nivel de significancia 0.05.

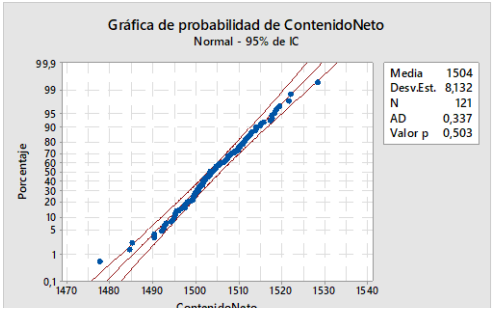


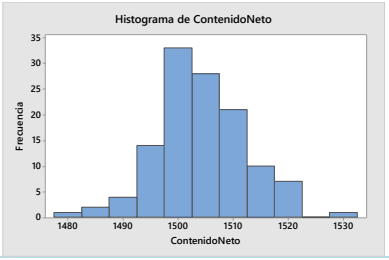
Figura 1. Grafica de probabilidad Línea A, 1500 ml

Posteriormente se aplicaron los gráficos que se muestran en las Figuras 2 y 3 (prueba de hipótesis, histograma, descripción estadística, diagrama de cajas, gráfico de control, prueba de valores atípicos y análisis de capacidad, respectivamente). Todas estas herramientas se aplicaron en cada una de las Líneas de embotellado con el objetivo de analizar y determinar las que presentan mayores áreas de oportunidad.

Prueba de hipótesis

Hipótesis nula	H_0: μ = 1500
Hipótesis alterna	H_1: μ ≠ 1500

Z-Value	P-Value
5.79	0.000



Descripción estadística

Variable	N	N*	Media	ErrorMedia	Desv.E	Mínimo	Q1	Mediana	Q3	Máximo
Contenido Neto	121	0	1504.3	0.739	8.13	1477.5	1499.5	1503.3	1509.9	1528.3

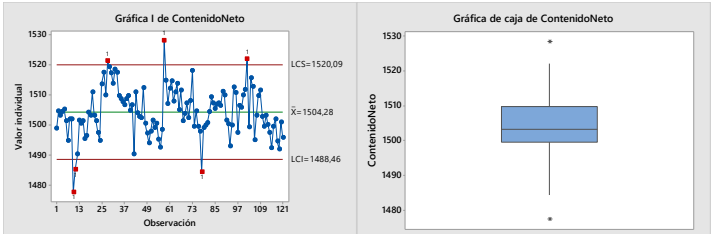


Figura 2. Gráficos Línea A, 1500 ml

 ISSN 2007-8102

Método	
Hipótesis nula	Todos los valores de los datos provienen de la misma población normal.
Hipótesis alterna	El valor de datos más pequeño o más grande es un valor atípico.
Nivel de significancia	α = 0.05

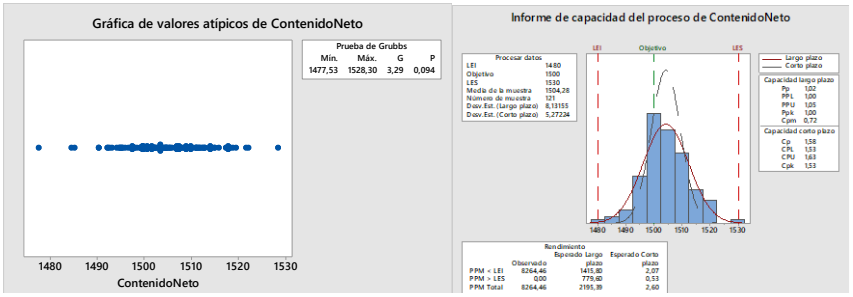


Figura 3. Prueba de valores atípicos y análisis de capacidad Línea A, 1500 ml

De acuerdo a los resultados que se obtuvieron en los gráficos, se pudo determinar las líneas y las presentaciones en las que es necesario analizar el comportamiento del proceso de llenado. Las líneas con mayores áreas de oportunidad son:

- ✔ Línea A: Presentación de 2000 ml.
- ✔ Línea B: Presentación de 355 ml.
- ✔ Línea C: Presentación de 2000 ml.
- ✔ Línea F: Presentación de 600 ml.

3.- Análisis de las válvulas de llenado de las Líneas A, B, C y F

Para poder conocer el comportamiento de cada válvula de llenado se realizaron 3 muestreos de todas las válvulas de cada línea de embotellado (A,B, C y F), esto con el propósito de identificar cuáles son las válvulas que originan una mayor variabilidad en el proceso de llenado, este número de muestras se determinó en conjunto con el área de Calidad y Producción, considerando que esta actividad no afectará la eficiencia de la producción planeada, además la cantidad de muestras es representativa para realizar los análisis correspondientes. Las muestras por válvula de cada llenadora se analizaron a través de una gráfica de intervalos en donde se observan las válvulas que generan productos con una mayor variabilidad (Figura 4, Figura 5, Figura 6 y Figura 7).

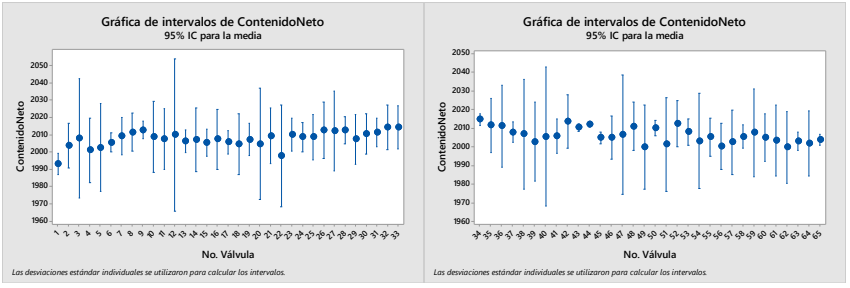


Figura 4. Gráfica de intervalos Línea A

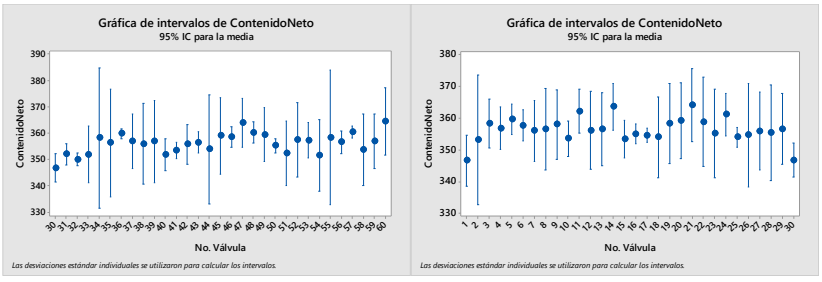


Figura 5. Gráfica de intervalos Línea B

 ISSN 2007-8102

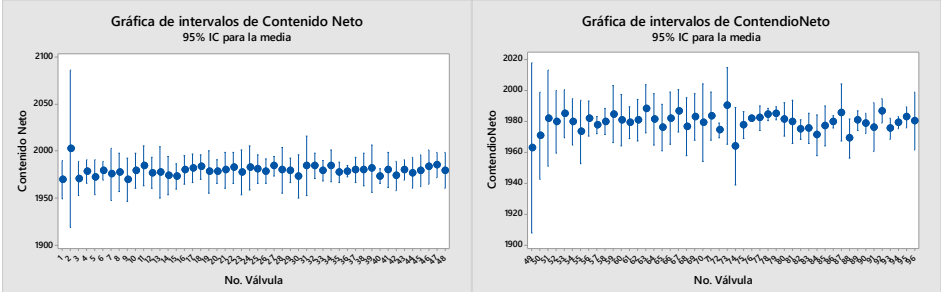


Figura 6. Gráfica de intervalos Línea C

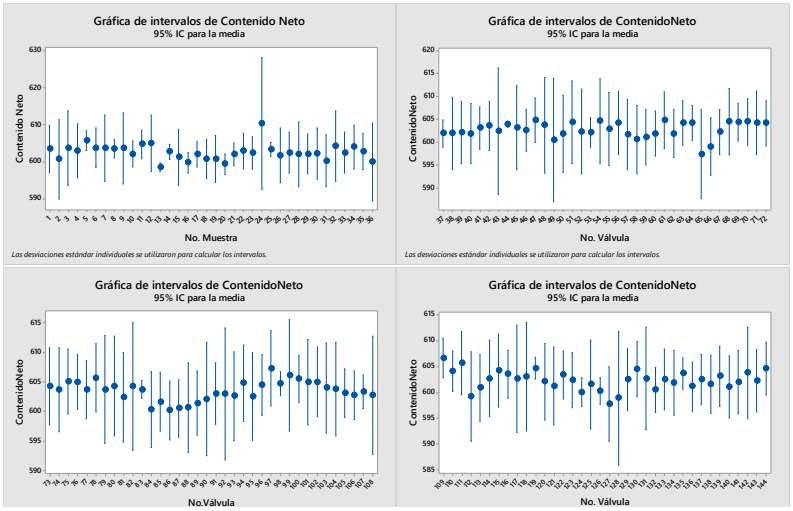


Figura 7. Gráfica de intervalos Línea F

De acuerdo a lo establecido por el área de Aseguramiento de Calidad, se determinó que las válvulas que tienen una media de 0.5% ≥ contenido neto declarado son las que generan una mayor merma de producto (Tabla 2).

Tabla 2. Equivalencia del 5% del contenido neto declarado

Línea	Contenido Neto declarado	Tolerancia (%)	Equivalencia
A	2000 ml	0.5%	2010 ml
B	355 ml	0.5%	357 ml
C	2000 ml	0.5%	2010 ml
D	600 ml	0.5%	603 ml

En las tablas 3, 4 y 5 se encuentran registradas las válvulas de llenado que originan más merma de producto.

Tabla 3. Válvulas de llenado Línea A

No. Válvula	Media	No. Válvula	Media
8	2011.51	**34**	2014.67
9	2012.74	**35**	2011.56
23	2009.99	**36**	2011.16
26	2012.67	**42**	2013.54
27	2012.04	**43**	2010.4
28	2012.4	**44**	2012.24
30	2010.34	**48**	2011.02
31	2011.37	**50**	2010.25
32	2014.24	**52**	2012.54
33	2014.25		

Con base a los resultados obtenidos se determinó que la Línea A en la presentación de 2000 ml genera una merma de 228.93 ml por cada ciclo de la llenadora lo que equivale a 22 botellas adicionales por hora.

Tabla 4. Válvulas de llenado Línea B

No. Válvula	Mean	No. Válvula	Mean
3	358.34	**36**	359.898
5	359.62	**45**	359.11
6	357.79	**46**	358.654
9	358.02	**47**	363.97
11	362.21	**48**	360.267
14	363.61	**49**	359.49
19	358.38	**52**	357.46
20	359.19	**53**	357.3
21	364.19	**55**	358.42
22	358.85	**57**	360.517
24	361.17	**60**	364.41
34	358.29		

En la línea B con la presentación de 355 ml, se obtuvo un valor de 114.5 ml adicionales por cada vuelta de la llenadora, lo que equivale a 122.19 botellas por hora.

Válvulas de llenado Línea C: En este caso el comportamiento del proceso se encuentra por debajo del objetivo, por un lado, esto beneficia a la empresa, debido a que esta línea no genera gran cantidad de merma, sin embargo, no se cumple con el objetivo. Además de que las válvulas 1, 9, 74 y 88 están elaborando productos fuera del límite de especificación inferior (1970 ml), por lo tanto, se trabajará en estas válvulas.

Tabla 5. Válvulas de llenado Línea F

No. Válvula	Media	No. Válvula	Media	No. Válvula	Media	No. Válvula	Media
1	603.4	**47**	604.83	**77**	603.67	**104**	603.86
3	603.64	**48**	603.77	**78**	605.72	**105**	603.179
5	605.669	**51**	604.33	**79**	603.76	**107**	603.392
6	603.74	**54**	604.66	**80**	604.31	**109**	606.656
7	603.7	**56**	604.26	**82**	604.29	**110**	604.119
8	603.517	**61**	604.82	**83**	603.747	**111**	605.72
9	603.6	**63**	604.23	**91**	603.04	**115**	604.23
11	604.673	**64**	604.242	**92**	603.02	**116**	603.55
12	604.92	**68**	604.56	**94**	604.82	**118**	603.05
24	610.26	**69**	604.414	**96**	604.52	**119**	604.663
25	603.279	**70**	604.49	**97**	607.35	**122**	603.41
32	604.26	**71**	604.26	**98**	604.789	**130**	604.49
34	603.96	**72**	604.22	**99**	606.14	**135**	603.654
41	603.13	**73**	604.29	**100**	605.616	**139**	603.15
42	603.58	**74**	603.72	**101**	604.99	**142**	603.8
44	603.936	**75**	605.07	**102**	605	**144**	604.64
45	603.14	**76**	605	**103**	604.01		

Con base al análisis que se realizó se obtuvo que la Línea F genera una merma de 291.925 ml por cada ciclo de la llenadora, lo que equivale a 39 botellas adicionales por hora.

Estudio de Repetibilidad y Reproducibilidad:
Se realizó un estudio de repetibilidad y reproducibilidad para conocer que tanto influían el sistema de medición de los operarios y la maquinaria en la variación del contenido neto. En la Figura 8 se observa que la gráfica de la variación muestra la variabilidad causada por las fuentes del error de medición, en donde la variación de Parte por parte tiene un % de 99.99, lo que indica que el sistema de medición no tiene interacción en la variabilidad. En la gráfica R por operador se observa una variación en las mediciones de la línea, de ahí en fuera todas las mediciones son consecutivas; en la gráfica X barra por operador se observa que las media es de 2002.75 y las mediciones son semejantes. En la gráfica de botella por línea se observa que la forma de medición de los operarios es estadísticamente igual, de tal forma que las mejoras tienen que tomarse primordialmente a la maquinaria (llenadora y a sus componentes).

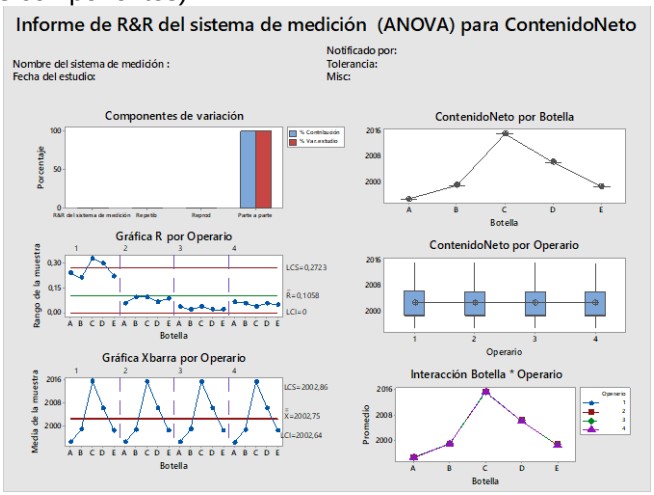


Figura 8. Análisis de Repetibilidad y Reproducibilidad

4.- Aplicación de mejoras en la Línea C.
Principalmente se decidió trabajar con la Línea C, ya que las válvulas 1, 9, 74 y 88, generan productos fuera del Límite de Especificación Inferior, lo cual puede provocar problemas legales.

Los principales problemas que presentaron las válvulas de llenado son: los tubos de ventila presentan defectos, las copas centradoras están desgastadas, las copas centradoras no embonan bien con el molde. Se llevaron a cabo las actividades que solucionaron el problema de estas 4 válvulas de llenado.

1. En el defecto de los tubos de ventila se optó por cambiarlos a tubos metálicos, ya que con los que se estaban trabajando en estas válvulas el esparcidor se encontraba desgastado debido a que el material era de neopreno.
2. En cuanto a las copas centradoras se mandaron a realizar los repuestos, esto también solucionó el defecto (Las copas centradoras no embonan bien con el molde).

Para poder evaluar el comportamiento de estas válvulas, se tomaron 10 muestras antes y después de aplicar las dos actividades anteriores, en la Figura 9 se muestra la comparación de las válvulas de llenado.

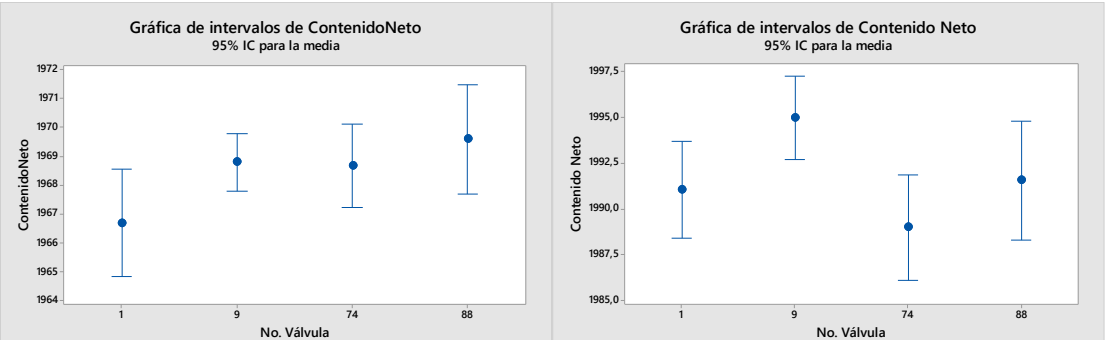


Figura 9. Comparación del comportamiento de las válvulas de llenado antes y después de las mejoras.

Trabajo a futuro

Se pretende replicar lo aplicado en la Línea C en las líneas restantes, además de realizar las siguientes actividades:

1. Rotular tubos de ventila: Esta propuesta consiste en identificar los tubos de ventila con el número de la válvula de llenado, de esta manera se podrá evaluar el comportamiento de ambos. Cabe mencionar que como estudio inicial se deberá realizar una prueba piloto con algunos tubos de ventila, en donde será necesario hacer pruebas microbiológicas con el objetivo de garantizar la inocuidad de los productos.
2. Ajustar tubos de ventila: Los tubos de ventila funcionan de la siguiente manera: Si el tubo tiene una medida más pequeña el contenido neto será mayor y si la medida del tubo es mayor el contenido neto será menor, por lo cual, es necesario ajustar los tubos que tengan diferentes medidas a las establecidas.

Conclusiones

Con la aplicación del Control Estadístico de la Calidad en las líneas de embotellado dentro de una empresa de bebidas carbonatadas, se logró conocer cuáles son las líneas y las válvulas de llenado que presentan una mayor variabilidad; al inicio no se sabía en qué medida el contenido neto repercutía en la merma de producto terminado, pero realizando el análisis sobre el comportamiento del proceso de llenado, se pudo identificar que la Línea A genera una merma de 22 botellas por hora, mientras que la Línea B 122 botellas y por último la Línea F produce 39 botellas, de lo contrario la Línea C elaboraba productos fuera del límite inferior (1970 ml). Se aplicaron mejoras en la Línea C que permitieron corregir el comportamiento del proceso de llenado de las válvulas 1,9, 74 y 88, antes de las mejoras las válvulas producían botellas con un promedio de 1966.5 ml, 1968.5 ml, 1968.3 ml y 1969.4 ml, respectivamente, una vez aplicadas se logró ajustar el Contenido neto a 1991 ml, 1994 ml, 1888 ml y 1991.5 ml. Por otro lado, se propusieron estrategias para seguir mejorando continuamente.

Referencias

[1] C. Turégano, "*Norma Oficial Mexicana* NOM-002-SCFI-2011. 2011. 2019, de Diario Oficial Federal", 2012, [Online] Available: https://www.dof.gob.mx/nota_detalle_popup.php?codigo=5263188
[2] O. Echeverri, "*Capacidad de Proceso.* En Bootstrap Confidence Limits for Short- Run Capacibility Indices", Colombia: Quality Engineering, 2003, pp. 22-24.
[3] F. M. Gryna, R. C. Chua, and J. A. DeFeo, "*Método Juran, Análisis y Planeación de Calidad",* México, D. F.: McGRAW-HILL/INTERAMERICANA EDITORES, S.A. DE C.V., 2007.
[4] P. Carro, and D. González, "*Administración de las Operaciones*", Mar de Plata: Universidad Nacional de Mar del Plata. Facultad de Ciencias Económicas y Sociales, 2015.
[5] H. Gutiérrez, and R. D. Vara, "*Control Estadístico de Calidad y Seis Sigma* ", México: McGRAW-HILL/INTERAMERICANA EDITORES, S.A. DE C.V., 2009.

Mejora en el proceso de recepción y embarque en Almacén Central, usando Software ProModel

G. Paxtián Méndez[1], C. R. Posadas Trejo[1], J. J. San Juan Garduza[2***], A. Rojas Cessa[2****]*
[1]Departamento de Ingeniería Industrial, Tecnológico Nacional de México / Campus Acayucan, Carretera Costera del Golfo Km 216.4, Desviación a Montegrande, C.P. 96100, Acayucan, Veracruz, México.
[2]Departamento de Ingeniería en Sistemas Computacionales, Tecnológico Nacional de México / Campus Acayucan, Acayucan, Veracruz, México.
**gerardopaxtian@itsacayucan.edu.mx*
***trejo_85@hotmail.com*
****gnuredsox@gmail.com*
*****cessa01@hotmail.com*

***Área de participación**: Ingeniería Industrial*

Resumen

Se realizó un modelo en el software de simulación ProModel, partiendo de datos generados en el almacén central Unidad Operativa Acayucan, los cuales nos indicaban variabilidad en los procesos de recepción y embarque, y esto generaba retrasos en los repartos de las diversas tiendas rurales a las cuales pertenece dicha unidad operativa. Esto motivó a realizar un análisis, y se encontraron datos interesantes como que los montacargas eran utilizados por debajo de su capacidad de carga. Por otro lado, los trabajadores se encontraban distribuidos de forma inadecuada para el proceso de embarque, lo cual también provocada demoras y atraso para poder completar un carro, y que este estuviera listo para su salida del almacén. Cuando se llevó a cabo la simulación del modelo en el Software ProModel, se observa la optimización de los tiempos y eficiencia en los procesos hasta en un 40%.

***Palabras clave**: Simulación, ProModel, proceso, almacén*

Abstract

A model was made in the Promodel simulation software, based on data generated in the central warehouse of Diconsa Unit Operative Acayucan, which indicated variability in the reception and shipping processes, and this generated delay in the deliveries of the various rural stores to which this operating unit belongs. This reason to carry out an analysis, and interesting data were found such as that the forklifts were used below their load capacity. On the other hand, the workers were inadequately distributed for the shipping process, which also caused slowness and delay in completing a cart, and that it was ready to leave the warehouse. When the simulation of the model was carried out in the Promodel Software, the optimization of times and efficiency in the processes was observed by up to 40%.

***Keywords**: Simulation, ProModel, process, warehouse.*

Introducción

Los almacenes son espacios necesarios en la logística de productos [1], los cuales cumplen un objetivo determinado, ya sea resguardar materia prima o producto terminado. Además, son

alternativas ideales para que cumplan con un aseguramiento de almacenamiento eficiente y un alto nivel de servicio [2]. En tanto, los avances tecnológicos actuales tanto en el campo de manipulación física de los materiales como las de almacenaje, donde se implementa la robótica, es sumamente sustancioso como para hacer que los constituyan una de las áreas más tecnificadas dentro de la llamada cadena logística de distribución [3]. En los procesos actuales, se puede observar que existen tiempos muertos, los cuales surgen, en gran medida a la tardanza en liberar los pedidos para el embarque; por lo tanto, no importará si las cuadrillas estén preparadas para trabajar, mientras la orden no está liberada. Para ello, se realiza un estudio de observación, de tiempos de trabajo de ambos procesos, y de las cuadrillas, se anota en la bitácora para el registro adecuado y que nos permitan programarlos en el proceso de simulación.
Para modelar y simular un sistema real es necesario implementar un modelo matemático aplicado a la simulación tales como C++, Visual Basic, Java; o programas como ProModel, Arena y FlexSim [4] , Para este trabajo se utiliza la versión ProModel Estudiante, y que mediante sus resultados podamos tomar la decisión adecuada y que se visualice en la optimización e incremento de la productividad. Cuando el modelo ha sido creado, éste puede ser optimizado para encontrar los valores óptimos de los parámetros claves del modelo [5]. [6]

Este modelo tiene como finalidad, plantear una propuesta de mejora, basada en los resultados estadísticos que proporcione el modelado en ProModel, esto se enfoca en dos procesos, la descarga y el embarque, con la finalidad de optimizar los tiempos [7]. El simulado con ProModel consiste analizar y recoger datos representativos del proceso de descarga, se toman en cuenta los tiempos estudiados en distintos días, para poner obtener datos más precisos, para esto se estudiaron 30 días continuos, se introducen los datos al software y se programan los tiempos del proceso, de cada área, de cada actividad, y de cada operario. De esta manera se modela en diferentes escenarios, se analiza la información estadística y se toman decisiones.

Metodología

Materiales

Para esta modelación se utilizaron: dos computadoras personales, software de simulación ProModel y Stat Fit, previamente instalados en ambas computadoras, para el que el simulado fuera totalmente basado en lo real, se diseñó el almacén en el software Sweet Home 3D, ya que este almacén sufrió un incendio en el año 2014 [8], y se perdieron los planos originales. Por último, también se emplearon bitácoras para las anotaciones de los tiempos de los procesos analizados.

FASE 1 Definición del sistema

La Unidad Operativa-Almacén Central en la Ciudad de Acayucan, Veracruz, opera a los distintos almacenes rurales del Sur de Veracruz, para este proyecto fue necesario hacer un análisis preliminar en el almacén central a través de un diagnóstico en las áreas de recepción y embarque, y establecer un reporte de resultados de las necesidades que requiere.

FASE 2 Formulación del Modelo

En esta fase fue preciso seleccionar las áreas donde se enfocaría el estudio, en este caso el área de recepción y embarque, siendo unas de las más importantes en la operación del almacén central. A través del estudio realizado se toma la decisión de utilizar el Software ProModel, destinado para brindar simulaciones de operaciones en las áreas designadas y así poder determinar la mejor combinación de factores en el proceso de operación.

FASE 3 Colección de datos

A través de la observación se recopila la información de los tiempos, se obtienen datos reales al embarcar y descargar una caja remolque u otro tipo de transporte que se utilizó. Todo se registró en formatos impreso elaborados en Excel, exclusivos para las áreas designadas del modelo. Mediante

esta observación directa, permite un amplio análisis de la información, sustentado con más de 30 registros en todo el estudio.

UNIDAD OPERATIVA ACAYUCAN-ALMACÉN CENTRAL

Fecha: 05/Noviembre/2017
Área: Embarque
Inicio: 08:38 am Receso: 10:50 a 12:00
Producto: Mercancía en general
Termino: 2:18am
Estibadores: cuadrilla 1, 1 revisor, 2 estibadores y 1 montacarguista

1	01:29	29	01:38	57	01:38	85	
2	03:11	30	01:20	58	01:22	86	
3	01:01	31	01:19	59	00:59	87	
4	01:48	32	02:02	60	00:57	88	
5	01:48	33	01:48	61	01:01	89	
6	02:02	34	03:11	62	01:38	90	
7	01:30	35	01:28	63	01:48	91	
8	01:25	36	02:18	64	01:30	92	
9	01:55	37	01:03	65	02:30	93	
10	01:03	38	01:33	66	03:07	94	
11	01:28	39	01:09	67	01:09	95	
12	01:48	40	01:01	68	01:19	96	
13	01:33	41	02:04	69	01:48	97	
14	01:22	42	03:11	70	01:02	98	
15	02:18	43	01:48	71		99	
16	01:21	44	02:18	72		100	
17	02:30	45	01:09	73		101	
18	01:09	46	01:20	74		102	
19	01:01	47	01:50	75		103	
20	01:03	48	01:09	76		104	
21	01:00	49	01:22	77		105	
22	02:03	50	02:08	78		106	
23	02:03	51	02:02	79		107	
24	01:26	52	03:06	80		108	
25	01:30	53	01:48	81		109	
26	01:17	54	01:29	82		110	
27	03:06	55	02:03	83		111	
28	02:08	56	01:22	84		112	

Figura 1. Recolección de datos en un dia de trabajo.

FASE 4 Implementación del modelo en la computadora

Cuando se dispone de los datos recabados y del modelo definido, se procede a la verificación lógica implementando la herramienta estadística adicional de ProModel, Stat Fit, la cual nos proporciona los resultados adecuados, a través de una distribución continua, debido a que tenemos tiempos de trabajo como los elementos de estudio, y esto nos lleva a un ajuste de datos con pruebas de bondad como Logarítmica Normal, Uniforme y Exponencial, tal y como se muestra en la figura 2, obteniendo un ajuste óptimo en la distribución Lognormal. Por otro lado, se utilizó un nivel de aceptación del 95%, y con ello, se obtuvo un mejor ajuste a los datos reales. De esta manera, Stat Fit, proporciona datos adicionales con las pruebas que mejor se ajustan a la Distribución aceptada, dando como resultado el ajuste adecuado la prueba Kolmogorov Smirnov y Anderson Darling, como puede observarse en la figura 3. De esta manera se validan los datos y se programa el modelo en el software ProModel, y Sweet Home 3D, el cual permite moldear la operación real del estudio.

 ISSN 2007-8102

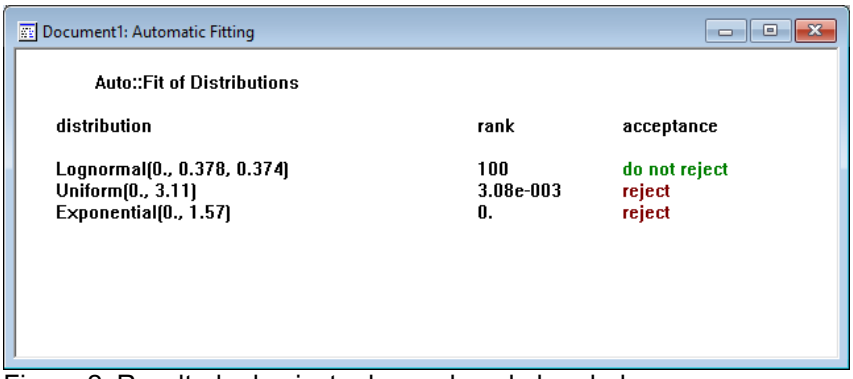


Figura 2. Resultado de ajuste de pruebas de bondad.

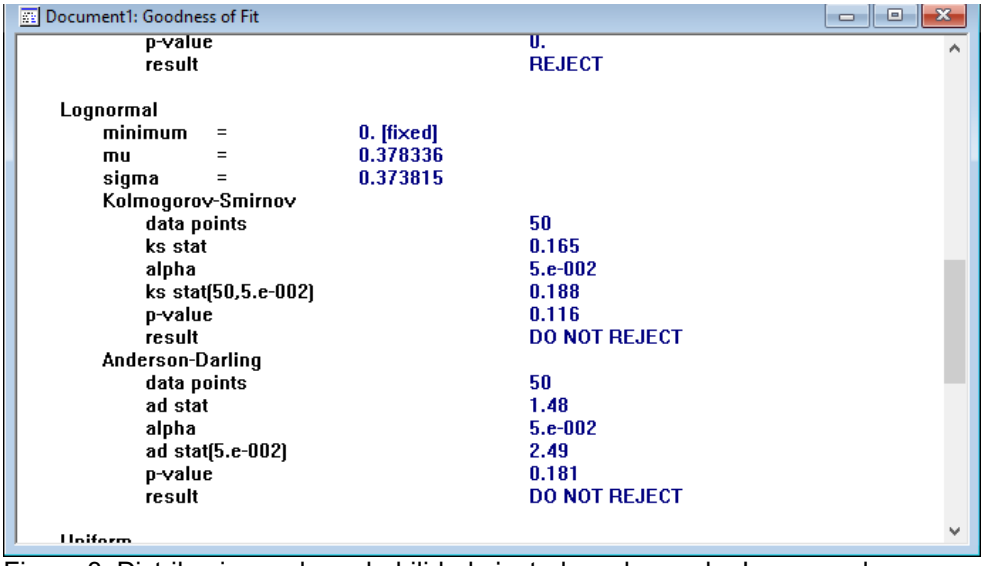


Figura 3. Distribuciones de probabilidad ajustadas a la prueba Lognormal.

FASE 5 Validación

Para la validación de la logística de la Unidad Operativa Acayucan, se construyó el modelo de simulación en el Software ProModel, donde se introdujo de manera aleatoria la información registrada en los marbetes, obtenida durante el periodo de 30 días. Es aquí donde se realizó el cotejo de la situación antes y después de la simulación.

FASE 6 Experimentación e interpretación

Se realizan las primeras pruebas utilizando el procedimiento actual en el área de recepción y embarque, en la segunda recreación se utilizan dos montacargas para observar la diferencia y así poder evaluar que alternativa brinda mayor eficiencia. Mediante la animación que facilita Promodel y de los resultados numéricos y los gráficos que se obtuvieron, se realizó un análisis de los procesos de recepción, almacenamiento y distribución del estado actual, y después de usar la simulación, con el fin de cumplir con los objetivos del proyecto.

 ISSN 2007-8102

Resultados y discusión

En el marco de la discusión sobre la optimización de los procesos, y disminución de tiempos de entrega, se establece como una variable importante, es el número de estibadores y el número de montacargas. Estas dos variables, definitivamente tienen un impacto en el tiempo de recibo y en la demora, que hasta antes de este modelo, había en la Unidad Operativa. Logrando que se ponga en marcha un montacarga con el cual ya se contaba, pero que no se usaba. Y, por otra parte, las cuadrillas de trabajadores, se logran equilibrar para mejorar los tiempos en ambos procesos, haciendo más eficientes.

Demostración del sistema lógico del área de recibo

Tal y como se observa en la Figura 4, se identificó que en el área de recibo existe mucha variación de tiempos en los recorridos que hace el montacarga, debido a que un solo montacarga se encarga de acomodar los productos estibados de dos cajas al mismo tiempo.

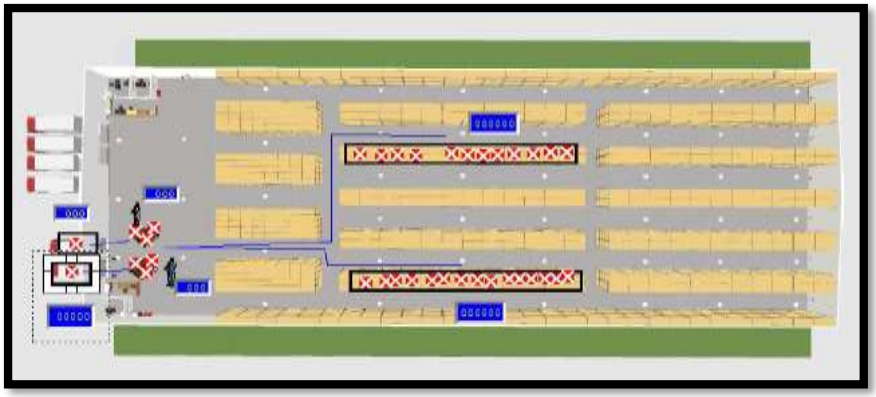
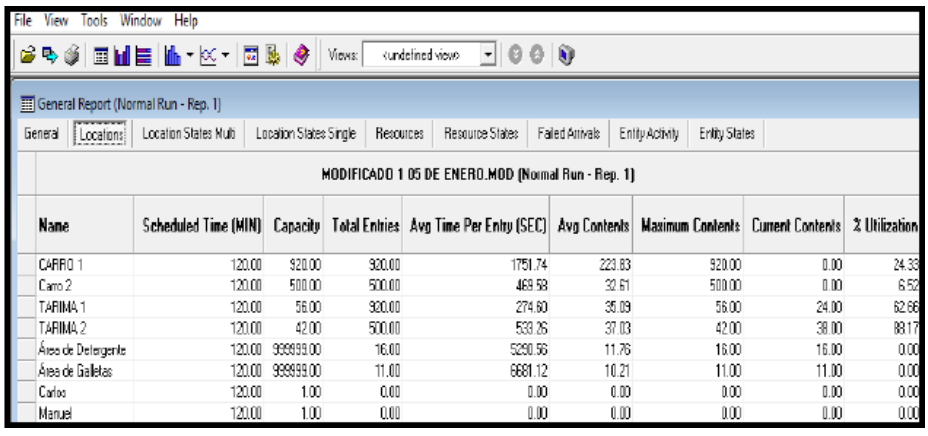


Figura 4. Área de Recibo

La Figura 5, muestra que cada locación está al máximo de su capacidad, tanto en el área de detergente, como en el área de galleta. Así mismo la estadística muestra que el porcentaje de utilización de la tarima del detergente es de **62.66%** debido al peso del producto y la tarima de galleta se utiliza un **88.17%** porque se puede estibar más producto por su peso ligero.



File View Tools Window Help

Views: <undefined views>

General Report (Normal Run - Rep. 1)

General | Locations | Location States Multi | Location States Single | Resources | Resource States | Failed Arrivals | Entity Activity | Entity States

MODIFICADO 1 05 DE ENERO.MOD (Normal Run - Rep. 1)

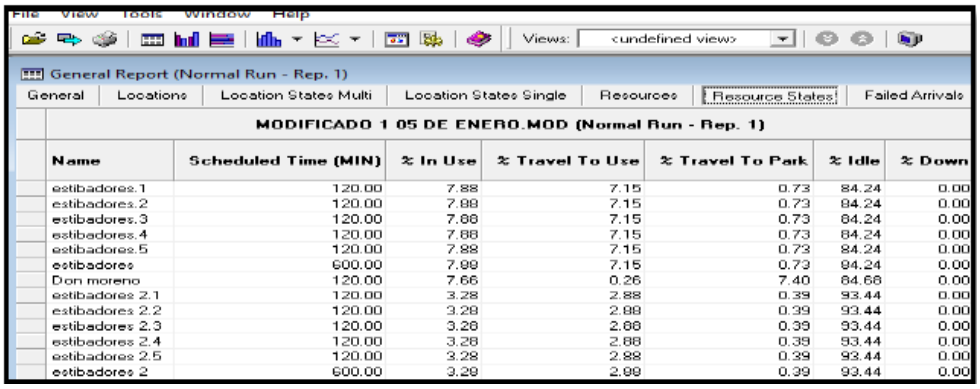
Name	Scheduled Time (MIN)	Capacity	Total Entries	Avg Time Per Entry (SEC)	Avg Contents	Maximum Contents	Current Contents	% Utilization
CARRO 1	120.00	920.00	920.00	1751.74	223.83	920.00	0.00	24.33
Carro 2	120.00	500.00	500.00	469.58	32.61	500.00	0.00	6.52
TARIMA 1	120.00	56.00	920.00	274.60	35.09	56.00	24.00	62.66
TARIMA 2	120.00	42.00	500.00	533.26	37.03	42.00	38.00	88.17
Área de Detergente	120.00	999999.00	16.00	5290.56	11.76	16.00	16.00	0.00
Área de Galletas	120.00	999999.00	11.00	6681.12	10.21	11.00	11.00	0.00
Carlos	120.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Manuel	120.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Figura 5. Localizaciones utilizadas en el proceso de recibo.

 ISSN 2007-8102

Análisis de resultados del área de recibo

Después de haber modelado este proceso, en la Figura 6, podemos observar el comportamiento de los recursos(estibadores), teniendo un **7.88%** los estibadores del carro 1, y un **3.28%** los estibadores del carro 2, esto debido a la cantidad de producto que llegó en cada caja, mientras que el montacarga trabaja un **7.66%** de su capacidad.

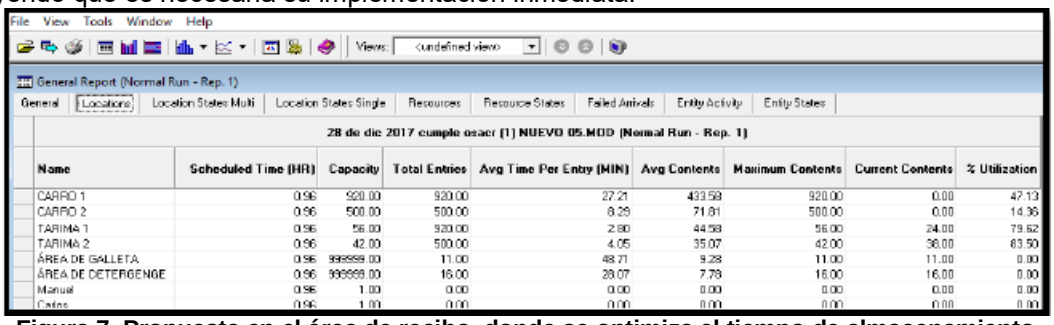


Name	Scheduled Time (MIN)	% In Use	% Travel To Use	% Travel To Park	% Idle	% Down
estibadores.1	120.00	7.88	7.15	0.73	84.24	0.00
estibadores.2	120.00	7.88	7.15	0.73	84.24	0.00
estibadores.3	120.00	7.88	7.15	0.73	84.24	0.00
estibadores.4	120.00	7.88	7.15	0.73	84.24	0.00
estibadores.5	120.00	7.88	7.15	0.73	84.24	0.00
estibadores	600.00	7.99	7.15	0.73	84.24	0.00
Don moreno	120.00	7.66	0.26	7.40	84.68	0.00
estibadores 2.1	120.00	3.28	2.88	0.39	93.44	0.00
estibadores 2.2	120.00	3.28	2.88	0.39	93.44	0.00
estibadores 2.3	120.00	3.28	2.88	0.39	93.44	0.00
estibadores 2.4	120.00	3.28	2.88	0.39	93.44	0.00
estibadores 2.5	120.00	3.28	2.88	0.39	93.44	0.00
estibadores 2	600.00	3.29	2.89	0.39	93.44	0.00

Figura 6. Comportamiento de los estibadores basados en la descarga de un carro.

Comportamiento analizado vs comportamiento de la propuesta

Al realizar la simulación en el área de recibo, con la utilización de un segundo montacarga para el acomodo de los productos, en la Figura 7 se refleja claramente la optimización de sus tiempos, concluyendo que es necesaria su implementación inmediata.



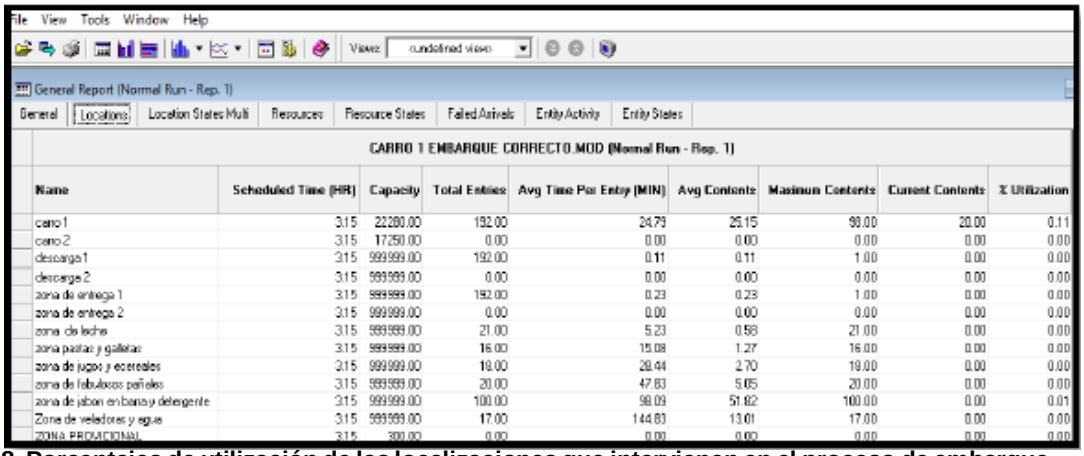
Name	Scheduled Time (HR)	Capacity	Total Entries	Avg Time Per Entry (MIN)	Avg Contents	Maximum Contents	Current Contents	% Utilization
CARRO 1	0.96	920.00	920.00	27.21	433.58	920.00	0.00	47.13
CARRO 2	0.96	500.00	500.00	8.29	71.61	500.00	0.00	14.36
TARIMA 1	0.96	56.00	920.00	2.80	44.58	56.00	24.00	79.62
TARIMA 2	0.96	42.00	500.00	4.05	35.07	42.00	36.00	83.50
ÁREA DE GALLETA	0.96	999999.00	11.00	48.71	9.28	11.00	11.00	0.00
ÁREA DE DETERGENGE	0.96	999999.00	16.00	28.07	7.78	16.00	16.00	0.00
Manual	0.96	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cajas	0.96	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Figura 7. Propuesta en el área de recibo, donde se optimiza el tiempo de almacenamiento.

Análisis en el Área de embarque

La Figura 8 muestra la utilización del carro 1 y el carro 2, ya que ambos tienen un **99%** de su capacidad, es decir, ambas cajas están llenas, de acuerdo al pedido del almacén rural, Figura 9

 ISSN 2007-8102



File View Tools Window Help

Views: <undefined view>

General Report (Normal Run - Rep. 1)

General | Locations | Location States Multi | Resources | Resource States | Failed Arrivals | Entity Activity | Entity States

CARRO 1 EMBARQUE CORRECTO.MOD (Normal Run - Rep. 1)

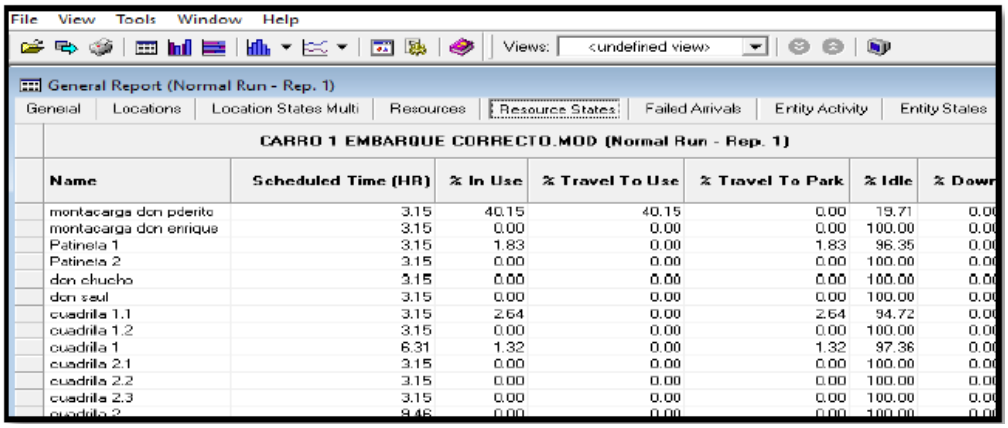
Name	Scheduled Time (HR)	Capacity	Total Entries	Avg Time Per Entry (MIN)	Avg Contents	Maximum Contents	Current Contents	% Utilization
carro 1	3.15	22280.00	192.00	24.79	26.15	98.00	20.00	0.11
carro 2	3.15	17250.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
descarga 1	3.15	999999.00	192.00	0.11	0.11	1.00	0.00	0.00
descarga 2	3.15	999999.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
zona de entrega 1	3.15	999999.00	192.00	0.23	0.23	1.00	0.00	0.00
zona de entrega 2	3.15	999999.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
zona de leche	3.15	999999.00	21.00	5.23	0.58	21.00	0.00	0.00
zona pastas y galletas	3.15	999999.00	16.00	15.08	1.27	16.00	0.00	0.00
zona de jugos y cereales	3.15	999999.00	19.00	28.44	2.70	19.00	0.00	0.00
zona de fabulosos pañales	3.15	999999.00	20.00	47.83	5.05	20.00	0.00	0.00
zona de jabon en barra y detergente	3.15	999999.00	100.00	98.09	51.82	100.00	0.00	0.01
Zona de veladoras y agua	3.15	999999.00	17.00	144.83	13.01	17.00	0.00	0.00
ZONA PROMOCIONAL	3.15	300.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Figura 8. Porcentajes de utilización de las localizaciones que intervienen en el proceso de embarque.

NÚMERO DE CAJA	DESTINO	H. DE INICIO	RECESO	H. DE TERMINO	N. DE TRABAJADORES	TONELADAS	PRODUCTOS
353	El Chichon	8.52 am	10.50 am	12.40 pm	cuadrilla 1	22,280	Productos en general como: detergente, pastas
			a		1 revisor		jugos, pañales, leche, veldora, agua, galleta, clorox
			12.00 pm		2 estibadores		chocolate, café, avena, mediacrema, ensueño, ariana
					1 montacargista		cubetas, escobas, papel higienico, palomita de maiz, ect.
354	Campo Nuevo	9.26 am	10.34 am	12.44 pm	cuadrilla 2	17, 250	Productos en genral como: agua bonafon, papel higienico
			a		1 revisor		aceite de soya, arina de arroz, galleta de animalito, café,
			11.53 am		3 estabadores		jugos de vida, pañales de suavelastic, vasos de plastico,
					1 montacargista		leche delite, detergente ariel, multiuso, pastas, veladoras, ect.
54	Tapalapan	1.00 pm		2.25 pm	cuadrilla 1	17, 646	Productos en general, mayonesa, galletas marias, nescafe,
					1 revisor		mole, pastas, dtergente axión, pinol, jabon en barra leon,
					2 estibadores		avena en polvo, pañales, papel higienico vogue, multiuo, ect.
					1 montacargista		
Observaciones: Existe un retraso de 37 minutos al entregar las cajas							

Figura 9. Registro de Embarque, en un dia de observación.

En la Figura 10 y 11, se puede observar el porcentaje de utilización de cada uno de los recursos. Se aprecia como los dos montacargas tienen una mayor utilización en el proceso. En cuanto a los estibadores, la cuadrilla 1 es la que más carga, esto debido a que llevan 22,280 toneladas de producto y la cuadrilla 2 lleva 17,250 toneladas. Sin embargo, es necesario hacer referencia que la cuadrilla 1 emplea 2 estibadores, mientras que la cuadrilla 2 emplea 3 estibadores.



File View Tools Window Help

Views: <undefined view>

General Report (Normal Run - Rep. 1)

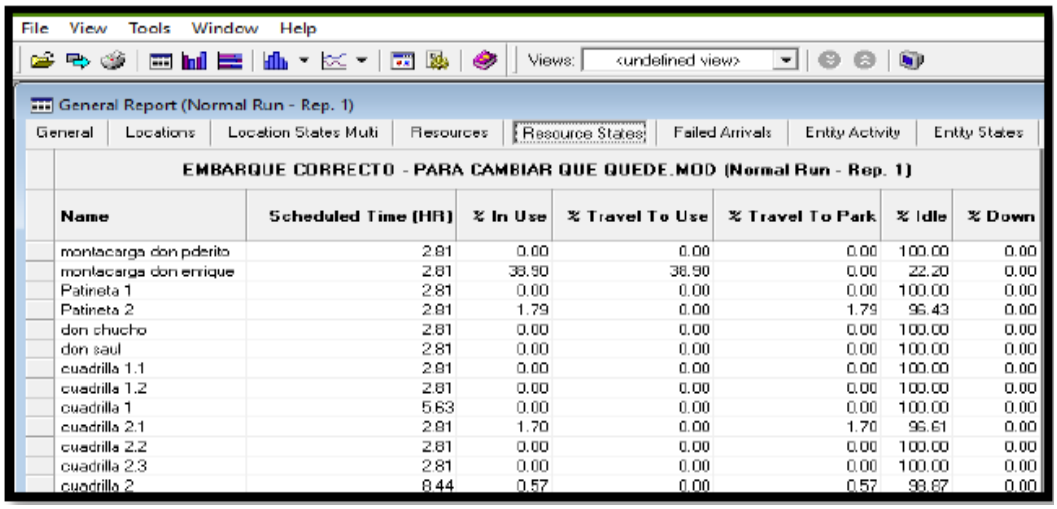
General | Locations | Location States Multi | Resources | Resource States | Failed Arrivals | Entity Activity | Entity States

CARRO 1 EMBARQUE CORRECTO.MOD (Normal Run - Rep. 1)

Name	Scheduled Time (HR)	% In Use	% Travel To Use	% Travel To Park	% Idle	% Down
montacarga don pderito	3.15	40.15	40.15	0.00	19.71	0.00
montacarga don enrique	3.15	0.00	0.00	0.00	100.00	0.00
Patineta 1	3.15	1.83	0.00	1.83	96.35	0.00
Patineta 2	3.15	0.00	0.00	0.00	100.00	0.00
don chucho	3.15	0.00	0.00	0.00	100.00	0.00
don saul	3.15	0.00	0.00	0.00	100.00	0.00
cuadrila 1.1	3.15	2.64	0.00	2.64	94.72	0.00
cuadrila 1.2	3.15	0.00	0.00	0.00	100.00	0.00
cuadrila 1	6.31	1.32	0.00	1.32	97.36	0.00
cuadrila 2.1	3.15	0.00	0.00	0.00	100.00	0.00
cuadrila 2.2	3.15	0.00	0.00	0.00	100.00	0.00
cuadrila 2.3	3.15	0.00	0.00	0.00	100.00	0.00
cuadrila 2	9.46	0.00	0.00	0.00	100.00	0.00

Figura 10. Porcentajes de utilización de los recursos de la cuadrilla 1.

 ISSN 2007-8102



Name	Scheduled Time (HR)	% In Use	% Travel To Use	% Travel To Park	% Idle	% Down
montacarga don pderito	2.81	0.00	0.00	0.00	100.00	0.00
montacarga don enrique	2.81	38.90	38.90	0.00	22.20	0.00
Patineta 1	2.81	0.00	0.00	0.00	100.00	0.00
Patineta 2	2.81	1.79	0.00	1.79	96.43	0.00
don chucho	2.81	0.00	0.00	0.00	100.00	0.00
don saul	2.81	0.00	0.00	0.00	100.00	0.00
cuadrilla 1.1	2.81	0.00	0.00	0.00	100.00	0.00
cuadrilla 1.2	2.81	0.00	0.00	0.00	100.00	0.00
cuadrilla 1	5.63	0.00	0.00	0.00	100.00	0.00
cuadrilla 2.1	2.81	1.70	0.00	1.70	96.61	0.00
cuadrilla 2.2	2.81	0.00	0.00	0.00	100.00	0.00
cuadrilla 2.3	2.81	0.00	0.00	0.00	100.00	0.00
cuadrilla 2	8.44	0.57	0.00	0.57	98.87	0.00

Figura 11. Porcentajes de utilización de los recursos de la cuadrilla 2.

Teniendo establecida la propuesta, se realiza la simulación del modelo, ya con la implementación de otro montacarga y de las cuadrillas completas con igual número de estibadores, Figura 12.

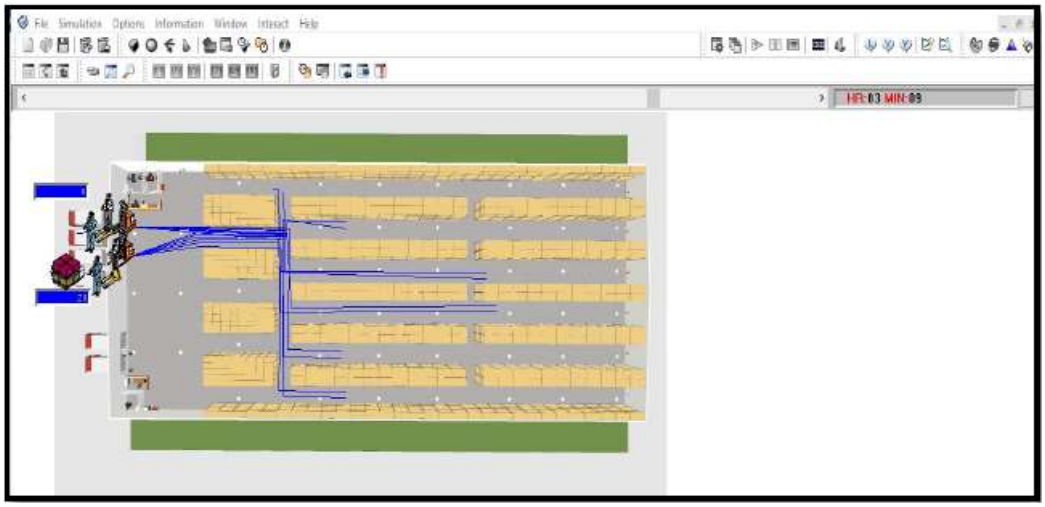


Figura 12. Corrida del modelo con la propuesta implementada.

Trabajo a futuro

Este trabajo fue realizado en 6 meses, por lo que, debido a este tiempo, será necesario realizar nuevos modelos para terminar de comprobar si las recomendaciones que se proporcionaron a la empresa se han puesto en marcha, y cuales han sido los resultados.

Conclusiones

Después de analizar los modelos nos permitió evaluar el proceso logístico que se lleva a cabo en el área de recepción y embarque, por medio del software ProModel, implementando la mejora del proceso. Esta simulación ayudó a construir y validar la metodología para el mejoramiento de

procesos y maximizando el uso de los recursos, dado que la experimentación permite entender el comportamiento del sistema y la toma de decisiones. Se implementa un nuevo montacarga, con el cual ya contaba la empresa, pero no lo usaba, y los recursos se equilibran, al tener dos cuadrillas de trabajo con el mismo número de estibadores, esto se logró con el acuerdo entre sindicato y empresa.

Referencias

[1] A. d. C. C. Blanco, «La importancia económica de los almacenes y los almacenes generales de depósito,» *Comercio Exterior,* vol. 59, nº 10, 2009.

[2] L. A. Mora, Gestión logística en centros de distribución, bodegas y almacenes, Bogotá: ECOE, 2011.

[3] J. J. A. Tejero, Almacenes, Análisis, diseño y organización, Madrid: ESIC, 2008.

[4] G. H. M. Alejandra, «Simulación de eventos discretos de la cadena logística de exportación de commodities,» *Revista Chilena de Ingenieria,* vol. 22, nº 2, pp. 257- 262, 2014.

[5] P. Company, «Promodel Better Decisions-Faster,» [En línea]. Available: http:// promodel.com.mx/software/. [Último acceso: 22 Agosto 2020].

[6] E. G. Dunna, Simulación y Análisis de sistemas con ProModel, Ciudad de México: Pearson, 2103.

[7] G. H. Vidal, «Mejora en el proceso de pruebas de metales en una empresa de servicio de inspección y laboratorio empleando simulación con ProModel,» *Revista Cientifica Teknos,* vol. 13, nº 1, pp. 39-45, 2013.

[8] L. López, «Excelsior,» *Voraz Incendio consume bodega de Diconsa en Veracruz,* 30 Abril 2014.

 ISSN 2007-8102

Prototipado de un dispositivo tiflotécnico para la enseñanza de braille inicial mediante ciclo de Deming

M. Sampayo Cárcamo[1], D. Rojas Balbuena[2], M.A. Limón Diaz[2], J. Vargas Ferrer[3], E. Celais Garrido[1]*
[1] Departamento de Ingeniería Industrial, Departamento de Ingeniería Mecatrónica,[2] Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico Superior de Huauchinango, Av. Tecnológico No. 80, Col 5 de octubre,73173 Huauchinango, Puebla, México.
Departamento de Electromecánica y Automatización, Universidad Tecnológica de Xicotepec de Juárez[3] Av. Universidad Tecnológica No.1000, Tierra Negra, 73080, Xicotepec de Juárez, Puebla, México.
**msampayo@huauchinango.tecnm.mx*

***Área de participación**: Ingeniería Industrial*

Resumen
El presente artículo muestra la forma en que se desarrolló el diseño de un dispositivo tiflotécnico para la enseñanza-aprendizaje del sistema braille. Cabe señalar que el dispositivo está orientado a niños con discapacidad o debilidad visual, o simplemente, un niño e incluso un adulto normovisual que desee aprender el sistema.

La metodología empleada para el prototipado se apoyó en el ciclo de Deming PHVA (Planear-Hacer-Verificar-Actuar). Iniciando con el ciclo Deming, se planeó el diseño del dispositivo con el objetivo de cubrir las necesidades de los clientes, en Hacer, se realizó un bosquejo físico del dispositivo, se hizo el diseño en Solid Works®, se imprimió en PLA en impresora 3D, posteriormente en Verificar, se hicieron pruebas destructivas y finalmente en Actuar, se mejoró el diseño con las correcciones y se volvió a imprimir el prototipo. En los resultados se muestra el prototipo final, impreso en 3D con forma de tortuga.

***Palabras clave**: Diseño 3D, dispositivo tiflotécnico, braille, ciclo Deming.*

Abstract
This paper shows how the design of a tiflotechnical device for teaching-learning of the braille system was developed. It should be noted that device is focused to blind children, with vision impairment, or simply a child and even an adult with or without vision impairment who wants to learn the system.

The methodology used for prototyping was based on the Deming PDCA cycle (Plan-Do-Check-Act). Starting with the Deming cycle, was planned the design of the device with the aim of satisfy customer needs, for Do, the design was made in Solid Works®, it was printed in PLA in a 3D printer, later in Check, destructive tests were carried out and finally in Act, the design was improved with the corrections and the prototype was reprinted. The results show the final prototype, printed in 3D with turtle-shaped.

***Key words**: 3D design, tiflotechnical device, braille, Deming cycle.*

Introducción

El braille es un sistema proporcionado a las personas ciegas para reconocer las letras y una unidad básica del braille es una celda de 6 puntos en forma rectangular. Estos seis puntos están dispuestos en una matriz de dos columnas y tres filas donde los puntos de la columna izquierda se llaman punto 1, punto 2 y punto 3, respectivamente, de arriba a abajo y los puntos de la columna derecha son el punto 4, el punto 5 y el punto 6, respectivamente, de arriba a abajo. Cada punto tiene dos estados, un estado sobresaliente y un estado no sobresaliente. Por lo tanto, seis puntos pueden proporcionar colectivamente 64 combinaciones.

Sin embargo, las personas ciegas solo pueden hacer uso del método anterior con la asistencia de un tutor normo visual que los apoye en la práctica de escritura y en la práctica de lectura. Hoy en día existen varias herramientas para la enseñanza del Braille, entre las más importantes se encuentran: Braillín®, el cual es un muñeco de tela, creado en Argentina, que intenta la enseñanza del braille inicial mediante botones pulsadores por presión en la panza del muñeco, pero el método es ineficiente para aprender el sistema de manera correcta, debido a que el braille se escribe en negativo y se lee en positivo, generando una confusión a la hora de aplicar el sistema.

Existe otro prototipo llamado SEMLEB, creado en Colombia, el cual cuenta con funciones muy similares al dispositivo que se propone para la enseñanza de lectura y escritura braille, pero éste requiere del conocimiento previo de braille para el uso del cajetín y el punzón, además, de poseer una mayor sensibilidad desarrollada en las yemas de los dedos para poder detectar los puntos. Para su uso es ideal estar en una superficie preferentemente plana, y por la cantidad de cajetines con los que cuenta, se requiere preferentemente de un tutor que esté acompañando la enseñanza.

La mayoría de los demás sistemas que intentan la enseñanza del braille, además de no ser totalmente lúdicos, son caros y requieren preferente, o en algunos casos, imperativamente la asistencia de un tutor normo visual que los apoye. Adicionalmente, solo cumplen la función de enseñanza de la lectura del braille, pero la escritura no es parte de su funcionamiento, ni toman en cuenta la espacialidad y el desarrollo de la sensibilidad en las yemas de los dedos.

Otros dispositivos que son juguetes no enseñan braille, solo hacen uso del mismo. En su mayoría los juguetes existentes solo se enfocan en la inclusión, y solo algunos reproducen en forma audible el texto contenido. Con el fin de poder cubrir esta necesidad se hizo uso de la metodología del Ciclo de Deming PHVA, para diseñar un prototipo que ayude a los niños en la enseñanza-aprendizaje de la lecto-escritura braille. A lo largo de este artículo, se muestra el desarrollo con base a la metodología de Deming, iniciando con la planeación del diseño del dispositivo, posteriormente se hizo un bosquejo físico del dispositivo, que después se diseñó en Solid Works®, el cual se imprimió en PLA con una impresora 3D, posteriormente se verificó con pruebas destructivas y finalmente se corrigieron los puntos a mejorar en el diseño y se volvió a imprimir el prototipo.

Metodología

Para la metodología de diseño del dispositivo tiflotécnico para la enseñanza del braille inicial, se tomó en cuenta el ciclo de Deming en sus 4 fases: Planear, Hacer, Verificar y Actuar (PHVA).

Análisis de las necesidades del cliente y bosquejo del dispositivo (P)

Para iniciar con la planeación del diseño, buscando cubrir las necesidades de los clientes, las demandas iniciales fueron: forma de fácil identificación, discriminación automática entre “arriba” y “abajo”, espacio suficiente para colocar la celda braille (rectángulo vertical en donde se ubican de manera matricial, dos columnas y tres renglones de puntos simétricos), fácil discriminación entre la parte frontal y posterior, para simular la forma común de escritura braille de derecha a izquierda y la forma de lectura de izquierda a derecha, la integración de cuatro texturas básicas (suave, rugoso, áspero y liso) y finalmente se consideró que tuviera sonido para interactuar de mejor manera con el niño o niña con discapacidad visual.

 ISSN 2007-8102

Una vez interpretados todos los requerimientos del cliente, se decidió que la forma ideal del dispositivo tiflotécnico para la enseñanza de lectura y escritura braille para niños, sería una tortuga, pues muestra clara diferencia entre su cabeza y su cola, así como entre su caparazón y su plastrón (panza).

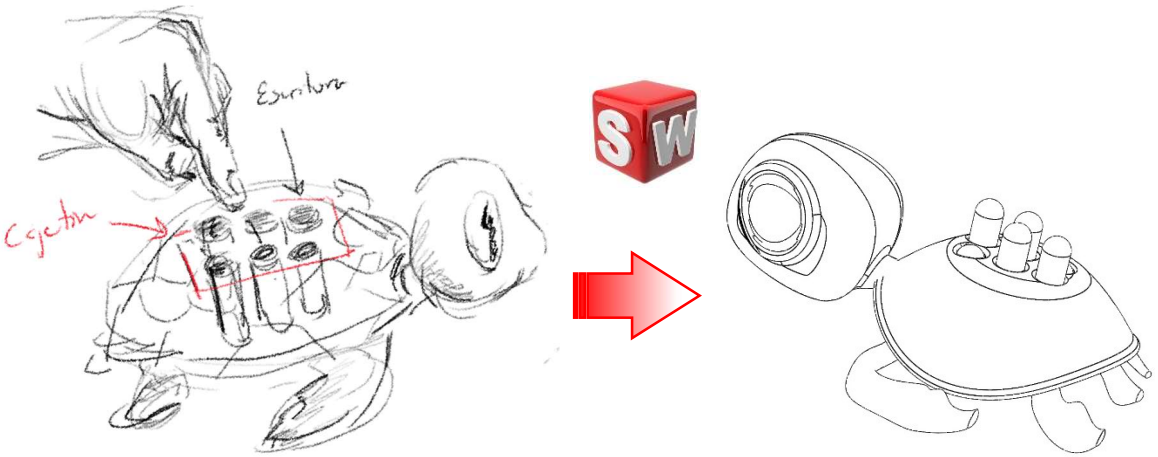


Figura 1 Conceptualización del diseño del prototipo inicial.
Fuente: Propia.

Diseño y desarrollo del prototipo inicial (H)

Una vez decidida la forma del dispositivo se prepararon algunos diseños simples contemplándose características que, según expertos en educación como Sonia Pérez, especialista en comunicación, educación e infancia con dilatada experiencia en el ámbito infantil, en el juego, desarrollo y aprendizaje de los niños o Nelson A. Vargas et. al [3] en el diseño de juguetes:

- **Ergonomía**.
  Para determinar el tamaño del dispositivo se realizaron muestras antropométricas de niños entre 3 y 7 años de la Sierra Norte de Puebla, obteniendo un promedio como base para el diseño.
- **Seguridad y calidad.**
  El diseño está pensado para que exteriormente no presente piezas pequeñas o desprendibles, inapropiadas para niños pequeños. Los materiales empleados en el prototipo no son tóxicos, ni emplean pinturas a base de plomo.
- **Objetivo concreto.**
  El objetivo que se consideró para el diseño del juguete, es la familiarización temprana con el sistema de lectoescritura braille o macro braille, gracias a este concepto estratégico, los niños lograrán ser más autónomos e independientes, desarrollando habilidades necesarias al alcanzar el aprendizaje del braille como una meta.
- **Estimulación de los sentidos**.
  El diseño también permite a los niños explorar de forma táctil algunas texturas básicas y letras, y reconocer frases, palabras, letras y nombres de texturas de forma auditiva.
- **Fomento de las relaciones sociales**.
  Para esto, en el diseño se consideró agregar el audio, fomentando la relación entre el infante con discapacidad, los adultos y otros compañeros por medio de la interacción, y se pensó en que la frase de encendido sea: “Hola, ¡Vamos a jugar!”.

 ISSN 2007-8102

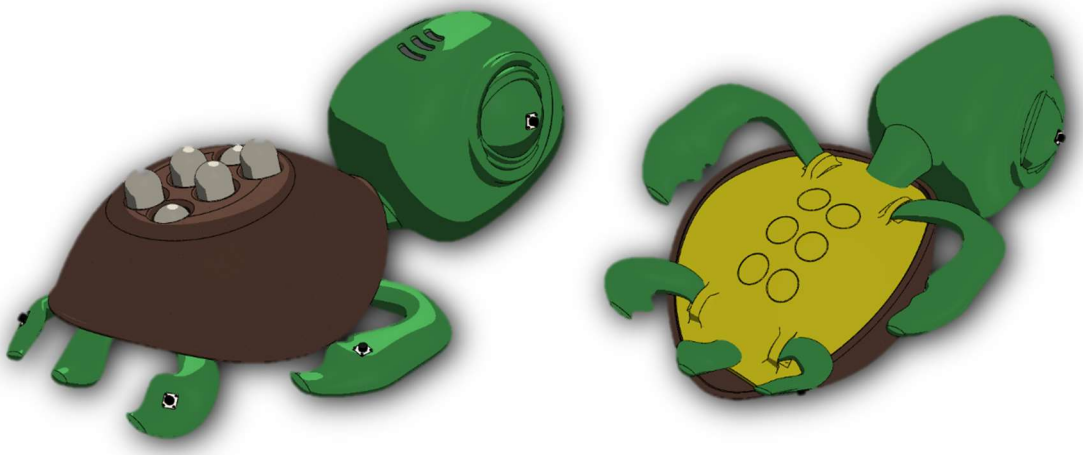


Figura 2 Diseño inicial en CAD.
Fuente: Propia.

Una vez diseñado el dispositivo, se procedió a imprimir en 3D con material PLA el diseño inicial, como se muestra en la figura 3.



Figura 3 Impresión del prototipo inicial y rediseño en la forma de los botones de las aletas.
Fuente: Propia.

Verificación del diseño del prototipo inicial (V)

Pruebas de uso

Las pruebas de uso, realizadas por el equipo de diseño, en donde se consideraron pruebas de diseño, (patrón de relleno, pruebas de ensamble, pruebas destructivas, tiempo de impresión y armado, resistencia de impresión y cantidad de material), y pruebas de usuario (peso del dispositivo, pruebas de lectura y escritura), para la obtención del dispositivo final, tuvieron como objetivo principal ubicar las áreas de oportunidad en el diseño. Dichas pruebas se enfocaron en registrar el uso correcto y funcionabilidad del dispositivo, contando con el apoyo del Centro de Rehabilitación Integral de Huauchinango (CRIH), para determinar las posibles mejoras solicitadas por niños ciegos en proceso de aprendizaje y su maestra. Resultando algunos inconvenientes que se enlistan a continuación con sus respectivas soluciones:

 ISSN 2007-8102

- Las extremidades del dispositivo no eran ergonómicas, pues impedían el agarre del juguete mediante su torso, por lo que se aumentó el espacio entre las extremidades.
- Los botones de las extremidades que inicialmente eran en forma rectangular presentaban problemas de ensamblaje, éstos se rediseñaron a una forma circular facilitando el ensamble.
- Las impresiones de las ranuras en la cabeza del dispositivo, para permitir la salida del audio, colapsaban; para corregir el colapso se decidió rediseñar la salida del audio, dándole una forma de matriz circular.
- Los soportes para ensamblar los interruptores resultaron muy débiles debido a la forma de impresión, para solucionar el problema, el diseño de la panza se dividió en dos partes.
- Los acoples, que se ubicaban en el cuello de la tortuga para unir la cabeza con el dorso, presentaron rupturas debidas a su fragilidad, para ello se incrementó el grosor del acople y para reforzarlo se ubicó un barreno de cada lado de las piezas, con una perforación desde el cuello hasta el torso.
- Las extremidades inferiores presentaban una forma inconveniente para el ensamblaje y para la escritura por parte del usuario, para resolverlo se suavizaron los trazos de las extremidades superiores e inferiores, logrando mejorar su ensamble con el dorso y una percepción más agradable al tacto.
- Los cilindros que tienen la función de “punto” para la escritura y lectura, debido a sus dimensiones, no permitían activar el interruptor, se realizaron cambios diversos en el diseño del tamaño de los cilindros o “puntos”, hasta que se logró uniformar su salida para percibir la lectura.
- Los ojos, que también hacen la función de botones, no se accionaban correctamente debido a su distribución interna, para resolverlo se modificó el diseño de soporte interno, implementando una cruceta para un correcto accionamiento.
- Los tiempos de impresión eran prolongados, se redujeron disminuyendo la cantidad de soportes de impresión en el diseño y cambiando el ángulo de impresión, todo esto sin alterar la parte estructural del diseño original.
- Los parámetros de impresión impedían en algunas partes del dispositivo maniobrar los cables de conexión, para corregir el problema, se hizo un rediseño de las piezas para evitar soportes internos.

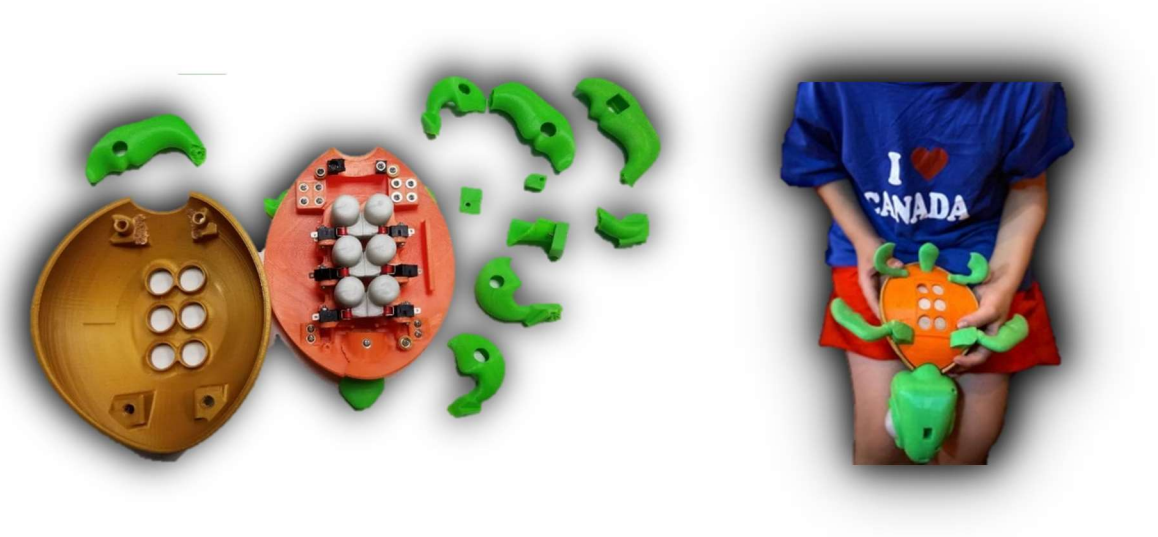


Figura 4 Pruebas destructivas y de uso.
Fuente: Propia.

 ISSN 2007-8102

Resultados y discusión

Desarrollo del prototipo final (A)

Después de que se realizaron las correcciones pertinentes en el diseño, se imprimió nuevamente el dispositivo, resultando el prototipo final que se observa en la figura 5.



Figura 5 Prototipo Final.
Fuente: Propia.

El prototipo descrito en el presente artículo, es un dispositivo alternativo para enseñar braille inicial de manera lúdica, que incluye funciones de espacialidad, pertenencia y sensibilidad. Este dispositivo para enseñanza de la lectura-escritura de braille inicial, parte del signo generador del sistema braille en tamaño macro. De igual manera está pensado para personas que quieran o requieran iniciarse en el aprendizaje del braille, donde la configuración de los elementos estructurales característicos del prototipo, permiten ofrecer la ventaja de enseñanza para la lectura de izquierda a derecha y para la escritura de derecha a izquierda, además tiene funciones que permiten desarrollar la sensibilidad de las yemas de los dedos mediante el uso de diferentes texturas integradas al prototipo (suave, rugoso, áspero y liso). La fácil discriminación entre cabeza y cola, permite al usuario entender y entrenar su ubicación y espacialidad, e identificar las posiciones de izquierda y derecha mediante la emisión del audio al presionar los ojos del dispositivo. Además, el dispositivo cuenta con la integración de un medio procesador reprogramable que le permite adaptarse a las necesidades de cada usuario, en niveles de complejidad, idioma o enseñanza del signo generador para su uso en un contexto algebraico o de formato.

Su diseño ergonómico se dispone en las extremidades delanteras ayudando a que el usuario pueda sujetarlo de manera cómoda y segura para evitar las caídas accidentales, anclando el dispositivo a la mano del usuario de manera natural.

Finalmente, las ventajas principales del presente prototipo son:

a) La enseñanza de la lectura y escritura de manera usual.

b) La capacidad de sensibilización de las yemas de los dedos.

c) La enseñanza de espacialidad.

d) La forma que tiene el dispositivo en la que se encuentra bien definida la panza y el caparazón como utilización para leer y escribir, además de ser mucho más atractiva como juguete.

e) La manera lúdica de enseñanza permite un progreso alrededor del día sin necesidad de una persona normo visual de apoyo.

Trabajo a futuro

Durante el tiempo en que se realizó el dispositivo, surgieron algunas ideas para mejorarlo, por ejemplo: implementar el uso de nuevos materiales y nuevas formas de manufacturar el mismo, permitiendo de esta manera reducir los costos de producción.

Conclusiones

El dispositivo desarrollado en este artículo impacta y beneficia en el aprendizaje del braille inicial para niños y niñas con discapacidad visual, ya que está diseñado para la familiarización temprana con el sistema de lectoescritura braille.
El dispositivo cuenta con las características que demanda el diseño de cualquier juguete.
Al realizar pruebas en el Centro de Rehabilitación Integral Huauchinango (CRIH) fue posible detectar que los adultos con discapacidad visual, también se sienten atraídos por el diseño del dispositivo, debido a que muchos de ellos perdieron la vista siendo adultos y no desarrollaron la sensibilidad de las yemas de los dedos, necesaria para la identificación de objetos y obviamente para la interacción con el sistema braille.
Finalmente, el uso de la metodología del ciclo de Deming para el desarrollo del prototipo, permitió que los objetivos planeados se llevaran a cabo de forma eficiente, verificando continuamente los requisitos de los usuarios, integrándolos a la materialización del dispositivo.

Agradecimientos

Se agradece al Tecnológico Nacional de México/ Instituto Tecnológico Superior de Huauchinango, así como al Centro de Rehabilitación Integral Huauchinango (CRIH), por su apoyo y compromiso con el desarrollo del proyecto.

Referencias

[1] R. Alvarez, et al., “Despertando sensaciones”, *Grupo de trabajo del C.P. de Educación Especial,* no*. 1,* Valladolid España*.*
[2] H. Delgado, Desarrollo de una cultura de calidad. *McGraw-Hill*, 2011. [Online]. Disponible en: *https://books.google.com.mx/books?id=4HlktwAACAAJ*
[3] N. A Vargas, M. Salineros and S. Vial, “Características recomendadas de los juguetes: Encuesta de opinión a expertos chilenos”. *Revista chilena de pediatria,* vol. 71, no. 1, pp. 68-71, 2000.
[4] G. Sangrador, “Estimulación Multisensorial: Guía de Materiales y Actividades”. *Universidad de Valladolid. Facultad de Educación y Trabajo Social, pp*. 22-28, 2005.
[5] M. Pérez and R. Cobas, “Entrenamiento en técnicas de orientación y movilidad: reto para la familia del discapacitado visual”, *EduSol,* vol. 10, no. 33, pp. 47-55, 2010.
[6] M. Hüg y C. Arias, “Desarrollo infantil temprano y localización auditiva en niños ciegos: una revisión”, *UPJ*, vol. 13, no. 1, pp. 71-82, mar. 2013.
[7] L. Sanabria, “Mapeo congnitivo y exploración háptica para comprender la disposición del espacio de videntes e invidentes”, *TED: Tecné, Episteme y Didaxis,* 2007.
[8] S. Niemann, J. Namita, *“*Ayudar a los ninos ciegos”*. La Fundación Hesperian*, pp 101-114, 2002.
[9] B. García, “Las personas ciegas, su cuerpo, el espacio y la representación mental”, *Cuadernos de la Facultad de Humanidades y Ciencias Sociales- Universidad Nacional de Jujuy,* no. 39, pp. 123-140, 2010.

 ISSN 2007-8102

Desempeño de la búsqueda local empleando GRASP para instancias UMTS

A. A, Domínguez Martínez[1], Y. Mexicano Reyes[1]*,
[1]Departamento de Sistemas y Computación, Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Saltillo, Blvd. V. Carranza #2400, Col. Tecnológico, C.P. 25280, Saltillo, Coahuila, México

*arturoits@gmail.com

***Área de participación**: Ingeniería Industrial*

Resumen

La metaheurística GRASP emplea dos fases, una constructiva en forma inicial y una de búsqueda que depende de la primera. En este estudio se analiza el comportamiento de la segunda fase en el proceso de reducción del valor de la función objetivo considerando instancias UMTS de 16 nodos. El objetivo de este análisis es comprobar el nivel de éxito de la fase de búsqueda local aplicando el algoritmo clásico, así como la relación que existe entre la cantidad de iteraciones y la calidad obtenida del valor de la función objetivo resultante. Para la búsqueda local se consideran resultados de la fase constructiva con un solo valor predeterminado de β=0.9. Como resultado final de la aplicación de GRASP, la experimentación demostró que se alcanzan los valores óptimos conocidos utilizando 100 iteraciones, así el algoritmo de búsqueda empleado es eficiente en optimizar la secuencia de usuarios que conforman las instancias UMTS.

***Palabras clave**: GRASP, Búsqueda local, UMTS*

Abstract

The GRASP metaheuristic uses two phases, a constructive phase is the initial and a search phase that depends on the first. In our study, the behavior of the second phase in the process of reducing the value of the objective function is analyzed considering UMTS instances of 16 nodes. The objective of this analysis is to check the level of success of the local search phase applying the classical algorithm, as well as the relationship between the number of iterations and the quality obtained from the value of the resulting objective function. For the local search, results of the construction phase with a single default value of β = 0.9 are considered. As a final result of the application of GRASP, the experimentation showed that the known optimal values are reached using 100 iterations, thus the search algorithm used is efficient in optimizing the sequence of users that make up the UMTS instances.

***Key words**: GRASP, Local Search, UMTS*

Introducción

En el mundo existen problemas de muy diversos tipos que deben ser atendidos por diferentes áreas de la ciencia y con apoyo de muy diversas herramientas y tecnologías. La forma en que se clasifican estos problemas puede obedecer a una gran variedad de criterios disponibles y aceptados por la comunidad científica. Así una categoría especifica es la de problemas de optimización (PO).

Una vez que un problema se ha sido establecido como PO, ahora debe clasificarse como fácil de resolver o difícil de resolver. Estos últimos suelen clasificarse como problemas que no se pueden resolver en un tiempo polinomial (NP-Hard). Con ello se implica que existe una solución óptima pero que no es posible esperar a que se genere la solución, aún y cuando se utilice la mejor computadora del mundo. Así estos problemas requieren del uso de una heurística para resolverlos en un tiempo razonable.

El tipo se soluciones que ayudan con los PO son las heurísticas, que corresponden a un procedimiento predeterminado capaz de obtener una buena solución en poco tiempo, debido a que requiere una cantidad mínima de recursos computacionales comparado con la solución óptima.

Ahora cualquier combinación de heurísticas da origen a una metaheurística, no restringiendo a que sea una misma heurística la que participe, como la metaheurística Greedy Randomized Adaptative Search Procedure (GRASP) que combina una fase constructiva con una fase de búsqueda local, esta mejora la solución construida en la primera fase.

Resende (2003) menciona que el GRASP corresponde a una metaheurística para encontrar soluciones de buena calidad o soluciones aproximadas a problemas de optimización combinatoria (POC) aunque no se pueda determinar si es la solución óptima la generada por el procedimiento. Un POC suele involucrar elementos que deben estar presentes en la solución, pero que el orden en que se consideren al resolver el problema representa diferentes costos y por ello nos interesa optimizar dicho costo, en la mayoría de los casos se tiene como objetivo el minimizar costos.

Un GRASP [3] parte del hecho de que se requiere una solución factible con cierto nivel de calidad que al aplicarle un proceso de búsqueda local pueda ser susceptible de optimización en lo referente al costo. Así el GRASP corresponde a un método multi-arranque, capaz de ser ejecutado repetidas veces, en cada una de las cuales se construye una solución miope aleatorizada que da lugar enseguida a una búsqueda local que utiliza como entrada dicha solución generada.

El desarrollo de la metaheurística GRASP presentada, resulta de beneficio para otras áreas de aplicación o problemas específicos que tengan como método de solución el propio GRASP, lo que amplía las oportunidades de apoyar una gran variedad de problemas. Entre ellos podemos mencionar el descrito por Ávila [2] como “Aplicación de heurísticas GRASP al problema de máquinas paralelas no relacionadas con tiempos de setup dependientes de la secuencia”, otro problema corresponde al mencionado por García [3] “Implementación de un algoritmo GRASP con doble relajación para resolver el problema de la asignación de citas médicas en hospitales”, el problema de “Análisis de vulnerabilidad en sistemas eléctricos de potencia usando la metaheurística GRASP” propuesto por Cortina [5] y el “Problema de ordenamiento lineal con costos acumulativos” propuesto por Duarte[1].

Metodología

Características de instancias seleccionadas

Las instancias utilizadas en el presente trabajo han sido las proporcionadas por el grupo de telecomunicaciones de la Escuela de Ingeniería de la Universidad de Padova, Italia y están relacionadas con la optimización en el orden de detección en las redes de la UMTS [6], éstas constan de 16 usuarios que se conectan a la estación base y son las instancias que se reportan en la literatura para probar diferentes algoritmos incluyendo GRASP. Las instancias están diseñadas utilizando mensaje sin codificación y modo de transmisión síncrona.

Cada instancia corresponde a una matriz(ρ_{ij}) que se han generado de forma aleatoria considerando la existencia de 16 usuarios distribuidos uniformemente con un radio de cobertura de 580 m de una antena de telefonía celular, de acuerdo con el modelo llamado de pérdida de ruta registro-distancia. Las matrices son cuadradas de 16 filas por 16 columnas ya que con ello la manipulación de datos

en los algoritmos constructivos y de búsqueda local resulta más sencilla. La Figura 1 muestra un ejemplo de una matriz utilizada en los experimentos.

6.39550E+02	8.45514E-02	7.25820E-01	1.16662E-01	9.30857E-01	5.86550E-01
8.45514E-02	1.40888E+00	1.79802E-02	6.97926E-03	3.96408E-01	3.76204E-02
7.25820E-01	1.79802E-02	2.54758E+00	6.86490E-01	1.88272E-01	7.08606E-03
1.16662E-01	6.97926E-03	6.86490E-01	4.79947E+01	7.69475E-01	4.61660E-02
9.30857E-01	3.96408E-01	1.88272E-01	7.69475E-01	1.03035E+02	8.87521E-01
5.86550E-01	3.76204E-02	7.08606E-03	4.61660E-02	8.87521E-01	3.91408E-01

Figura 1. Matriz sin codificación y síncrona de las instancias UMTS (vista parcial).

Por ser multi arranque, GRASP, debe generar una cantidad *m* de soluciones de inicio, para cada instancia UMTS, todas factibles. La fase de construcción inicia cada solución con un nodo seleccionado de manera aleatoria, al que se le agregan uno a uno los nodos restantes, hasta obtener una solución de tamaño *n*=16, empleando una heurística particular. En este caso se determina generar un conjunto de *m*=25 soluciones de arranque.

Además de las soluciones generadas, se cuenta gracias al uso de las instancias UMTS con un conjunto de valores, registrados como los mejores valores conocidos de cada instancia, que permiten contrastar las soluciones para determinar el éxito de la aplicación del GRASP.

Experimentación

Para el experimento con las instancias UMTS de tamaño 16 se establecen las siguientes proporciones que lo definen:

Cantidad de instancias: Se seleccionarán las primeras 25 instancias UMTS

Cantidad de iteraciones: Para cada instancia seleccionada se define la cantidad de soluciones que debe generar el algoritmo constructivo, en este caso, se ha determinado generar 100 iteraciones.

La mecánica para llevar a cabo la experimentación computacional con las dos heurísticas que conforman el GRASP se muestra a continuación:

La *fase constructiva* de GRASP aplica el algoritmo constructivo correspondiente, a una misma instancia, generando la misma cantidad de iteraciones. Generando un conjunto de 25 soluciones factibles para ser utilizadas por la siguiente fase.

La *fase de búsqueda local* se alimenta con el conjunto de soluciones construidas y a cada una de ellas le aplica el algoritmo establecido, registrando para cada instancia el valor de partida, donde se inicia la búsqueda local y el mejor valor obtenido hasta el momento, de acuerdo con las iteraciones ya analizadas.

Esto se puede representar con el siguiente algoritmo general:

```
begin
        1: Definición de elementos y costos asociados
        2: Crear lista de solución vacía
        3: Realizar fase de construcción (procedimiento voraz)
        4: Realizar fase de mejora (búsqueda local)
        5: Reportar mejor solución encontrada
end
```

Específicamente la fase de búsqueda local empleada corresponde a:

```
begin BusquedaLocal(sol)
    1: Sea α= {α1, α2, …, αn} la contribución de cada vértice a la función objetivo
    2: imp ← true
    3: mientras imp hacer
    4:   imp ← false
    5:   desde j=1 hasta n repetir
    6:    ordenar α en forma ascendente
    7:    sea i el elemento con la contribución c[j]
    8:    sea pos_i la posición de i en sol.
    9:    desde k=pos_i-1 hasta 1 repetir
    10:     sol ← intercambio(sol,k)
    11:     sBest ← actualizarMejorSol(sol, imp)
    12:    fin desde
    13:   fin desde
    14: fin mientras
    15: regresar sBest
end
```

Con el experimento se obtienen los datos necesarios realizando la fase constructiva con cada instancia, usando β=0.9 [7], produciendo 25 soluciones en cada conjunto. Estos resultados se sintetizan en la Tabla 1, indicando el número de instancia (Instancia), el mejor valor de función objetivo obtenido en las 100 iteraciones (Mejor FO), la desviación en porcentaje con respecto al mejor valor reportado en la literatura (Desv) y el mejor valor conocido para la instancia (Best). La tabla finaliza con los promedios, considerando las 25 instancias UMTS, con respecto a las columnas Mejor FO, Desv y Best.

Tabla 1. Resultados de la fase constructiva de GRASP con 100 iteraciones.

Instancia	Mejor FO	Desv	Best
1	65.2883728	415%	12.675
2	5.86737775	99%	2.953
3	14.3415797	280%	3.774
4	29.1919167	484%	5.002
5	10.6584056	165%	4.021
6	18.0805912	83%	9.856
7	16.8829025	401%	3.372
8	26.6204184	373%	5.633
9	17.3581198	275%	4.627
10	11.9143924	77%	6.741
11	8.94157468	126%	3.963
12	13.0710423	375%	2.751
13	19.2501638	698%	2.411
14	29.34073288	99%	14.717
15	12.82788756	91%	6.705
16	10.46258694	505%	1.729
17	11.55145803	156%	4.519
18	21.8770086	169%	8.141
19	45.13708687	653%	5.991

20	54.64585944	345%	12.29
21	31.18954493	253%	8.841
22	19.1685082	319%	4.573
23	12.02105781	153%	4.744
24	34.47166973	154%	13.563
25	7.842741522	231%	2.368
Promedio	21.92012001	279%	6.2384

Los tiempos obtenidos corresponden a un equipo de cómputo con procesador Intel Core i5, con Sistema Operativo Windows 10 y con 8 Gb de memoria RAM.

Como se observa en la Tabla 1, ante la variabilidad de los mejores valores conocidos de cada instancia UMTS, el mejor valor de soluciones construidas se presenta en la instancia 10 con una desviación de 77%, el peor valor lo encontramos en la instancia 13 con un 698% y en general un promedio de desviación de un 279%.

El experimento continúa tomando para cada instancia considerada con su respectivo conjunto de soluciones, procediendo a ejecutar la segunda etapa de la metaheurística. A cada solución generada por el constructivo de GRASP se le aplica una heurística de búsqueda local, que consiste en explorar los vecinos cercanos, evaluar cada uno de ellos buscando si alguno mejora la solución inicial generada. Los vecinos cercanos se obtienen realizando intercambios entre pares de nodos. Como se mencionó anteriormente el método GRASP ofrece una solución multi arranque, por ello la fase de búsqueda local prueba cada una de las soluciones generadas en la fase anterior y obtiene la solución (vecino cercano) que representa el menor valor de función objetivo. Es importante aclarar que solo se produce un resultado final por instancia, la solución con menor valor de función objetivo de todo el conjunto de soluciones generadas de todos los vecinos evaluados.
.

Resultados y discusión

La Tabla 2 muestra los valores más pequeños de cada solución procesada por la fase de búsqueda presentando su desviación con respecto al menor valor conocido ce cada instancia.

Tabla 2. Resultados de la fase de búsqueda local de GRASP con 100 iteraciones.

Instancia	Mejor FO	Desv	Best
1	12.675	0.00%	12.675
2	2.953	0.00%	2.953
3	3.774	0.00%	3.774
4	5.002	0.00%	5.002
5	4.021	0.00%	4.021
6	9.856	0.00%	9.856
7	3.372	0.00%	3.372
8	5.633	0.00%	5.633
9	4.627	0.00%	4.627
10	6.758	0.25%	6.741
11	3.963	0.00%	3.963
12	2.751	0.00%	2.751
13	2.411	0.00%	2.411
14	14.717	0.00%	14.717

15	6.705	0.00%	6.705
16	1.729	0.00%	1.729
17	4.519	0.00%	4.519
18	8.141	0.00%	8.141
19	5.991	0.00%	5.991
20	12.290	0.00%	12.29
21	8.841	0.00%	8.841
22	4.573	0.00%	4.573
23	4.744	0.00%	4.744
24	13.563	0.00%	13.563
25	2.368	0.00%	2.368
Promedio	6.23908	0.01%	6.2384

De acuerdo con lo observado en la Tabla 2 se puede inferir que existe una convergencia casi total de la fase de búsqueda local con los mejores valores, al solo presentarse un caso, en la instancia 10 que después de la segunda fase y las 100 iteraciones, presenta una desviación de 0.25%, que es un valor muy pequeño y como lo muestra el promedio de 0.01% que se traduce en una convergencia en conjunto para todas las instancias de un 99.99%, por lo que considerando que la fase constructiva utiliza un elemento aleatorio, los resultados demuestran que si converge a un valor mínimo óptimo.

Se destaca como resultado especial por los valores obtenidos la instancia 10, que en la fase constructiva se presenta como el conjunto con la mejor solución construida y curiosamente en la fase de búsqueda local es el que presenta la mayor desviación con respecto a los mejores valores conocidos para las instancias UMTS con las que trabajo el experimento.

Si consideramos la instancia 13 con una desviación de 698%, al finalizar la fase constructiva se presentaba como el conjunto de soluciones factibles más pobre, pero a pesar de este “lastre”, la fase de búsqueda local logra recuperarse hasta converger al 100% con el mejor valor conocido de dicha instancia.

Trabajo a futuro

Con los resultados obtenidos en este proyecto, se consideran como trabajos futuros a realizar, por una parte, considerar que resultados finales obtiene el GRASP completo al utilizar otros valores de β, ya que en este caso solo se utilizó el mejor valor de β conocido para la fase constructiva, y ante los valores de los resultados obtenidos de la fase de búsqueda local, en que logró converger prácticamente en todas las instancias puede suponerse que la fase constructiva no repercute de manera importante cuando se lleva a cabo la segunda fase.

Por otra parte, en lo que respecta a la fase de búsqueda local puede estudiarse nuevamente, modificando la cantidad de iteraciones, para conocer si dicho parámetro tiene efectos en la convergencia completa que se logró en este estudio. Puede evaluarse la cantidad de iteraciones mínima que pueda garantizar la convergencia para todas las instancias, que puede repercutir en la cantidad de tiempo empleado para proporcionar la solución óptima-

Conclusiones

El estudio realizado, muestra que las dos fases de la metaheurística GRASP se pueden considerar por separado al contar con heurísticas propias en cada una de ellas, con parámetros diferentes, pero que al realizarse en secuencia permite alcanzar el objetivo de optimizar una solución, sin necesidad de realizar todas las combinaciones posibles, con el enorme gasto de tiempo y recursos computacionales que debieran invertirse para lograr tal tarea.

El experimento al utilizar las instancias UMTS ampliamente estudiadas, permite confirmar la eficacia de los algoritmos implementados al utilizar GRASP, por lo que estas heurísticas pueden usarse en distintos problemas, solo será necesario el poder caracterizarlos en los formatos que considera la metaheurística, con las adecuaciones de datos que requieran los programas, pero si necesidad de ubicar o cambiar algoritmos.

Estos resultados muestran que GRASP funciona adecuadamente en ambas fases, sin importar que cada una maneja heurísticas muy diferentes en filosofía y tratamiento de cada solución factible con la que trabajan.

Referencias

[1] A. Duarte, R. Marti, A. Alvarez and F. Bello, "Metaheuristics for the linear ordering problem with cumulative costs", European Journal of Operational Research, vol. 216, no. 2, pp. 270-277, 2012. Disponible: https://doi.org/10.1016/j.ejor.2011.07.

[2] C. Avila Thieme, "Aplicación de heurísticas Grasp al problema de máquinas paralelas no relacionadas con tiempos de septup dependientes de la secuencia", Repositorio.udec.cl, 2020. [Online]. Disponible: http://repositorio.udec.cl/jspui/handle/11594/1711. [Recuperado: 16- Jun- 2020].

[3] C. García Casanova, Implementación de un algoritmo Grasp con doble relajación para resolver el problema de la asignación de citas médicas en hospitales. Lima, Perú: Pontificia Universidad Católica del Perú, 2015.

[4] J. Avilés, "Algoritmos de reparto de tráfico en femtoceldas corporativas LTE", *Dialnet*, 2020. [Online]. Disponible: https://dialnet.unirioja.es/servlet/tesis?codigo=103589. [Recuperado: 30- May- 2016].

[5] J. Cortina, "Análisis de vulnerabilidad en sistemas eléctricos de potencia usando la metaheurística GRASP", Scielo.sld.cu, 2016. [Online]. Disponible: http://scielo.sld.cu/pdf/rcci/v10n3/rcci01316.pdf. [Recuperado: 17- Aug- 2020].

[6] L. Bertacco, L. Brunetta and M. Fischetti, "The Linear Ordering Problem with cumulative costs", European Journal of Operational Research, vol. 189, no. 3, pp. 1345-1357, 2008. Available: 10.1016/j.ejor.2006.03.071.

[7] O. Lucio, "Algorítmos heurísticos para optimizar la solicitud de conexión de terminales móviles a centrales de telefonía", Maestria, UAdeC, 2015.

Valoración antropométrica y seguridad en el diseño de máquina sembradora SARILSE 3.5

F. Carreño Reyna [1], L. Santos Espinosa [1], J. C. Cruz Trujillo [2], B. A. Arellano Hernández [2], J. V. Galaviz Rodríguez [3],*
[1]Departamento de Ingeniería Industrial, Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico Superior de la Sierra Negra de Ajalpan. Av. Rafael Ávila Camacho Oriente No. 3509; Barrio La Fátima, C.P. 75910, Ajalpan, Puebla.
[2]Departamento de Ingeniería en Administración, Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico Superior de la Sierra Negra de Ajalpan. Av. Rafael Ávila Camacho Oriente No. 3509; Barrio La Fátima, C.P. 75910, Ajalpan, Puebla.
[3]Carrera Ingeniería en Procesos y Operaciones Industriales, Universidad Tecnológica de Tlaxcala. Carretera A el Carmen Xalpatlahuaya Huamantla Tlaxcala 90500 México
**lsantos_03@hotmail.com*

***Área de participación**: Ingeniería Industrial*

Resumen

Se generó la valoración antropométrica de la biomecánica del cuerpo humano de 20 trabajadores de semillas de hortalizas de la región de San Sebastián Zinacatepec, Puebla. Se toman dos mediciones del perfil restringido se utiliza la media con el fin de conseguir confianza y reproducibilidad de los datos que permiten efectuar cálculos sobre somatotipo, proporcionalidad, estimación de la composición corporal, índices de área de superficie corporal, la ratio cintura/cadera, patrones de distribución de grasa corporal y perímetros corregidos en función de los pliegues cutáneos. Las medidas antropométricas internacionales utilizadas se tomaron según el Protocolo Internacional para la Valoración Antropométrica de la Sociedad Internacional para el Avance de la Cineantropometría (ISAK). El uso de las medidas antropométricas se empleará para el diseño de máquinas SARILSE y aumentar la productividad en la siembra de hortalizas, al mismo tiempo mantener la salud y seguridad de los trabajadores y optimizar el sistema hombre-máquina-entorno.

***Palabras clave**: Perfil restringido, sistema hombre-máquina-entorno, biomecánica, ISAK*

Abstract

Biomecanic human body anthropometric validation of 20 vegetebale-seed workers from the region of San Sebastián Zinacatepec, Puebla was carried out. Two measurements of the restricted profile are done, the average is used in order to obtain data certainty and reproducibility. From these we are able to make calculations about somatotype, proportionality and body composition estimates, index of body surface area and waist:hip ratio, body fat distribution patterns and the corrected parameters in function of the cutaneous folds. International anthropometric measurements were chosen according to the International Standards for Anthropometric Assessment of the International Society for the Advancement of Kinanthropometry (ISAK). The use of anthropometric measurements will be employed for the design of SARILSE machines and increase of the productivity in the sowing of vegetables, while keeping and assuring health and security for the workers and optimizing the human-machine-environment system.

***Key words**: restricted profile*, sistema hombre-máquina-entorno*, biomecanic, ISAK*

Introducción

En los viveros de Ajalpan y la región se realiza la siembra de hortalizas en charolas de manera artesanal: colocan el sustrato en la charola, moldean el sustrato con los dedos pulgares haciendo 200 pocitos, posteriormente

colocan las semillas en cada cavidad y cubren la charola con una ligera capa de sustrato. En el vivero de “Don Pablo” ubicado en San Sebastián Zinacatepec en una jornada de trabajo siembran entre 3 trabajadores 250 charolas. De tal forma, en el Instituto Tecnológico Superior de la Sierra Negra de Ajalpan se inventó la máquina sembradora semiautomática con rodillo, SARILSE; con Título de patente No. 350791 ante el Instituto Mexicano de la Propiedad Industrial (IMPI), la cual realiza los 2 procesos más tediosos: el moldeo de sustrato lo hace utilizando un rodillo al introducir la charola a la máquina y la colocación de semillas en todas las cavidades de un solo paso de manera automática al generar vacío para la retención de semillas y por caída libre.
A partir de SARILSE se han creado otras versiones de SARILSE para contar con una máquina mejorada con mayor precisión, que incremente la productividad y que tenga menor peso y costo. Por ello, nos dimos a la tarea de construir otras máquinas basadas en SARILSE, de ahí surgieron SARILSE 2.0, SARILSE 3.0 y la nueva SARILSE 3.5.

Metodología

El tiempo estándar presupone que se tiene un trabajador bien capacitado. El conocimiento del trabajador se basa en el conocimiento de los procesos, los métodos y de los productos [1]. Hoy en día es importante además considerar el bienestar del trabajador.
La Ley Federal del Trabajo en su artículo 475 define como enfermedad de trabajo a todo estado patológico derivado de la acción continuada de una causa que tenga su origen o motivo en el trabajo o en el medio en que el trabajador se vea obligado a prestar sus servicios. De acuerdo con la Memoria estadística del Instituto Mexicano del Seguro Social de 2016, el número de enfermedades de trabajo en ese año, llegó a 12,622 casos [2].
Una forma de evitar este tipo de enfermedades es usar medidas antropométricas para desarrollar los puestos de trabajo.
Las normas antropométricas internacionales, procedimientos y procesos científicos para obtener las medidas dimensionales anatómicas superficiales utilizadas en este trabajo son las aplicadas por la Sociedad Internacional para el Avance de la Cineantropometría (International Society for the Advancement of Kinanthropometry ISAK). Estas mediciones proporcionan una óptima descripción del cuerpo humano en su totalidad y son aplicables en todo el mundo para evaluar el tamaño, las proporciones y la composición del cuerpo [3].
La cineantropometría es la disciplina que involucra el uso de medidas antropométricas en relación con otros parámetros científicos y áreas temáticas tales como los movimientos humanos, psicología y aplicaciones en ciencias de la salud. La antropometría puede ser descrita como los procedimientos y procesos científicos de adquisición de medidas dimensionales anatómicas de la superficie tales como longitudes, anchos, circunferencias y pliegues cutáneos del cuerpo humano por medio de equipos especializados [4].
Esto conlleva entender el elemento humano a considerar para el diseño de máquinas SARILSE para aumentar la productividad en la siembra de hortalizas, al mismo tiempo mantener la salud y seguridad de los trabajadores en el invernadero.
Los métodos de medición antropométricos pueden ser directos e indirectos. El método directo se basa en la obtención de las dimensiones antropométricas directamente de la persona a partir de los puntos antropométricos, haciendo uso de equipos e instrumentos como los mencionados anteriormente; los cuales escasean en nuestro país [5].
La valoración antropométrica se realizó en 20 trabajadores de los viveros de la región de San Sebastián Zinacatepec. El perfil antropométrico utilizado es el perfil restringido de 16 medidas que se dividen en cuatro grandes categorías: básicas, pliegues cutáneos, perímetros y diámetros. En las mediciones del perfil restringido se efectúan cálculos sobre somatotipo, proporcionalidad, estimación de la composición corporal, índices de área de superficie corporal, índices corporales, la ratio cintura/cadera, patrones de distribución de grasa corporal y perímetros corregidos en función de los pliegues cutáneos.

La medición del sujeto

Se obtuvo un consentimiento informado de cada sujeto, las manos del antropometrista limpias, así como, el instrumental antropométrico, uñas cortas y limpias, las mediciones se realizaron en un espacio reservado a una temperatura confortable para el trabajador. Se mantiene el área limpia y ordenada. Las mediciones se toman lateralmente o por detrás y frontalmente, con la mínima vestimenta para que se realicen de la manera más rápida, fiable y eficiente. Se marcan los puntos antropométricos necesarios de los sujetos para el estudio. Se toman dos

veces cada medida y se usa la media como dato final de la variable en estudio, es importante seguir este protocolo con el fin de conseguir confianza y reproducibilidad de los resultados.
Las medidas antropométricas se realizan en el orden establecido para evitar el sesgo del antropometrista.

Registro de datos

Los datos se registran en la hoja conocida como proforma para la medición antropométrica, se cuenta con un anotador para ayudar al antropometrista en el registro de los datos y trabajar en equipo. La valoración antropométrica se realiza en el siguiente orden:
1) Marcar los puntos antropométricos.
2) Realizar la primera medida en el orden establecido por ISAK.
3) Repetir la segunda medición de las variables.

Material Antropométrico

a) Segmómetro: utilizado para medir directamente longitudes de segmentos corporales y también para medir determinadas alturas.
b) Cinta antropométrica utilizada para medir perímetros.
c) Cajón antropométrico: se utiliza para ayuda del antropometrista a tener sus ojos al mismo nivel de la medición y así reducir el error en la lectura.
d) Estadiómetro o antropómetro: utilizado para medir talla.
e) Báscula: se utiliza para medir la masa corporal, se debe calibrar antes de ser utilizada.
f) Plicómetro o calibre de pliegues cutáneos: para la medición de pliegues cutáneos.
g) Paquímetro o calibre de pequeños diámetros: debe tener una escala de al menos 15 cm., utilizado para medir pequeños diámetros.
h) Lápiz demográfico: se utiliza para marcar puntos anatómicos sobre la piel humana.
i) Mesas: para el equipo y registro de datos.

Posición antropométrica

Posición básica que adopta el sujeto a evaluar, se debe mantener esta posición al realizar las marcas y las medidas antropométricas, poner el cuerpo erguido, con la cabeza y cuello erectos, mirada hacia el frente, con los brazos extendidos hacia abajo a cada lado del cuerpo, palmas de las manos paralelas al cuerpo y dedos pulgares apuntando hacia adelante y piernas extendidas con los pies con una separación confortable, no mayor a la anchura de las caderas.

Puntos antropométricos

Son importantes y muy relevantes en el protocolo de medición de la ISAK.
● Acromial: punto en el borde superior de la parte más lateral del acromion, en este se encuentra el comienzo del borde lateral. Se marca una pequeña línea de 5 mm, aproximadamente en este punto.
● Radial: punto en el borde proximal y lateral de la cabeza del radio, marcar una pequeña línea perpendicular al eje longitudinal del antebrazo.
● Acromial-radial medio: punto equidistante entre las marcas acromial y radial. Se mide la distancia lineal entre las marcas acromial y radial con un segmómetro. Se coloca una marca pequeña a nivel del punto medio entre estas dos marcas.
● Punto del pliegue del tríceps: punto en la cara posterior del brazo, en la línea media a nivel de la marca del acromial-radial medio. Se debe utilizar la cinta antropométrica y realizar una línea perpendicular que divida el brazo en dos mitades.
● Punto del pliegue del bíceps: punto en la cara anterior del brazo, a nivel de la marca proyectada hacia delante del acromial-radial medio, en la mitad del vientre muscular del bíceps braquial. Se debe utilizar la cinta

antropométrica para proyectar la marca acromial-radial hacia la superficie anterior del brazo dibujando una pequeña línea horizontal, posteriormente se realiza una línea perpendicular que divida el vientre del bíceps braquial en dos mitades.
● Subescapular: punto más bajo del ángulo inferior de la escápula. Palpar el ángulo inferior de la escápula con el pulgar y marcar.
● Punto del pliegue del subescapular: punto localizado a 2 cm., a lo largo de una línea que lleva una dirección hacia abajo, lateral y oblicua en un ángulo de 45° desde la marca subescapular. Se dibuja una línea pequeña desde la marca subescapular que vaya hacia abajo, lateralmente y oblicua con un ángulo de 45°, a 2 cm., del punto subescapular, se dibuja una segunda línea perpendicular a la primera, aquí se indica el lugar en que el pliegue subescapular debe ser medido.
● Iliocristal: punto más superior de la cresta ilíaca que coincida con la proyección de la línea axilar media, con la punta de los dedos de la mano derecha y los dedos extendidos perpendiculares al eje longitudinal del tronco del sujeto buscar la región superior de la cresta ilíaca situada en la proyección de la línea axilar media. Se dibuja una línea pequeña, siguiendo la línea natural de la piel.
● Punto del pliegue de la cresta ilíaca: punto medio del pliegue cutáneo situado inmediatamente por encima del punto iliocristal, marcar una cruz el centro del pliegue.
● Iliospinal: punto situado en el extremo más inferior de la espina ilíaca antero-superior. El sujeto se coloca en posición antropométrica pero con el antebrazo derecho cruzado sobre el pecho, desde el Iliocristal, seguir la cresta ilíaca hacia la parte anterior hasta llegar a una protuberancia, la cual es la espina ilíaca antero-superior, la marca se realiza dibujando un punto en la parte más inferior de la espina ilíaca antero-superior.
● Punto del pliegue del supraespinal: punto resultante de la intersección de dos líneas: a) la línea desde el punto iliospinal hasta el borde axilar anterior y 2) la línea horizontal desde el punto iliocristal.
El brazo derecho del sujeto debe cruzarse sobre el pecho para permitir trazar una línea horizontal desde el punto iliocristal (línea 2). Colocar la cinta antropométrica desde el borde axilar anterior hasta el punto iliospinal. Se dibuja una línea pequeña discontinua ocupando el borde de la cinta a la altura del punto iliocristal, posteriormente colocar la cinta justo por debajo del punto iliocristal y proyectar horizontalmente, el objetivo es que se cruce con la primera línea, en este momento se dibuja una segunda línea ininterrumpida en la zona de la intersección de ambas líneas, finalmente se dibuja la marca del pliegue en la bisectriz del cruce de estas líneas.
● Punto del pliegue del abdominal: punto localizado horizontalmente a 5 cm., en el lado derecho del omphalion. El punto se sitúa en el lado derecho del sujeto, se coloca una marca horizontal a 5 cm del omphalion, en este sitio el pliegue se toma de forma vertical.
● Punto del pliegue de la pierna: punto en la cara medial de la pierna a nivel del perímetro máximo. Se coloca el sujeto en posición antropométrica con los pies separados entre 15 y 25 cm., proporcional al ancho de las caderas, el peso del cuerpo se distribuye equilibradamente.
● Borde superior de la Patela: punto medio en la zona posterior del borde superior de la rótula. El sujeto se colca sentado en el borde del cajón con la pierna derecha en extensión completa y relajada y el talón sobre el suelo. Identificar la rótula por sus bordes lateral y medial con los dedos del pulgar e índice, siguiendo estos bordes hacia arriba hasta llegar al borde superior de la rótula.
● Punto del pliegue del muslo: punto medio entre el pliegue inguinal y el punto patelar, se coloca un extremo del instrumento de medida sobre el punto inguinal el otro extremo sobre el punto patelar.

Medidas básicas

● Masa Corporal: cantidad de materia del cuerpo, se obtiene midiendo el peso. Se realiza en una báscula calibrada, el sujeto debe permanecer de pie en el centro de la báscula con su peso distribuido equitativamente en ambos pies.
● Talla, estatura o altura: distancia perpendicular entre los planos transversales del punto del vértex y el inferior de los pies. La valoración de la talla requiere una tracción de la cabeza, colocada en el plano de Frankfort.

Medición de los pliegues cutáneos

La metodología para medir todos los pliegues debe ser: 1) tomar el pliegue, 2) colocar el plicómetro, 3) tras dos segundos, realizar la lectura; 4) retirar el plicómetro; 5) soltar el pliegue.

- Tríceps: medición del pliegue tomada en paralelo al eje longitudinal del brazo en el punto del pliegue del tríceps. El material utilizado es un plicómetro.

- Subescapular: medición del pliegue tomada oblicuamente a 45° hacia abajo y hacia afuera en el punto del pliegue del subescapular, situándose detrás del sujeto, a la altura de la escápula derecha.
- Bíceps: Medición del pliegue tomada en paralelo al eje longitudinal del brazo en el punto del pliegue del bíceps.
- Cresta Iliaca: medición del pliegue tomado casi horizontalmente en el punto del pliegue de la cresta ilíaca.
- Supraespinal: medición del pliegue tomada oblicua, hacía abajo y medialmente en el punto del pliegue supraespinal.
- Abdominal: medición del pliegue tomada verticalmente en el punto del pliegue abdominal. El pliegue debe tomarse verticalmente.
- Muslo: medición del pliegue tomada en paralelo al eje longitudinal del muslo en el punto del pliegue del muslo.
- Pierna: medición del pliegue tomada verticalmente en el punto del pliegue de la pierna.

Medición de los perímetros

- Cabeza: se toma inmediatamente por encima de la glabela y perpendicular al eje longitudinal de la cabeza.
- Brazo relajado: perímetro del brazo a nivel del punto acromial-radial medio, perpendicular al eje longitudinal del brazo.
- Brazo relajado y contraído: perímetro del brazo, perpendicular a su eje longitudinal, a nivel del punto más alto del bíceps braquial contraído, el sujeto se coloca en posición antropométrica pero con el brazo derecho situado delante del cuerpo a 90° de forma horizontal, codo flexionado a 90° y el antebrazo en supinación.
- Antebrazo: perímetro máximo del antebrazo, perpendicular a su eje longitudinal, distal a los epicóndilos humerales.
- Cintura: perímetro del abdomen en su punto más estrecho, entre el borde costal lateral inferior (décima costilla) y la parte superior de la cresta iliaca, perpendicular al eje longitudinal del tronco.
- Caderas: perímetro de los glúteos a nivel de la prominencia posterior máxima, perpendicular al eje longitudinal del tronco.
- Muslo medio: perímetro del muslo medido a nivel del punto del pliegue del muslo (punto medio entre el patelar y el punto inguinal), perpendicular al eje longitudinal del muslo.
- Pierna: perímetro de la pierna a nivel del punto del pliegue de la pierna, perpendicular a su eje longitudinal.

Medición de los diámetros

- Húmero: distancia lineal entre la parte más lateral del epicóndilo lateral y la parte más medial del epicóndilo medial del húmero.
- Fémur: distancia lineal entre la parte más lateral del cóndilo lateral y la parte más medial del cóndilo medial del fémur.

Resultados y discusión

El maestro en Ingeniería Industrial Filemón Carreño Reyna acreditado como antropometrista Nivel 1 (Técnico en Perfil restringido) por la Sociedad Internacional para el Avance de la Cineantropometría (ISAK) tomó las 16 medidas de 20 trabajadores de los viveros en San Sebastián Zinacatepec (Figura 1).

 ISSN 2007-8102



Figura 1. Valoración antropométrica a 20 trabajadores de los viveros de San Sebastián, Zinacatepec

Las 16 medidas correspondientes al perfil restringido, fueron registrados en la proforma, de cada sujeto o trabajador, se tomaron dos medidas (med 1+2) para disminuir el error de medición, y se calcula la media para cada medida (Tabla 1).

Los antropometristas deben esforzarse por minimizar sistemáticamente los errores, demostrado por los errores técnicos de las mediciones y acuerdos con los criterios de los medidores. Por lo tanto, es esencial que se sigan estrictamente los protocolos estándar. La evaluación precisa de las mediciones antropométricas puede ser difícil y, por lo tanto, se requiere un cuidado extremo. En general, no se presta suficiente atención a una técnica de medición precisa y, en consecuencia, no se puede obtener la reproducibilidad. La descripción de los procedimientos de medición parece bastante simple, pero un alto grado de habilidad técnica es esencial para obtener resultados consistentes, especialmente cuando se aplica en condiciones de prueba de campo [6].

Hay otras técnicas que no requieren del contacto físico con la persona a medir, es decir son métodos indirectos, como la medición con una fotografía, Kinect, termografía infrarroja SYMCAD, aplicación Android para medición antropométrica desde móviles. La fotografía por ejemplo no permite captar todas las dimensiones antropométricas como perímetros y circunferencias, otras de estas técnicas pueden medir más dimensiones, sin embargo, el costo de estas técnicas va de 89 hasta 35000 USD [7].

Una de las principales desventajas de la fotografía es que es una representación bidimensional de una realidad tridimensional, lo que limita su acercamiento a la realidad. En la actualidad, el rápido desarrollo de los sistemas de imagen en tres dimensiones ha permitido diagnosticar los tejidos blandos faciales en detalle y otorga una nueva posibilidad para su evaluación en la planificación ortodóncica y análisis de los resultados del tratamiento. Estas técnicas de imagen tridimensional son: *Cone Beam computed Volumetric Tomography* (CBVT), exploración facial superficial láser y estereofotogrametría 3D [8].

En otro trabajo se realizó un estudio antropométrico en una muestra significativa de 100 varones dedicados a la industria, de origen mexicano y entre 18 a 65 años de edad, la selección de los individuos que contribuirá al diseño de nuevos puestos de trabajo y con esto mejorar la seguridad, comodidad y rendimiento de los individuos [9].

Tabla 1. Formulario de recolección de datos en la proforma para medidas antropométricas de 20 sembradores de hortalizas de la región de San Sebastián Zinacatepec, Puebla. utilizando el perfil restringido de 18 medidas.

SUMA DE LAS MEDIDAS

medidas para Nive	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	S11	S12	S13	S14	S15	S16	S17	S18	S19	S20	Media	
	med 1¤2	med 1¤2	med 1¤2	med 1¤2	med 1¤2	med 1¤2	med 1¤2	med 1¤2	med 1¤2	med 1¤2	med 1¤2	med 1¤2	med 1¤2	med 1¤2	med 1¤2	med 1¤2	med 1¤2	med 1¤2	med 1¤2	med 1¤2	medida 1	geral
Medidas Básicas																						
1 Estatura (cm)	1.5	1.5	1.5	1.4	1.7	1.5	1.5	1.7	1.6	1.6	1.5	1.5	1.4	1.6	1.7	1.5	1.5	1.7	1.8	1.7	1.5665	0.8
2 Peso corporal (kg)	52.0	50.0	46.5	45.0	59.0	48.0	48.5	57.3	58.9	42.8	50.0	44.0	47.4	58.5	65.5	53.5	45.2	81.0	70.3	67.8	54.558	27.3
Pliegues (mm)																						
3 Tríceps	23.0	22.0	16.0	20.0	15.0	21.0	23.0	25.0	24.0	10.0	21.0	20.0	22.0	8.0	24.0	26.0	23.0	16.0	9.0	14.0	19.1	9.6
4 Subescapular	29.0	23.0	14.0	25.0	12.0	17.0	22.0	20.0	18.0	10.0	20.0	12.0	25.0	12.0	23.0	23.0	12.0	18.0	11.0	13.0	18.0	9.0
5 Bíceps	18.0	20.0	12.0	9.0	7.0	12.0	14.0	13.0	14.0	5.0	16.0	9.0	16.0	4.0	10.0	15.0	10.0	12.0	5.0	8.0	11.5	5.7
8 Supraespinal	12.0	8.0	6.0	9.0	7.0	10.0	9.0	10.0	10.0	5.0	14.0	11.0	7.0	6.0	8.0	11.5	7.0	9.0	4.0	6.0	8.5	4.2
9 Abdominal	27.0	19.0	20.0	22.0	20.0	22.0	15.0	20.0	24.0	15.0	25.0	6.0	25.0	18.0	18.0	25.0	17.0	27.0	14.0	24.0	20.2	10.1
10 Muslo anterior med	20.0	22.0	16.0	19.0	16.0	25.0	22.0	25.0	15.0	14.0	15.0	21.0	14.0	8.0	25.0	23.0	15.0	23.0	13.0	11.0	18.1	9.1
11 pantorrila medial	17.0	17.0	11.0	13.0	6.0	10.0	11.0	14.0	10.0	9.0	11.0	11.0	11.0	5.0	15.0	20.0	8.0	12.0	8.0	6.0	11.3	5.6
Perímetros (cm)																						
14 Brazo (relajado)	25.0	25.0	23.0	22.0	24.0	24.0	26.5	27.5	26.5	22.5	27.0	24.0	26.0	25.5	26.5	25.0	25.0	31.0	26.0	27.0	25.5	12.7
15 Brazo (flex. y tenso	28.0	28.0	24.5	24.5	28.0	25.5	28.0	28.0	28.5	23.5	29.0	26.0	28.0	30.0	29.0	27.5	25.5	33.0	30.0	30.5	27.8	13.9
19 Cintura (mínimo)	77.0	69.5	69.5	68.0	78.0	69.0	75.0	78.0	74.0	70.0	75.0	64.0	73.0	77.0	75.5	73.0	68.0	87.5	76.0	79.5	73.8	36.9
20 Cadera (glúteo)	89.0	91.0	89.0	84.0	91.0	87.5	92.0	97.0	99.0	88.0	92.5	83.0	88.5	89.0	99.0	93.5	92.5	102.0	92.5	92.0	91.6	45.8
23 Pantorrilla (máxim	31.0	32.0	29.5	28.5	28.5	33.5	33.0	36.0	37.5	32.0	32.0	31.5	32.0	31.0	38.0	33.0	31.0	36.5	36.0	35.0	32.9	16.4
Diametros (cm)																						
39 Húmero	5.5	5.5	5.0	5.5	6.5	5.5	5.5	6.0	6.0	5.5	6.0	5.0	5.5	6.5	5.0	5.5	5.0	7.0	7.0	6.5	0.35	2.9
40 Femur	6.5	7.0	7.0	6.5	9.0	7.0	5.0	7.0	8.5	7.5	7.0	7.0	7.5	8.5	7.5	7.5	7.0	8.5	9.0	8.5	0.425	3.7

Trabajo a futuro

El trabajo a futuro consistirá en elaborar el perfil antropométrico completo (43 medidas) que se divide en cinco categorías: básicas; pliegues cutáneos; perímetros; longitudes y alturas y diámetros. El uso de medidas antropométricas de perfil completo se empleará para el diseño de máquinas SARILSE y aumentar la productividad en la siembra de hortalizas, al mismo tiempo mantener la salud y seguridad de los trabajadores y optimizar el sistema hombre-máquina-entorno.

Conclusiones

Se realizó la valoración antropométrica utilizando el perfil restringido (16 medidas) divididas en cuatro grandes categorías: básicas, pliegues cutáneos, perímetros y diámetros.
Se elaboró el formulario de recolección de datos en la proforma para medidas antropométricas siguiendo los procedimientos y normas del Protocolo Internacional para la Valoración Antropométrica. Los resultados obtenidos son confiables y reproducibles, se minimizó el error de medición debido a la calibración y precisión del equipo y a la buena técnica de medición que resulta en la exactitud de las medidas.
Las medidas antropométricas incluidas en el perfil restringido con la media de los 20 trabajadores se presentan en la Tabla 2.

Tabla 2. Perfil restringido

Tipo	No.	Medida Antropométrica	Media
Medidas Básicas	1	Estatura (cm)	1.57
	2	Peso corporal (kg)	54.56
Pliegues cutáneos (mm)	3	Tríceps	19.1
	4	Subescapular	18.0
	5	Bíceps	11.5
	8	Supraespinal	8.5
	9	Abdominal	20.2
	10	Muslo anterior medial	18.1
	11	Pantorrilla medial	11.3
Perímetros (cm)	14	Brazo (relajado)	25.5
	15	Brazo (flexionado y tenso)	27.8
	19	Cintura (mínimo)	73.8
	20	Cadera (glúteo)	91.6
	23	Pantorrilla (máximo)	32.9

Diámetros (cm)	39	Húmero	0.35
	40	Fémur	0.425

La adquisición y uso de este tipo de medidas se basa en la adhesión a los principios de medición y protocolos que están aceptados a nivel nacional e internacional. La antropometría desarrollada en el presente trabajo es una técnica incruenta y poco costosa, portátil y aplicable en todo el mundo para evaluar el tamaño, las proporciones y la composición del cuerpo humano.

Agradecimientos

Agradecimiento al Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico de Tehuacán por facilitar la disposición y uso del material antropométrico utilizado para la realización del estudio: Segmómetro, cinta antropométrica, cajón antropométrico, báscula con tallímetro, plicómetro, paquímetro y al Director General del Instituto Tecnológico Superior de la Sierra Negra de Ajalpan por apoyar las actividades del Cuerpo Académico “Tecnología y Automatización de Procesos” y la colaboración del Dr. Galaviz del Cuerpo Académico “Ingeniería en procesos” de la UT de Tlaxcala.

Referencias

[1] H. Maynard, Manual del ingeniero industrial, 5a ed., vol. I, Mc Graw Hill/ Interamericana de México, 2006, pp. 6,9-6.47.
[2] Secretaría del Trabajo y Previsión Social, «Las enfermedades de trabajo y los trastornos músculo-esqueléticos por ejercicio o motivo del trabajo, en México,» 1 febrero 2018. [En línea]. Available: http://trabajoseguro.stps.gob.mx/bol079/vinculos/notas_6.html.
[3] F. Esparza, R. Vaquero y M. Marfell, «Sociedad Internacional para el Avance de la Cineantropometría,» *UCAM Universidad Católica de Murcia,* ISBN: 978-84-92986-17-0, pp. 14-142, 2019.
[4] A. D. Stewart, «Kinanthropometry and body composition: A natural home for three-dimensional photonic scanning,» *Journal of Sports Sciences,* vol. 28, pp. 455-457, 2010.
[5] R. Muñoz Maldonado, «Evaluación del estado nutricional. Método antropométrico i.,» 19 abril 2017. [En línea]. Available: https://es.slideshare.net/coniconstanzaaaa/mtodo-antropomtrico-i.
[6] K. I. Norton, «Standards for anthropometry assessment,» 2019. doi: 10.4324/9781315385662-4, 2018
[7] R. Nariño Lescay, A. Alonso Becerra y A. Hernández González, «Antropometría. Análisis comparativo de las tecnologías para la captación de las dimensiones antropométricas,» *Revista EIA,* vol. 13, pp. 47-59, 2016.
[8] S. Vilanueva-Bonilla, L. Saavedra-Layera y C. Vergara-Nunez, «Comparación de mediciones antropométricas directa y con sistema de imagen 3D, en adultos jóvenes,» *Revista clínica de periodoncia, implantología y rehabilitación oral,* vol. 11, pp. 16-19, 2018.
[9] A. I. Rangel-Elizalde, «Estudio antropométrico de la población mexicana masculina laboralmente productiva,» *Científica,* pp. 11-15, 2015.

 ISSN 2007-8102

Mejoras al diseño de una prótesis de miembros superiores mediante DFM

C.E. Pérez Pucheta [1], M. E. Gurruchaga Rodríguez[2], E. A. Romero Flores[2], R. Posada Gómez[1], A. Alvarado Lassmann[1].*
[1]Tecnológico Nacional de México/Centro Regional de Optimización y Desarrollo de Equipo/ Departamento de Diseño y Desarrollo de Equipo, Prolongación de la Calle 2 s/n Col. Agrícola Librado Rivera C.P. 94380, Orizaba, Veracruz, México.
[1]carlos.pp@crodeorizaba.tecnm.mx
[2]Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Orizaba/ División de Estudios de Posgrado e Investigación, Oriente 9, Emiliano Zapata, 94320 Orizaba, Veracruz, México.
[2]megurruchagar@orizaba.tecnm.mx
[2]Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Orizaba/ División de Estudios de Posgrado e Investigación, Oriente 9, Emiliano Zapata, 94320 Orizaba, Veracruz, México.
[2]eromeros@orizaba.tecnm.mx
[1]Tecnológico Nacional de México/Centro Regional de Optimización y Desarrollo de Equipo/ Departamento de Diseño y Desarrollo de Equipo, Prolongación de la Calle 2 s/n Col. Agrícola Librado Rivera C.P. 94380, Orizaba, Veracruz, México.
[1]ruben.pg@crodeorizaba.tecnm.mx
[1]Tecnológico Nacional de México/Centro Regional de Optimización y Desarrollo de Equipo/ Departamento de Diseño y Desarrollo de Equipo, Prolongación de la Calle 2 s/n Col. Agrícola Librado Rivera C.P. 94380, Orizaba, Veracruz, México.
[1]arturo.al@crodeorizaba.tecnm.mx

***Área de participación**: Ingeniería Industrial*

Resumen

Los desafíos que presenta la sociedad del siglo XXI demanda avances en nuevas tecnologías y conocimiento científico, que permitan dar respuesta a las necesidades sociales. La gran variedad de piezas que conforman la prótesis de miembros superiores, no permite elegir un solo proceso de manufactura. El desafío es asegurar que el diseño particular de cada pieza relevante de la prótesis, pueda ser fabricado por el proceso de manufactura concebido por el diseñador antes de realizar la prueba en un entorno real de fabricación. La técnica utilizada para dar solución a la problemática fue diseño para la manufactura (DFM), de la cual, se presentan conceptos, y perspectivas que se deben tomar en cuenta a la hora de aplicar DFM. Con la aplicación del DFM, se validó el diseño para los procesos de manufactura elegidos.

***Palabras clave**: Diseño, DFM, Manufactura, Prótesis.*

Abstract

The challenges presented by the society of the 21st century demand advances in new technologies and scientific knowledge, which will allow us to respond to social needs. Due to the great variety of pieces that make up the prosthesis, it is not possible to choose a single manufacturing process for this project. The challenge is to ensure that each particular design of each relevant part of the prosthesis can be manufactured by the manufacturing process conceived by the designer before testing in a real manufacturing environment. The technique used to solve the problem was Design for Manufacturing (DFM), from which concepts and perspectives are presented that must be taken into account when applying DFM. With the application of DFM, a proven geometric modeling is achieved for the different manufacturing processes chosen.

***Key words**: Design, DFM, Manufacturing, Prosthesis.*

Introducción

La falta de tecnología e innovación tecnológica a un costo accesible en el mercado nacional e internacional es una necesidad hoy en día, principalmente en el sector salud, que requiere de soluciones cuando se trata de personas que sufren alguna discapacidad por amputación en alguno de sus miembros. De acuerdo a la Organización Mundial de la Salud – OMS [1], en su publicación *Standards for Prosthetics and Orthotics*, menciona la necesidad que existe por servicios protésicos y ortopédicos; sin embargo, frecuentemente no se dispone de cifras confiables para cada país. A pesar de ello, la OMS ha estimado que el 0.5% de cualquier población a nivel mundial requiere de prótesis, ortesis y tratamiento de rehabilitación. Por otra parte, la iniciativa Global Cooperation on Assistive Technology (GATE), perteneciente a la OMS, indica que sólo del 5 al 15% de la población "afectada" tiene acceso a productos de asistencia. Además, la OMS [1], estima que actualmente sólo 1 de cada 10 personas afectadas tiene acceso a productos de asistencia, incluidas prótesis y ortesis, debido a su alto costo y a la falta de conocimiento, disponibilidad, personal capacitado, políticas y financiamiento [2]. Observando las cifras anteriores, resulta de vital importancia que el diseño de la prótesis esté optimizado, lo cual ayudará a sentar las bases de la posible fabricación.

Con el fin de disminuir el tiempo de rediseño de las piezas para los diferentes procesos de manufactura elegidos se empleará el Diseño para la Manufactura (DFM), el cual ha evolucionado en las últimas décadas debido al desarrollo de nuevos procesos de manufactura y a la mejora en las metodologías de diseño. El concepto de DFM puede definirse como el diseño de un producto teniendo en cuenta los conocimientos de manufactura o fabricación durante todo el proceso de desarrollo del producto [3, 4]. El objetivo principal de DFM es reducir los tiempos de rediseño, costes de fabricación, es decir, emplear menos componentes, reducir el tiempo de ensamble, etc. [3]. Basándose en la combinación de las características/capacidades y limitaciones propias de cada producto. Con frecuencia, esto se consigue integrando equipos de proyectos formados por diseñadores de productos, ingenieros de manufactura y otros especialistas (por ejemplo, ingenieros de calidad y científicos de materiales) para diseñar el producto. Paralelamente a los esfuerzos de DFM, los diseñadores también deben abordar el problema del diseño óptimo que demanda diversas solicitudes. Esto se puede considerar como una de las paradojas de los ingenieros de diseño. El diseño óptimo es un proceso de diseño que busca un compromiso entre el tamaño, la forma o la topología de una pieza y la mínima utilización posible de material, al tiempo que se garantiza el rendimiento general de la pieza [5]. Sin embargo, autores como Groover [6], sugiere que DFM está irremisiblemente acoplado al Diseño para el Ensamble (DFA), en consecuencia, lo nombra DFMA. Para lograr el acoplamiento de DFMA algunas compañías, exigen que los ingenieros de diseño dediquen cierto tiempo de su carrera a la manufactura para conocer los problemas que se encuentran en la manufactura de las piezas o productos.

Metodología

El proyecto se desarrolló en dos fases principales, las cuales se explican a continuación:

- Fase 1 Selección: se enfoca en analizar los diferentes procesos de manufactura para cada una de las diferentes geometrías de las piezas que conforman la prótesis de miembros superiores, como resultado se obtiene la selección del proceso de manufactura para cada pieza.
- Fase 2 DFM: se centra en mejorar el diseño de la prótesis. Teniendo como base el modelado geométrico de la prótesis, se le aplicará un análisis de ingeniería tomando en cuenta restricciones de manufactura: cociente de profundidad a diámetro, % mínimo de la zona del taladro dentro de la pieza, zona de tolerancia lineal mínima y zona de tolerancia angular mínima, espesor mínimo de pared y espesor máximo de pared. Para la realización de la fase 2 se empleó el software SOLIDWORKS, el cual cuenta con un simulador de DFM, llamado DFMXpress.

 ISSN 2007-8102

La Figura 1 muestra un ensamble de las piezas de las que está compuesta la prótesis. A continuación, se mencionan en orden ascendente: *socket*, palma, bielas, y falanges. Las piezas previamente indicadas, serán las piezas sujetas bajo estudio.

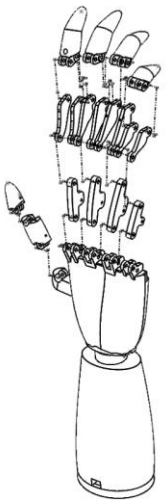
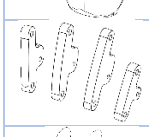


Figura 1. Vista explosionada.

Resultados y discusión

La Tabla 1 muestra el análisis/selección (fase 1 de la metodología) realizado para cada pieza respecto al proceso de fabricación mediante el cual se alcanzaría las formas geométricas generadas en el proceso de diseño. La selección resultante se obtuvo a partir de los equipos con los que cuenta la institución.

Tabla 1. Características de las partes.

Forma Geométrica	Nombre	Proceso de Manufactura
	*Socket*	Moldeo por inyección
	Palma	Moldeo por inyección
	Bielas	Fresadora /perforadora
	Falanges	Moldeo por inyección

A continuación, se muestra la aplicación del DFM (fase 2 de la metodología) a las piezas de la prótesis. Sin embargo, es importante notar que sólo se muestra la aplicación para dos piezas: *socket* y bielas, debido a que es el mismo procedimiento de análisis para cada pieza que conformo la prótesis. Además, se contextualiza, más no se profundiza los parámetros de análisis que se tomaron en cuenta en cada proceso de manufactura debido a la amplitud de la teoría de los procesos de moldeo por inyección y fresado.

 ISSN 2007-8102

Socket

Se le realizó la simulación del proceso de manufactura “moldeo por inyección”. Las restricciones que se le aplicaron fue espesor mínimo de pared, debido a que paredes demasiado delgadas pueden crear problemas de relleno y generar tensiones altas durante el moldeo, además, de ocasionar errores estructurales y un mal aislamiento. Conjuntamente, se especificó un espesor máximo de pared, el cual es importante porque paredes demasiado gruesas evitan problemas de enfriamiento y defectos como depresiones superficiales y vacíos internos. Asimismo, las paredes gruesas pueden incrementar el tiempo de ciclo. Por último, no se requirió un acabado superficial mejor que el obtenido por el moldeo por inyección, y se asume el empleo de un molde de aluminio y no de acero. También, se planea utilizar como materia prima polipropileno-homopolímero.

Los espesores utilizados fueron 2 mm y 3.5 mm para el espesor mínimo y espesor máximo respectivamente. La Figura 2, muestra qué reglas se incumplieron: 7 restricciones (instancias) tienen que ver con el espesor máximo y una con el espesor mínimo.

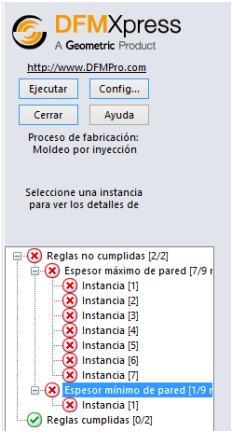


Figura 2. Análisis de restricciones.

La Tabla 2 muestra el error para cada una de las restricciones (instancias) de la geometría de la pieza. Todos los valores que se encuentren fuera del rango de 2 mm y 3.5 mm se consideran fuera de los parámetros y por consiguiente es un error de diseño.

Tabla 2. Valores de error.

No. de Instancia	Espesor Máximo (3.5mm)	Espesor Mínimo (2mm)
1	4.28 mm	
2	5.01 mm	
3	6.47 mm	
4	10.32 mm	
5	13.70 mm	
6	15.91 mm	
7	19.94 mm	
8		0.92 mm

Una vez que se identificaron los valores de error, se procede a ubicarlos dentro del modelado geométrico 3D. A manera de ejemplo, sólo se mostrará una ubicación, la cual será la instancia 1. Lo anterior es porque se realiza el mismo procedimiento para todas las demás instancias. En la Figura 3 se puede apreciar de manera explícita el valor indicado por la instancia 1, el cual corresponde a 4.28 mm, ese mismo valor se puede apreciar en la distancia dY, en donde se puede apreciar que el valor es 4.280 mm, lo cual indica, claramente que dicha característica geométrica debe ser atendida. Cada una de las demás instancias serán resueltas tomando en consideración los espesores límite.

 ISSN 2007-8102

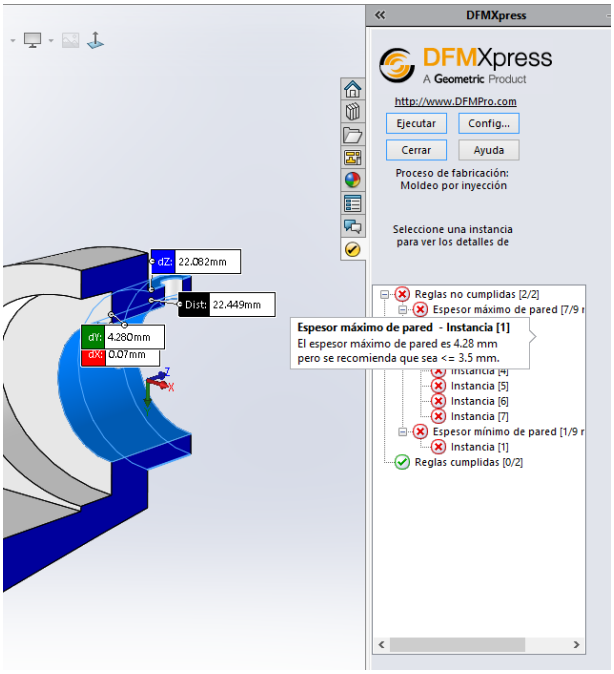


Figura 3. Análisis de restricciones.

Realizando un análisis detallado de todas las instancias/restricciones que arrojó el DFMXpress, se concluyó que el diseño actual que se proponía para el proceso de manufactura seleccionado no era idóneo, por lo cual se procedió a rediseñar nuevamente todo el *socket*, manteniendo sólo aspectos de funcionalidad. La Figura 4, muestra la mejora del rediseño y el resultado de aplicar el análisis de DFM, el cual muestra cero reglas no cumplidas, lo cual, permite asegurar que dicha pieza se pueda manufacturar por el proceso seleccionado. Es importante mencionar que el análisis sólo fue aplicado al *socket*, sin embargo, se muestran los servos, los cuales fueron empleados sólo como referencia para las dimensiones del *socket*.

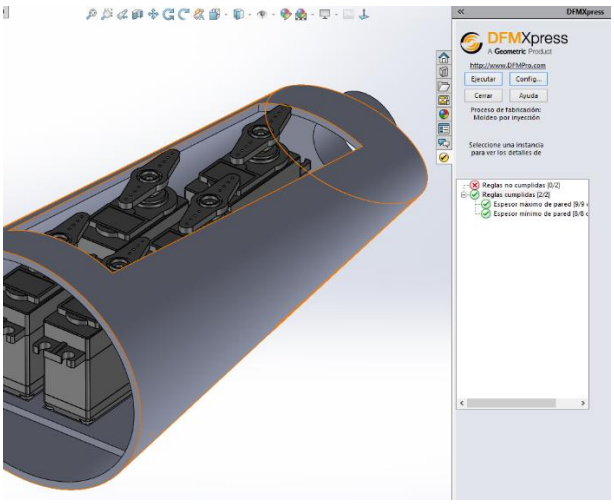


Figura 4. Análisis de restricciones después de la mejora del rediseño.

Bielas

 ISSN 2007-8102

Se le realizó la simulación del proceso de manufactura “fresadora/perforadora”. Las restricciones que se le aplicaron fue cociente de profundad a diámetro de taladro, los taladros con diámetros inferiores a 3,0 mm o cocientes de profundidad a diámetro superiores a 2,75 mm son difíciles de mecanizar, por lo que no resultan recomendables para fabricación en serie. La eliminación de virutas también es más difícil en los taladros más profundos con altura especificada. Otra restricción que se le aplicó fue % mínimo de la zona del taladro dentro de la pieza, y se da cuando un taladro se entrecruza con una arista, al menos un 75% de la zona de taladro debe estar dentro del material, por lo tanto, se debe cuidar que el eje del taladro no se entrecruce con una arista de la pieza o el perforador oscilará. Además, se restringió el cociente de profundidad a diámetro de fresadora, esta restricción hace referencia a las operaciones de la fresadora como ranuras y cajeados, cuando dichas operaciones son profundas y estrechas son más difíciles de mecanizar. Un ejemplo son las ranuras profundas, las cuales requieren brocas/fresas largas y finas, por lo cual, las brocas/fresas tienden a vibrar, lo cual puede dificultar la obtención de tolerancias ajustadas. Esta opción, sería opcional, porque ya se tiene activada la opción cociente de profundad a diámetro de taladro, igualmente, se estableció una zona de tolerancia lineal mínima. Esta restricción hace referencia a tolerancias ajustadas, lo cual implicaría tomar consideraciones especiales en cuanto a los parámetros del proceso. Una consecuencia adicional de las tolerancias ajustadas es si la máquina puede alcanzar tal precisión indicada, además, la aplicación de la restricción referente a la zona de tolerancia angular mínima, es idéntica que la zona de tolerancia lineal mínima pero ahora mediante unidades angulares. Con respecto al tema de acabados, no se solicitará un acabado superficial mejor que el obtenido por la fresadora/perforador. Finalmente, se planea utilizar como materia prima aleación de aluminio 6061.

El cociente de profundad a diámetro de taladro se estableció en 2.75, el % mínimo de la zona del taladro dentro de la pieza se configuró en 75.00%, la zona de tolerancia mínima lineal y angular se establecieron en 0.05 mm y 1° respectivamente.

La Figura 5, muestra qué reglas se incumplieron: 2 restricciones (instancias), la primera alude a los redondeos en aristas externas y la segunda indica que no se indicaron tamaños de taladro estándar.

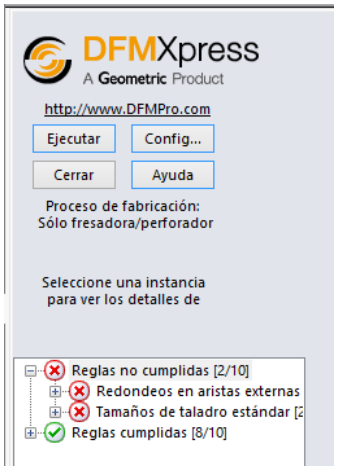


Figura 5. Análisis de restricciones.

Una vez que se identificaron las restricciones no cumplidas, se procede a ubicarlos dentro del modelado geométrico 3D. La Figura 6, muestra de manera gráfica cual redondeo está incumplimiento con la restricción, por lo tanto, se modificará el diseño con el fin de mejorar el modelado para la posterior fabricación.

 ISSN 2007-8102

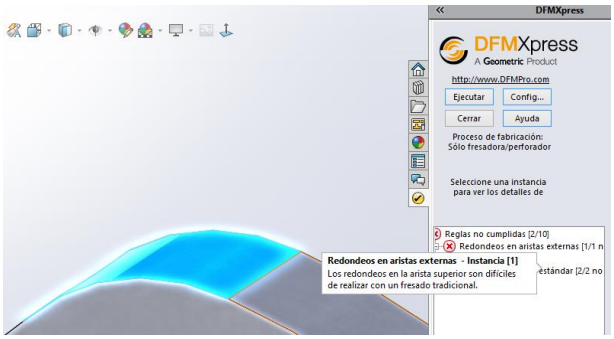


Figura 6. Análisis de restricciones.

La Figura 7 muestra que los diámetros de los taladros no pertenecen a un diámetro de taladro estándar, en consecuencia, se rediseñará la pieza buscando una medida estándar que se aproxime al valor planteado.

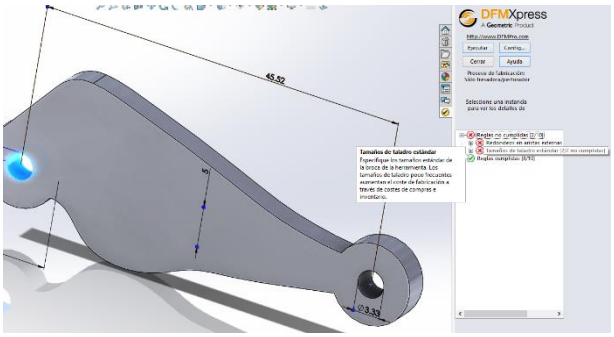


Figura 7. Análisis de restricciones de taladros.

Las modificaciones realizadas al modelado fue aumentar en 2 mm el radio del redondeo de la arista externa, por otro lado, se empleó un taladro de 4 mm. Con los datos anteriormente mencionados se realizó el análisis nuevamente. Los resultados se muestran en la Figura 8, en donde claramente se puede ver que ya no se incumple con ninguna restricción, por lo cual, ahora todas las restricciones se encuentran en color verde.

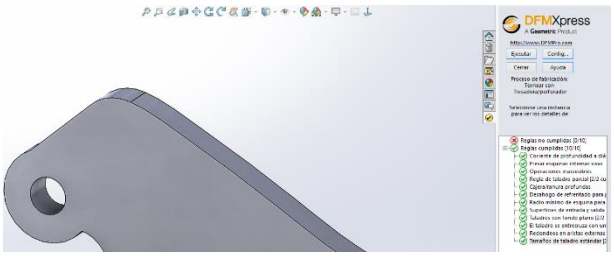


Figura 8. Análisis de restricciones después de las mejoras en el diseño.

Esté análisis se realizó para cada una de las piezas, sin embargo, es importante indicar, que ayuda significativamente que el diseñador tenga experiencia en procesos de manufactura, porque se realizan más rápido e intuitivamente las modificaciones, de lo contrario se puede emplear un tiempo considerable.

Con las mejoras en el diseño de las piezas estudiadas mediante las restricciones del DFM, se disminuye de manera significativa alguna posible falla durante la fabricación. Lo previamente señalado sólo aplica a temas de diseño, no contempla fallas en el equipo por calibración, desgaste, mantenimiento, etc.

Conclusiones

En la actualidad, donde los ciclos de desarrollo de los productos son cada vez más cortos, tecnologías como el diseño para la manufactura desempeñan un papel de importancia preponderante. Aplicando esta tecnología se logra la simplificación de los productos/piezas, porque ya se tiene la certeza que los procesos de manufactura seleccionados van a poder producirla, con lo cual, no se tiene que "probar", y ver si el proceso es idóneo para manufacturar la pieza, puesto que esa prueba ya se hizo en un ambiente virtual, por ende, los costos de "pruebas piloto" se reducen significativamente.

La calidad del producto mejora, al tomar en cuenta tanto las tolerancias como las operaciones que puede alcanzar/realizar el proceso de manufactura. Además, se obtiene una reducción de costos, porque siempre mantiene la restricción de elementos estándar, los cuales ya existen en el mercado. Por todo lo anteriormente indicado, se obtiene una reducción en el tiempo en que el producto llega al mercado.

Respecto al presente proyecto, una vez que se había terminado el modelado geométrico, revisado la cinemática de colisiones físicas, la detección de colisiones en el ensamble, etc. Se creía que las piezas ya estaban listas para pasarlas a producción, no obstante, por descuido, se llegó a preponderar la forma antes que la función. Con la aplicación del DFM, el diseño de la prótesis se validó en términos de manufactura, el cual tenía áreas de oportunidad, todas fueron atendidas, y así se obtuvieron las mejoras que permitieron conseguir un diseño robusto preparado para ser fabricado.

Referencias

[1] Organization World Health, "Standards For Prosthetics and Orthotics", 2017.
[2] M. Marino, S. Pattni, M. Greenberg, A. Miller, E. Hocker, S. Ritter & K. Mehta, "Access to prosthetic devices in developing countries : Pathways and challenges", *In IEEE 2015 Global Humanitarian Technology Conference,* 2015.
[3] S. Kalpakjian, & S. Schmid. "Manufacturing Engineering & Technology", Pearson Education, 2013.
[4] T. Kuo, S. Huang & H. Zhang, "Design for manufacture and design for "X": concepts, applications, and perspectives", 2001.
[5] H. G. Lemu & A. W. Gebisa, "Design for manufacturing to design for Additive Manufacturing: Analysis of implications for design optimality and product sustainability". *In Manufacturing Engineering Society International Conference* (pp. 724–731), 2017.
[6] M. P. Groover, "Fundamentos de manufactura moderna: materiales, procesos y sistemas", McGraw-Hill Interamericana de España S.L., 2007.

INGENIERÍA MECÁNICA Y MECATRÓNICA

IM01 **Diseño de un Compensador en Retardo-Adelanto para controlar la posición del motor de cd** **1143**
Orlando Serrano Verdugo, Mónica Rosario Lizárraga Ontiveros, José Gustavo Ortiz Ibarra, Oswaldo Espinoza Cortes, Missael Montes Reyes

IM02 **Configuración inicial y tamaños promedio de biomasa sólida enfocadas en aplicación de microgeneración** **1151**
Jorge Bedolla Hernández, Vicente Flores Lara, Luis Cortés Rodríguez, Marcos Bedolla Hernández, José Cruz García

IM03 **Control con caja de estados en robot de cinco grados de libertad para ingeniería inversa.** **1159**
Fabiola Flores Salazar, Jorge Carro Suárez, Irma Flores Nava, Ramón Hernández Hernández

IM04 **Unidad clúster multitarea para robot sanitizador** **1167**
Eduardo Berra Villaseñor, Mónica Perez Castañeda

IM05 **Diseño de control y sistema de medición de ambiente acuático para pez robótico** **1175**
Eduardo Berra Villaseñor, Mónica Perez Castañeda

IM06 **Reconocimiento de gestos de una mano para la interacción en tiempo real con un modelo tridimensional.** **1189**
Enrique Alejandro Cuellar Cortes, Alan Hernández Cruz

IM07 **Sistema de monitoreo remoto para vehículo eléctrico a través de una interfaz STM32 - Xbee** **1195**
Luis Alonso Perez Gracida, Jose Pastor Rodriguez Jarquín, Oscar Osvaldo Sandoval González, Albino Martínez Sibaja, Ignacio Herrera Aguilar

IM08 **Cálculo de potencia de corte teórica mediante la plataforma GUIDE de MATLAB** **1204**
Kevin García Ruiz, Juan Carlos Niños Torres, Ignacio Arrioja Cárdenas, Roberto Carlos García Gómez, Julio Cesar Llaven Gordillo

IM09 **Optimización de piezas mecánicas mediante el análisis de componentes por técnicas de Diseño Generativo** **1212**
Cristian Eliud Robles Gines, Prudencio Fidel Pacheco García, Samantha San Basilio Guillén

IM10 **Diseño e implementación de un robot recolector de residuos sólidos en playas** **1220**
Gerson Garcia Rodríguez, Bryan Aguilar Figueroa, Primavera Argüelles Lucho, Rosa Woo García, Francisco López Huerta

IM11 **Determinación de la hidrodinámica de un lodo porcícola en un reactor anaerobio mediante CFD** **1228**
Joaquín Estrada García, Juan Manuel Méndez Contreras, Alejandro Alvarado Lassman, Eduardo Hernández Aguilar

IM12 **Diseño y simulación de la estructura de una máquina tomboleadora de materiales pétreos naturales** **1236**
Adolfo Manuel Morales Tassinari, Lizet Adamari Villeraldo Fernández, Helmer Ximello Ramirez

IM13 **Sistema de navegación para mapeo de redes hidráulicas subterráneas** **1244**
Carlos Hernández Santos, Dónovan Sánchez Labastida, Ernesto Jesús Rincón Martínez

IM14 **Análisis y modelado de motores de combustión interna utilizando mezclas de combustibles fósiles con biocombustibles**
Jorge Armando Larrea Ordoñez, Juan Carlos Prince Avelino, Mario Díaz Gonzalez, Guillermo Efrén Ovando Chacón, Abelardo Rodriguez Leon

IM15 **Diseño y Análisis por MEF de herramental para engargolado por rodillo de láminas metálicas**
Pablo Alberto Limon Leyva, Rafael Alfonso Figueroa Diaz, Adolfo Soto Cota, Manuel Herrera Sarellano, Ismael Murillo Verduzco

IM16 **Diseño e implementación de un control adaptivo para pH y temperatura en la hidrólisis enzimática**
Jesús De la Cruz Alejo, Norma Itzel Hernández Rico, Agustín Mora Ortega, Ángel Eduardo Márquez Ortega, Maria Belem Arce Vazquez

IM17 **Análisis de Esfuerzos en dos Cuerpos de Volteo de 25 m3 usando Ansys**
Mario Emigdio Rodríguez, Luis Manuel Palacios, Cristian Rodríguez

IM18 **Geometric proposal of a solar dehydration chamber based on numerical analysis**
J. Michael Cruz García, Vicente Flores Lara, Jorge Bedolla Hernández, Marcos Bedolla Hernández, Anabel López Ortíz

IM19 **Dispositivo cartesiano para el forrado de bastidores en bordadoras de tipo industrial**
Luis Manuel García Martínez, Naty Rodríguez Ventura, Raúl Mora Reyes, Moisés Zacarías García

IM20 **Estudios básicos para desarrollar un sistema de producción en maricultura en el noroeste de México**
Edgar Edmundo Lanz Sánchez, Pedro Rosales Grano, Carlos Rodolfo Torres Navarrete, Claudia Alcira González García, Pedro García Hinostro

Diseño de un Compensador en Retardo-Adelanto para controlar la posición del motor de cd

O. Serrano Verdugo[1], M. R. Lizárraga Ontiveros[2], J. G. Ortiz Ibarra[1], O. Espinoza Cortes[1], M. Montes Reyes[1]*
[1]Departamento de Ingeniería Eléctrica y Electrónica, [2]Departamento de Ciencias Económico-Administrativas
Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico de Los Mochis
Blvd. Juan de Dios Bátiz y 20 de Noviembre, C.P. 81259, Los Mochis, Sinaloa.
**orlando.sv@mochis.tecnm.mx*

***Área de participación**: Ingeniería Mecánica y Mecatrónica*

Resumen

En este trabajo se diseñó un compensador en retardo-adelanto utilizando el criterio de estabilidad del lugar geométrico de las raíces, para controlar la posición angular del motor de cd, los resultados obtenidos se muestran a través de simulación y desarrollo matemático, para llevar los resultados a tiempo real se emplea un modulador por ancho de pulsos (PWM). Se utiliza la función de transferencia del motor, al integrarla, se obtiene como salida la posición angular de la flecha y como entrada el voltaje de alimentación de la máquina. Debido a que el compensador aporta dos polos y dos cero al sistema, se modifica la dinámica del mismo, obteniendo un rango mayor de ganancia para mejorar la respuesta de salida. Una vez determinados los valores de los parámetros del compensador, se puede manipular la ganancia del controlador para poder obtener la mejor respuesta de salida para el sistema.

***Palabras clave**: Motor de cd, Compensador Retardo-Adelanto, Lugar Geométrico de las Raíces, Ganancias.*

Abstract

This work a delay-advance compensator is designed using the stability criterion of the geometric place of the roots, in order to control the angular position of dc motor, the results obtained are shown through simulation and mathematical development, to bring the results in real time a pulse width modulator (PWM) is used. The transfer function of the motor is used, when integrating it, the angular position of the arrow is obtained as an output and the machine supply voltage as an input. Because the compensator brings two poles and two zero to the system, its dynamics are modified, obtaining a greater range of gain to improve the output response. Once the values of the compensator parameters are obtained, the gain of the controller can be manipulated in order to obtain the best output response for the system.

***Key words**: CD Motor, Delay-Advance Compensator, Root Geometric Place, Gains.*

Introducción

El motor de corriente directa (motor de cd) es un dispositivo eléctrico muy utilizado en sistemas de control como por ejemplo en robots, drones, herramientas para la construcción, herramientas mecánicas, electrodomésticos, entre otras aplicaciones. Este artículo muestra resultados a través de análisis matemáticos y simulación por medio de Matlab®, pero en la práctica es necesario utilizar un Modulador por Ancho de Pulsos (PWM) para ayudar a la ley de control a mantener la posición deseada de la flecha del motor de cd, esto se muestra al controlar las articulaciones de un robot [G. Lefranc, I. Torres, A.I. Mahla, 1996] y al controlar la posición de un motor de cd bajo la presencia de variaciones de carga no lineales [B. Saravia, N. Raúl, 2000]. En este trabajo se desarrolló un compensador en retardo-adelanto, por medio del criterio de estabilidad del lugar geométrico de las raíces, con el fin de controlar la posición del motor de cd. Para el logro de este propósito se utilizará el modelo matemático denominado función de transferencia, en donde la salida de la planta en lazo abierto es la posición angular de la flecha del motor de cd, y la entrada es el voltaje de alimentación. La función de transferencia del

motor de cd, al multiplicarse por un integrador para obtener como salida la posición, se convierte en un sistema de tercer orden el cual posee tres polos y no tiene ceros finitos.
En este trabajo se muestra la función de transferencia del compensador en retardo-adelanto, la parte en adelanto permite mayor velocidad en la respuesta e incrementa la estabilidad, la parte en retardo permite una mayor precisión [Ogata, 2010]. Se han desarrollado investigaciones en donde se han diseñado algoritmos de control para permitir la autosintonía de un compensador en retardo-adelanto [C.A. Monje Micharet, B.M. Vinagre Jara, 2014]. También se han construido redes de retardo-adelanto sintonizadas con un algoritmo genético con el fin de compensar las oscilaciones de un STATCOM y así mantener un voltaje constante en líneas eléctricas [R.A. Murillo Virgen, 2015].
Se han realizado investigaciones para controlar la posición del motor de cd Sintonizando las ganancias de un controlador PID [Thomas y Poongodi, 2009], por otro lado, cuando es difícil medir el par de la flecha, se han diseñado estimadores de par [Liem, Troung y Ahn, 2015] para la máquina, con la aplicación de un controlador PID difuso. Se ha desarrollado un controlador PID óptimo [Ibrahim, Hassan y Shomer, 2013] con la finalidad de determinar los parámetros óptimos para un motor de cd sin escobillas, donde se encontraron mejoras en el tiempo de respuesta del sistema, así como como en los sobrepicos de la respuesta transitoria.
Este artículo aborda el modelo matemático del motor de cd [Kuo, 1996], posteriormente se introducen los parámetros de la máquina [Messner, Tilbury, Hill, y Taylor, 2017]. Se analizó el comportamiento del motor en lazo cerrado y se determinó la ganancia crítica del sistema. Después se diseñó un compensador en retardo-adelanto por medio del criterio de estabilidad del lugar geométrico de las raíces [Ogata, 2010] y se realizó un análisis del comportamiento de la salida del sistema, con los parámetros sintonizados de dicho compensador. Para finalizar se hace un comparativo de la posición del motor de cd entre un controlador proporcional y el compensador, dando las conclusiones del mismo. El propósito de este artículo es presentar un método sencillo para sintonizar los parámetros de un compensador en retardo-adelanto para controlar la posición del motor de cd, en donde se pueda incrementar el rango de la ganancia del compensador, con el fin de mejorar la respuesta de la salida del sistema.

Metodología

Motor de CD

En este trabajo se obtuvo el modelo matemático de un motor de cd de imanes permanentes [Kuo, 1996]. Las ecuaciones que describen la dinámica del motor de cd son:

$$L_a \frac{di_a(t)}{dt} + R_a i_a(t) + e_b(t) = e_a(t)$$
$$J_m \frac{d\omega(t)}{dt} + B_m \omega(t) = T_m(t)$$
$$T_m(t) = K_i i_a(t)$$
$$e_b(t) = K_b \omega(t)$$

Donde $i_a(t)$ es la corriente de armadura, $e_a(t)$ es el voltaje aplicado al motor, $e_b(t)$ es la fuerza contraelectromotriz, $\omega(t)$ es la velocidad de la flecha del motor, $T_m(t)$ es el par de la máquina.
Transformando a Laplace y haciendo los despejes necesarios se obtiene la función de transferencia del motor de cd, que se presenta a continuación

$$\frac{\Omega(s)}{E_a(s)} = \frac{K_i}{L_a J_m S^2 + (R_a J_m + B_m L_a)s + (K_b K_i + R_a B_m)}$$

Donde $E_a(s)$ representa el voltaje de alimentación y $\Omega(s)$ es la velocidad de la flecha del motor de cd. Al integrar ambos lados de la ecuación anterior (multiplicando por $1/s$) se obtiene

$$\frac{\theta(s)}{E_a(s)} = \frac{K_i}{L_a J_m S^3 + (R_a J_m + B_m L_a)S^2 + (K_b K_i + R_a B_m)s} \quad (1)$$

Donde $\theta(s)$ representa la posición angular de la flecha del motor de cd. La función de transferencia representada por la ecuación (1), será con la que se diseñará el compensador en adelanto-retardo.

Los parámetros del motor de cd [Messner, Tilbury, Hill, y Taylor, 2017] tienen los siguientes valores:

$K_b = K_i = 0.01\,Nm/A$	Constantes de proporcionalidad de la máquina.
$J_m = 0.01\,kg - m^2$	Momento de inercia del motor.
$B_m = 0.1\,Nms$	Fricción del sistema mecánico.
$R_a = 1\,\Omega$	Resistencia de armadura.
$L_a = 0.5\,H$	Inductancia de armadura.

Sustituyendo los valores en la ecuación (1) se obtiene

$$\frac{\theta(s)}{E_a(s)} = \frac{2}{S^3 + 12S^2 + 20.02s} \tag{2}$$

Factorizando la ecuación (2) se obtiene

$$\frac{\theta(s)}{E_a(s)} = \frac{2}{S(S + 2.0025)(S + 9.9975)} \tag{3}$$

Donde la ecuación (3) representa la función de transferencia de un motor de cd con excitación separada. Como se puede observar el modelo matemático posee tres polos, los polos se localizan en $S_1 = 0$, $S_2 = -2.0025$ y $S_3 = -9.9975$.

Motor de cd

Se realiza un análisis del motor de cd donde se puede observar que el valor de los polos dominantes o significativos del sistema se presentan en

$$(S + 0.1066)(S + 1.87096) = S^2 + 1.97756S + 0.199444$$

Se deduce que la frecuencia natural ω_n y el coeficiente de amortiguamiento ζ del sistema son

$$\omega_n = 0.446591 \text{ y } \zeta = 2.21406$$

La figura 1 muestra el motor de cd en lazo cerrado, en donde $R(S)$ representa la entrada de referencia, $E_a(s)$ es el voltaje de alimentación del motor de cd (también representa la variable manipulada o error) y $C(S) = \theta(S)$ que es la salida del sistema retroalimentado.

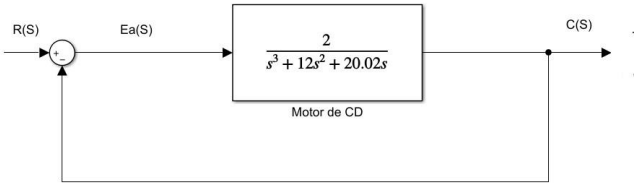


Figura 1. Motor de cd con lazo retroalimentado.

Por medio del MATLAB®, se grafica la respuesta de salida, esto es, el comportamiento de la posición angular de la flecha del motor de cd, a una entrada escalón unitario. La figura 2 muestra el comportamiento de la salida del motor en lazo cerrado.
La figura 3 muestra un acercamiento de la respuesta de salida del motor, en donde se puede apreciar que el 98% de la respuesta se alcanza cerca de los 40 segundos.
Como se muestra en la figura 2, la respuesta de la máquina es sobreamortiguada y tarda alrededor de 40 segundos en alcanzar el 98% de la respuesta en estado estacionario, por lo que teniendo un 2% de error se puede considerar que el sistema ha alcanzado a la referencia [Ogata, 2010].
Bajo las condiciones anteriores, se encuentra el sistema tiene una constante de error estática de velocidad K_v

 ISSN 2007-8102

$$K_v = \lim_{s\to 0} SG(S) = \lim_{s\to 0} s\left[\frac{2}{S^3 + 12S^2 + 20.02s}\right] = 0.0999\ seg^{-1} \quad (4)$$

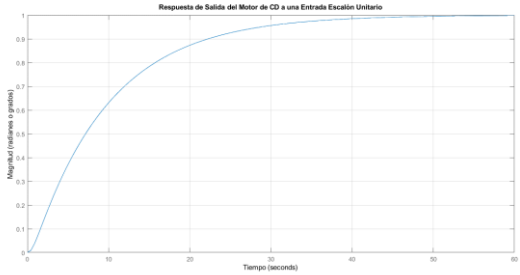


Figura 2. Respuesta del motor de cd en lazo cerrado.

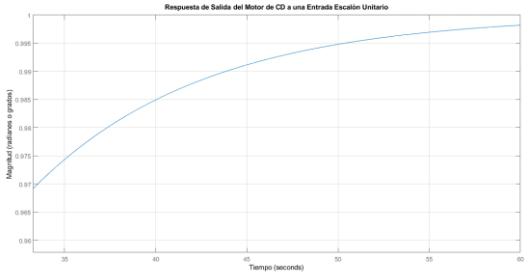


Figura 3. Acercamiento de la respuesta en donde se alcanza el 98% del valor de la respuesta

Entonces, para este sistema, el error en estado estacionario a una entrada rampa unitaria está dado por

$$e_{ss} = \frac{1}{K_v} = \frac{1}{0.0999} = 10.01 \quad (5)$$

Compensador Retardo-Adelanto

El compensador en retardo-adelanto en una combinación de un compensador en adelanto, el cual "acelera la respuesta e incrementa la estabilidad del sistema" [Ogata, 2010] y un compensador en retardo, el cual "mejora la precisión en estado estacionario del sistema, pero reduce la velocidad de la respuesta" [Ogata, 2010].
Sea el compensador retardo-adelanto de la forma

$$G_c(S) = K_c\left(\frac{S + \frac{1}{T_1}}{S + \frac{\gamma}{T_1}}\right)\left(\frac{S + \frac{1}{T_2}}{S + \frac{1}{\beta T_2}}\right) \quad (6)$$

Donde $\gamma > 1$, $\beta > 1$ y K_c es la ganancia del compensador.
Para minimizar el error en estado estacionario del sistema a una entrada rampa unitaria, se selecciona una $K_v = 4\ seg^{-1}$. Después de varios intentos de mejorar el compensador, se desea que los polos significativos del sistema tangan una frecuencia natural $\omega_n = 5$ y un coeficiente de amortiguamiento de $\zeta = 0.7$, por lo que se pretende que los polos significativos del sistema estén en

$$S_{1,2} = -3.5 \pm j3.5707 \quad (7)$$

Para que la ecuación (7) sea parte del Lugar de las Raíces, se evalúa el ángulo resultante del sistema, representado por la ecuación (3) como sigue

$$\angle\left[\frac{2}{S(S + 2.0025)(S + 9.9975)}\right]_{S=-3.5+j3.5707} = -275.9704°^{1}$$

Para que los polos de la ecuación (7) sean parte del lugar de las raíces del sistema, se selecciona un ángulo de deficiencia de

$$\phi = 95.9704° \quad (8)$$

[1] En el plano "S" los polos complejos arriba del eje real (eje imaginario positivo) serán un espejo de los polos complejos por debajo del eje real (eje imaginario negativo), por lo que se puede elegir el polo complejo con parte real positivo o negativa para evaluar.

Para el diseño de la parte en adelanto del compensador, se selecciona el valor de $T_1 = 2$, con el fin de tener el cero muy cerca del origen del plano "S". Para encontrar γ se evalúa la parte en adelanto del compensador con el valor de (7) y se iguala al ángulo (8)

$$\angle K_c \frac{S+0.5}{S+0.5\gamma}\Big|_{S=-3.5+j3.5707} = 95.9704°$$

Se determina que

$$\gamma = 17.561457 \tag{9}$$

Sustituyendo la ecuación (9), la parte de adelanto del compensador queda de la forma

$$G_{cad} = K_c \frac{S+0.5}{S+\frac{17.561457}{2}} = K_c \frac{S+0.5}{S+8.780728} \tag{10}$$

El valor de la ganancia K_c se determina a partir de la condición de magnitud

$$\left| K_c \left(\frac{S+0.5}{S+8.780728}\right)\left(\frac{2}{S(S+2.0025)(S+9.9975)}\right)\right|_{S=-3.5+j3.5707} = 1$$

Evaluando la ecuación anterior

$$K_c = 98.12067 \tag{11}$$

El valor de la ganancia obtenido en (11) representa una primera aproximación para obtener la respuesta del sistema, sin embargo, este valor puede ser modificado hasta obtener la mejor respuesta.
Por lo tanto, la parte de adelanto del compensador retardo-adelanto queda de la forma

$$G_{cad} = 98.12067 \frac{S+0.5}{S+8.780728} \tag{12}$$

Para diseñar la parte de retardo del compensador, se seleccionado $K_v = 4\ seg^{-1}$ como se mencionó anteriormente, por lo tanto

$$K_v = \lim_{s\to 0} SG(S) = \lim_{s\to 0} S\left[K_c\left(\frac{S+\frac{1}{T_1}}{S+\frac{\gamma}{T_1}}\right)\left(\frac{S+\frac{1}{T_2}}{S+\frac{1}{\beta T_2}}\right)\left(\frac{2}{S(S+2.0025)(S+9.9975)}\right)\right] = 4$$

Resolviendo el límite

$$\frac{2K_c\beta}{20.02\gamma} = 4$$

Despejando y sustituyendo los valores de (9) y (11)

$$\beta = \frac{4(20.02)(17.561457)}{2(98.12067)}$$

$$\beta = 7.16628 \tag{13}$$

Se selecciona el valor de $T_2 = 10$, tal que cumpla con las siguientes condiciones

$$\left|\frac{S+\frac{1}{T_2}}{S+\frac{1}{\beta T_2}}\right|_{S=-3.5+j3.5707} \approx 1 \ \text{ y } \ -5° < \angle \frac{S+\frac{1}{T_2}}{S+\frac{1}{\beta T_2}}\Big|_{S=-3.5+j3.5707} < 0°$$

Por lo tanto, la parte de retardo del compensador queda de la forma

 ISSN 2007-8102

$$G_{cr}(S) = \frac{S + 0.1}{S + 0.013954} \tag{14}$$

Entonces, el compensador en retardo-adelanto se obtiene al multiplicar la ecuación (12) y (14)

$$G_{c_{r-a}}(S) = 98.12067\left(\frac{S + 0.5}{S + 8.780728}\right)\left(\frac{S + 0.1}{S + 0.013954}\right) \tag{15}$$

La ecuación (15) representa el compensador en retardo-adelanto para el motor de cd.
La figura 4 representa el sistema del motor de cd en lazo cerrado con un compensador en retardo-adelanto, diseñado para controlar la respuesta de la posición de la flecha de la máquina.

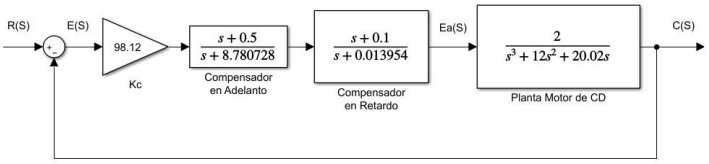


Figura 4. Sistema en lazo cerrado con Compensador en Retardo-Adelanto.

Graficando por medio de MATLAB® el sistema compensado, representado en la figura 4, considerando una entrada escalón unitario.
La figura 5 muestra la respuesta del sistema, en donde se muestra que en 7 segundos el sistema alcanza la respuesta deseada. En la figura 6 se muestra un acercamiento de la respuesta del sistema, en donde se aprecia que a pesar que tiene un 6% de sobrepico, a los 25 segundos, aproximadamente, alcanza un error del 2% por lo que se puede considerar que ha alcanzado el error en estado estacionario.

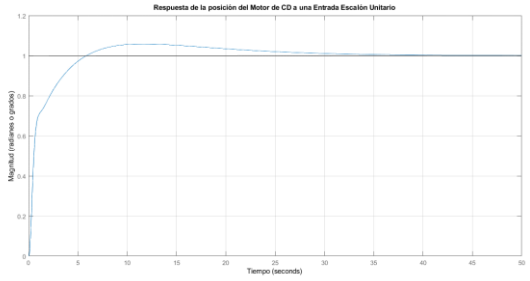


Figura 5. Respuesta del sistema en lazo cerrado con Compensador en Retardo-Adelanto.

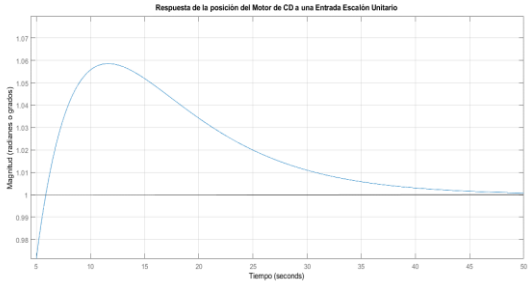


Figura 6. Acercamiento de la respuesta en donde se observa un 2% de error.

Resultados y discusión

Análisis de estabilidad del sistema compensado y sin compensar

Si se le agrega un controlador proporcional al motor de cd, al momento de estudiar la estabilidad en lazo cerrado y aplicar el criterio de estabilidad de Routh-Hurwitz, se puede observar que la ganancia crítica para dicho sistema es $K_{cr} = 120.12$, por lo que agregar una ganancia mayor el sistema se convertiría en inestable.
Agregando el compensador en Retardo-Adelanto al motor de cd y aplicando el criterio de estabilidad de Routh-Hurwitz se puede observar que la ganancia crítica del sistema es $K_{cr} = 1098$, por lo que se tiene un rango más amplio para encontrar la mejor respuesta del sistema.
La figura 7 representa el lugar geométrico de las raíces del motor de cd sin compensar, en ella se puede observar que con una ganancia $K = 109$ los polos se encuentran cerca del eje imaginario.
La figura 8 muestra el lugar geométrico de las raíces del motor de cd con compensador en retardo-adelanto, de igual manera se observa que el polo se acerca al eje imaginario con una ganancia $K = 982$.

 ISSN 2007-8102

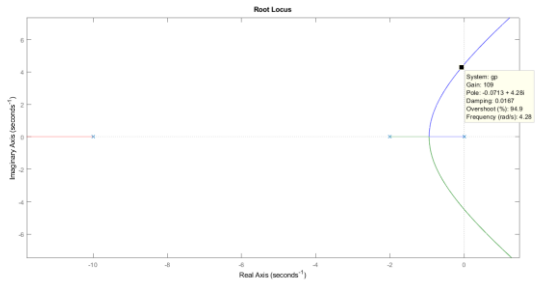


Figura 7. Lugar geométrico de las raíces del motor de cd con control proporcional.

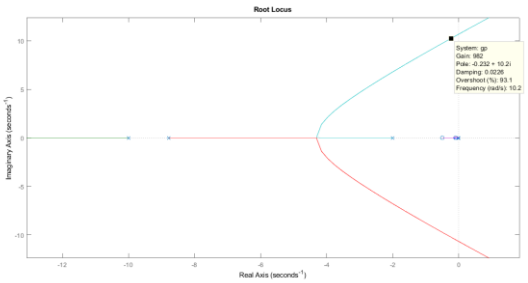


Figura 8. Lugar geométrico de las raíces del motor de cd con compensador de retardo-adelanto.

Respuesta de la salida del motor de cd a una entrada escalón unitario

En control, generalmente, se presentan referencias constantes para probar o ejecutar diferentes sistemas en tiempo real. Debido a que se pretende controlar la posición angular de la flecha del motor de cd, se aplicará entrada escalón unitario con el fin de hacer un comparativo entre el sistema compensado y el sistema no compensado.

- *Sistema con compensador en Retardo-Adelanto*

La figura 9 muestra la respuesta del motor de cd con compensador retardo-adelanto y una ganancia $K = 250$, se observa que el sistema es poco oscilante en su respuesta transitoria alcanzando un sobrepico del 4% y se considera que ha alcanzado la respuesta en estado estacionario en menos de 4 segundos, ya que al sobrepasar la referencia unitaria el error es del 2%. La figura 10 muestra la respuesta de la máquina con una ganancia $K = 300$, se observa un sobrepico del 12% y se considera que alcanza el estado estacionario en 3.5 segundos debido al error del 2%.

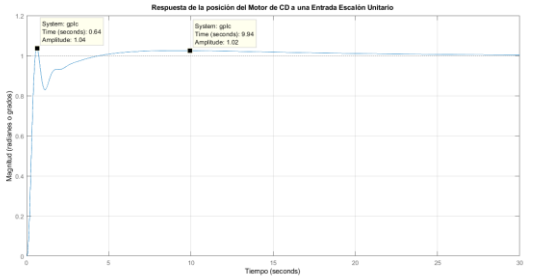


Figura 9. Respuesta del motor de cd con compensador retardo-adelanto y K = 250.

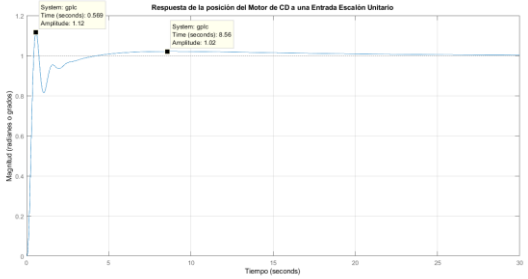


Figura 10. Respuesta del motor de cd con compensador retardo-adelanto y K = 300.

Conclusiones

El diseñó de un compensador en retardo-adelanto para controlar la posición angular del motor de cd, mostró que amplía la región de estabilidad del sistema, logrando una ganancia crítica de 1098, a diferencia de emplear una ganancia proporcional en donde el valor de la ganancia crítica es de 120.12.

Como se puede observar en los resultados, el efecto que produce el compensador en retardo-adelanto hace que la respuesta del sistema sea muy rápida y alcance su valor en estado estacionario sin originar sobrepicos, haciendo que la acción de adelanto logre rapidez en la respuesta y la acción de retardo llegue al resultado suavemente, por lo que no se producen oscilaciones fuertes en el transitorio.

La función de transferencia del motor de cd [B.C. Kuo, 1996], en donde la salida es la velocidad del motor, representa un sistema tipo cero [Ogata, 2010], este tipo de sistemas presentan un error en estado estable a una entrada de referencia constante, por ejemplo escalón unitario, lo que hace necesario diseñar una acción de control integral que logre eliminar dicho error, por lo anterior se han diseñado controladores PI [J. Zuluaga-Gomez, 2019] para mejorar la respuesta de la velocidad de la máquina. En este artículo, como modelo matemático, se utilizó la función de transferencia del motor de cd [B.C. Kuo, 1996], en donde la salida esta representada por la posición angular de la flecha del motor. Este modelo es de tipo 1 [Ogata, 2010], esto significa que posee un polo en cero,

lo cual representa un integrador natural del sistema. Por lo anterior, fue de interés académico con miras a llevarlo a tiempo real en un futuro, el diseñar una ley de control que ampliara la zona de estabilidad, como lo hace el compensador en retardo-adelanto, que agrega dos polos y dos ceros al sistema.

Referencias

[1] B. Messner, D. Tilbury, R. Hill, J.D. Taylor. Control tutorials for MATLAB® & SIMULINK®, 2017, [En línea]. Disponible en: http://ctms.engin.umich.edu/CTMS/index.php?example=MotorSpeed&section=SystemModeling
[2] N. Thomas, P. Poongodi. (2009, Julio 1-3). "Position Control of DC Motor Using Genetic Algorithm Based PID Controller". [En línea]. Disponible en: http://iaeng.org/publication/WCE2009/WCE2009_pp1618-1622.pdf.
[3] K. Ogata. "Ingeniería de control moderna". Madrid, Pearson, 2010, pp. 568-577.
[4] D.T. Liem, D.Q. Troung, K.K. Ahn. (2015, Enero 4). "A torque estimator using online tuning grey fuzzy PID for applications to torque-sensorless control of DC motors". [En línea]. Disponible en: https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0957415815000136
[5] H.E.A. Ibrahim, F.N. Hassan, A.O. Shomer. (2013, Septiembre 13). "Optimal PID control of a brushless DC motor using PSO and BF techniques". [En línea]. Disponible en: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2090447913000993.
[6] S. Neira. Cálculo de características de motores de CD mediante instrumentación virtual, Ingenierías, 2007, Vol. X, No. 35, pp. 20-25.
[7] B.C. Kuo. Sistemas de control automático, México, Prentice Hall Hispanoamericana, S.A., 1996, pp. 171-180.
[8] J. Dorsey. Sistemas de control continuos y discretos: modelado, identificación, diseño, implementación, México, McGraw Hill/Interamericana Editores, S.A. de C.V., 2005, pp. 292-296.
[9] C.A. Monje Micharet, B.M. Vinagre Jara. (2014, Julio 17). "Autosintonía de compensadores en atraso-adelanto de orden no entero". [En línea]. Disponible en: https://www.researchgate.net/profile/Concepcion_Monje/publication/255639085_AUTOSINTONIA_DE_COMPENSADORES_EN_ATRASO-ADELANTO_DE_ORDEN_NO_ENTERO/links/0a85e53c7b7ebe97b6000000/AUTOSINTONIA-DE-COMPENSADORES-EN-ATRASO-ADELANTO-DE-ORDEN-NO-ENTERO.pdf
[10] R.A. Murillo Virgen. (2015, Octubre 5). "Compensador de oscilaciones de un STATCOM basado en una red de adelanto-atraso sintonizado con algoritmo genético". [En líneal]. Disponible en: https://core.ac.uk/download/pdf/71398813.pdf.
[11] B. Saravia, N. Raúl. (2000). "Diseño e implementación de un sistema de control de posición digital predictivo para un motor DC sujeto a cargas no lineales". [En línea]. Disponible en: http://cybertesis.uni.edu.pe/handle/uni/137.
[12] G. Lefranc, I. Torres, A.I. Mahla. (1996, Septiembre 9). "Estabilidad local para un control PWM de un motor para articulaciones robóticas". [En línea]. Disponible en: https://www.researchgate.net/profile/Adelheid_Mahla/publication/269986627_Estabilidad_Local_para_un_Control_PWM_de_un_Motor_para_Articulaciones_Roboticas/links/549b08e30cf2b80371371870.pdf
[13] J. Zuluaga-Gomez. (2019, Enero). "Desarrollo de reguladores PI y P para el control de velocidad y posición de un motor CC e implementación en un PIC 16F1939". [En línea]. Disponible en: https://www.researchgate.net/profile/Juan_Pablo_Zuluaga/publication/322869742_Development_of_PI_and_P_Controllers_for_Speed_and_Position_of_a_DC_Motor_-_Implementation_in_a_PIC_16F1939/links/5a7369b40f7e9b20d48fe5bc/Development-of-PI-and-P-Controllers-for-Speed-and-Position-of-a-DC-Motor-Implementation-in-a-PIC-16F1939.pdf

Configuración inicial y tamaños promedio de biomasa sólida enfocadas en aplicación de microgeneración

J. Bedolla Hernández[1], V. Flores Lara[1], L. G. Cortés Rodríguez[1], M. Bedolla Hernández [1], J. M. Cruz García[1],*
[1]Departamento de Metal-Mecánica, Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico de Apizaco, Carretera Apizaco Tzompantepec, esquina con Av. Instituto Tecnológico S/N, Conurbado Apizaco - Tzompantepec, Tlaxcala, Mex. C.P. 90300.
**jorge.bh@apizaco.tecnm.mx*

***Área de participación**: Ingeniería Mecánica y Mecatrónica*

Resumen

Se realiza un estudio enfocado a la aplicación de biomasa sólida de desecho forestal en la generación de vapor a pequeña escala. Se presenta el sistema de generación de vapor que usa biomasa sólida, como alternativa de combustible, y que es parte del sistema de microgeneración. La definición de la configuración inicial de la biomasa se basa en sus dimensiones promedio y su distribución dentro del espacio del hogar de combustión. Se analizan diversas configuraciones de la biomasa a fin obtener condiciones favorables de ignición, tiempo de flama y reducción de inquemados del combustible. También, se analiza la distancia de flama adecuada entre el contenedor de agua y la parrilla del hogar, considerando la cantidad de combustible. A su vez, esos parámetros se relacionan con las condiciones de operación de la turbina del sistema de microgeneración. Finalmente se indica la configuración que mejora las condiciones de combustión para el sistema.

***Palabras clave**: biomasa sólida, combustión, generación de vapor, microgeneración*

Abstract

A study of the initial configuration of solid biomass focused on steam generation at small-scale is presented. Due to, solid biomass is considered as an alternative combustible friendly with the environment and can be obtained from forest residues. The produced steam is intended to apply in a microgeneration system. For defining the initial configuration of solid biomass were taken to account its average dimensions and its distribution in the furnace. Several configurations were tested to find combustion conditions accurate for ignition, time of combustion, and reduction of unburned pieces of biomass. As well as, the separation between the container of water and the grate of the furnace was analyzed; it was related with quantity of combustible in the process. Further, these parameters were related to the behavior conditions of the microturbine in the microgeneration system. Finally, the initial configuration accurate for the solid biomass combustion was obtained for the system.

***Key words**: solid biomass, combustion, steam generation, microgeneration.*

Introducción

Un aspecto característico de la generación de energía eléctrica es la transformación de otras formas de energía. Una aplicación típica es el aprovechamiento de la energía térmica almacenada en los combustibles, para transformarla en otro tipo de energía que permita obtener energía eléctrica a diferentes escalas. De forma tradicional los sistemas de generación eléctrica queman combustibles fósiles para su operación, con las correspondientes implicaciones ambientales. Por lo

cual, una de las tendencias actuales a considerar en la propuesta y diseño de sistemas de generación se enfoca en el uso de energía renovable, lo cual presentan ventajas como la reducción de contaminación, puede aplicarse en plantas descentralizadas, producir la energía en puntos cercanos a los consumidores, y un aspecto principal a resaltar es que están disponibles en prácticamente cualquier parte [1]. Una de las alternativas para la conversión a energía eléctrica es el uso de biomasa sólida, la cual es una fuente de energía renovable y que contribuye a la reducción de emisiones de carbono [2]. Adicionalmente, se considera que la biomasa es la mayor fuente potencial de energía renovable en el mundo [3]. Ya que el término biomasa incluye a toda la materia orgánica que puede ser usada para producir energía y aplicarse en plantas de combustión de practicante cualquier tamaño [4]. En la parte económica se conoce que, aunque se cuenta con diferentes alternativas para la producción de combustible a partir de la biomasa sólida, como por ejemplo el caso de pellets o briquetas, es evidente que los residuos forestales, tal como leña y astillas, requieren de la menor cantidad de energía y tiempo para su preparación y aplicación como combustible [5].

Por otro lado, uno de los aspectos de generación eléctrica que también está recibiendo atención es el concepto de energía distribuida, por las considerables ventajas que presenta. Cuyo concepto se diferencia principalmente de la generación convencional en que la cantidad de producción es menor, pero a cambio de eso la distancia de trasmisión se reduce o elimina, y la infraestructura y mantenimiento requeridos son considerablemente menores a un sistema convencional. Pero en forma adicional, comercialmente la mayoría de diseños para generación distribuida se enfocan en equipos eléctricos de media y alta capacidad, por lo cual practicablemente no existen soluciones en el mercado para sistemas por debajo de los 10 kW [6]. Al respecto, muchos investigadores están trabajando en la adaptación o diseño de sistemas que permita la microgeneración eléctrica con el uso de biomasa sólida como combustible [7] y para escala reducida del consumo del citado combustible.

En función de lo anterior, el presente estudio se enfoca en el estudio del uso de biomasa sólida, particularmente derivada de residuos forestales, para la obtención de la energía a través de su combustión. En el estudio se considera que la flama que se obtiene de la quema de leña es de características turbulentas, y cuya intensidad se modifica en función del tiempo de combustión. Por lo que los problemas que se analizan incluyen el aprovechar eficientemente la combustión de biomasa sólida. La cual se realiza para un equipo de dimensiones reducidas, lo que en consecuencia predetermina el espacio para alojar el combustible, que corresponde al hogar de combustión de un sistema de generación de vapor (GV). Las dimensiones del GV son simulares a las de un calentador doméstico, y se considera pasivo en cuanto a la alimentación del combustible; es decir, al tratarse de un combustible solido la alimentación es discontinua. Pero con la ventaja que ese tipo de combustible no requiere de instalaciones especiales para su manejo ni almacenamiento. Por lo que definir en forma adecuada la configuración inicial que tendrá le combustible en el espacio asignado para la propia combustión en el sistema en estudio es el punto central del estudio. En este sentido, es necesario considerar el espacio disponible para alojar el combustible sólido, el tamaño que tienen las porciones sólidas del combustible y la distribución relativa entre estos, de forma tal que para la misma cantidad de biomasa se prolongue el tiempo de combustión y se reduzcan los inquemados al interior del hogar. El planteamiento de este sistema se considera técnicamente viable, ya que México cuenta con una gran disponibilidad de recursos forestales, los cuales generan una importante cantidad de biomasa forestal residual por periodos. Al respecto, estudios han mostrado que en México se generan alrededor de 700 000 toneladas de residuos forestales, las cuales representan un potencial energético de 12 600 TJ; es decir, 3 500 GWh al año [8].

Sistema de generación de vapor

El sistema de generación de vapor (GV) consiste en un recipiente metálico, cerrado, que mediante la aplicación de calor a una temperatura superior a la ambiente se traduce en presión mayor que la atmosférica a causa de la generación del vapor. La transferencia de calor se produce por la quema

 ISSN 2007-8102

de la biomasa sólida y se transfiere al agua contenida en el recipiente cilíndrico. Como en todo generador de vapor se distinguen una zona importante, que correspondiente a la ubicación de liberación de calor, hogar o cámara de combustión. Ese espacio es uno de los principales puntos de interés del estudio de aplicación de la biomasa. El sistema de generación de vapor que se analiza se presenta en la Figura 1, el cual que forma parte del sistema de microgeneración eléctrica que además incluye la turbina y el generador eléctrico. El GV recibe agua y biomasa sólida como combustible, que está relacionado con requerimientos de eco-diseño para bolier con combustible sólido [9]. A su vez el GV entrega vapor (de diversas calidades dependiendo de la presión y temperatura) que alimenta a una turbina de adhesión no convencional, la cual transfiere la potencia mecánica obtenida del fluido de trabajo a un generador eléctrico [10].

Las características principales del sistema de generación de vapor que se muestra en la Figura 1, son: tanque de agua con capacidad de 20 L, presión recomendada de trabajo 100 psi, apertura de la válvula de seguridad a los 110 psi. El diseño del sistema permite usar un quemador de Gas Lp o trabajar con combustible sólido. Para lo cual en la región del hogar pude adaptarse de forma sencilla un quemador de gas LP de alta eficiencia o retirarse éste para permitir que se use biomasa sólida sobre una parrilla como combustible principal. Con cualquiera de los dos combustibles el recipiente que contiene el agua está expuesto directamente a la flama y gases producto de la combustión. La instrumentación con la que cuenta el generador de vapor es el termómetro, manómetro y un flujómetro a la salida del vapor, lo que permite monitorear las respectivas variables durante la operación. Por las características de diseño, el vapor y agua comparten el mismo espacio.

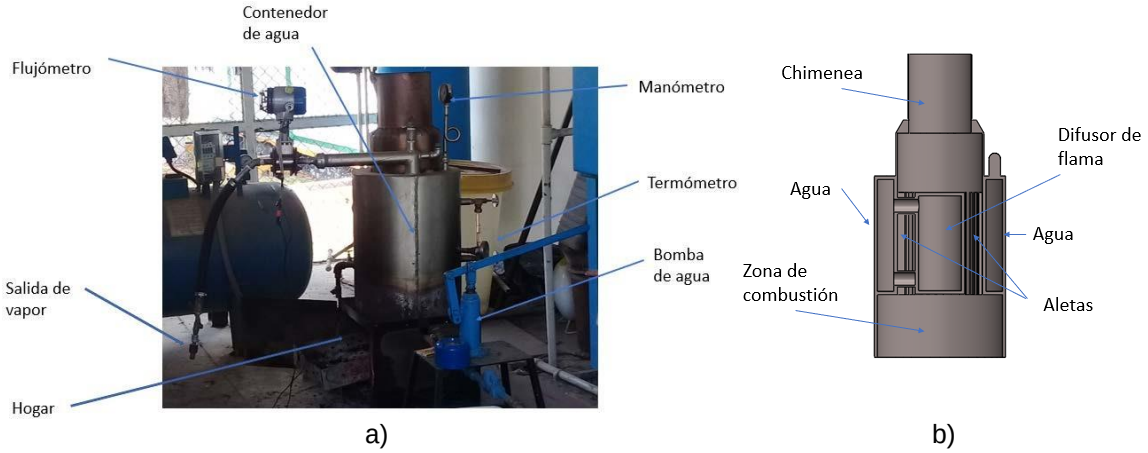


Figura 1. Sistema de generación de vapor, donde: a) sistema físico y b) corte esquemático transversal.

Desarrollo de pruebas

Se desarrolló un conjunto de pruebas enfocadas en el proceso de combustión con biomasa sólida, para intentar establecer las dimensiones adecuadas de los trozos de leña que faciliten la combustión, tanto en su inicio como en duración; así como también, establecer la distancia entre el contenedor de agua y la parrilla que soporta el combustible sólido. En ese sentido, se estableció la cantidad de combustible necesaria para la operación del sistema y el adecuado aprovechamiento del mismo. Esto último se verificó con pruebas del tiempo de funcionamiento de la turbina no convencional del sistema de microgeneración en estudio.

Pruebas para facilitar la ignición y duración de la combustión

El objetivo de estas pruebas fue establecer la relación entre las configuraciones iniciales de la biomasa, de forma tal que se facilite el inicio de la combustión, se mantenga la uniformidad de la

flama y se reduzcan los inquemados resultantes del proceso. Esto considerando que la forma y la ubicación relativa (arreglo o configuración inicial) de los trozos de biomasa sólida afectan la eficiencia de la combustión [11]. Para estas pruebas se considera como limitante superior el espacio disponible del hogar de combustión, el cual es de 400 mm x 400 mm en la base y con una altura de 290 mm. Para todas estas pruebas se usaron 2 kg de biomasa sólida (en diferentes arreglos respectivamente), y para el recipiente cilíndrico solo se usaron 2 L de agua en el GV. Las variables monitoreadas fueron el tiempo de combustión, y la temperatura y presión máximas alcanzadas en el interior del GV.

Pruebas para la distancia entre la parrilla del combustible y el contenedor de agua

El objetivo de estas pruebas fue determinar la mejor altura de flama que se obtiene de las configuraciones iniciales consideradas de biomasa sólida, para que se logre la interacción de ésta con el recipiente cilíndrico en la región de la flama donde se presenta la mayor temperatura. A partir de lo cual se logra una mejor distribución del calor hacia las paredes del contenedor y la redirección del difusor de flama. De acuerdo a las características turbulentas de la flama, las alturas obtenidas en las pruebas son aproximadas, las cuales se definieron de acuerdo a la intensidad máxima de flama y el tiempo en que se mantuvo esa condición. La literatura presenta que la mayor temperatura de la flama se ubica aproximadamente a 66 % de su altura total [12][13][14][15]. Por lo que se busaca a partir de estas pruebas, que la parrilla que soporta el combustible se ubique a la distancia que permita transferir la mayor cantidad de energía al agua. De forma análoga a las pruebas anteriores, para este caso se usaron 2 kg de leña y las pruebas se realizan sin el recipiente cilíndrico que contiene el agua.

Pruebas para el volumen inicial de agua y tiempo de operación de la turbina

Estas pruebas se realizaron para establecer el volumen inicial de agua en el GV. Para realizar las pruebas se coloca el combustible en la parrilla del hogar, se introduce el agua en el recipiente cilíndrico, se realiza la combustión hasta que se alcance la presión de 80 psi. Posteriormente se libera el vapor hacia la turbina. Para estas pruebas se conectó la turbina al sistema de generación de vapor para medir el tiempo en que tarda girando para relacionarlo con el volumen de agua introducido y del flujo másico de vapor.

Resultados y discusión

Efecto de la configuración inicial en la ignición y permanencia de la flama

La Tabla 1 presenta los resultados para la configuración inicial de la biomasa sólida en cuanto a los tamaños y arreglos de los trozos de residuo forestal, donde las pruebas 1 a 3 se realizaron con una configuración aleatoria de los trozos de biomasa. Obteniendo de éstas el menor tiempo de combustión y la mayor cantidad de inquemados de las pruebas. Para las pruebas 4 a 17 se usó un arreglo tipo rejilla alternada, análogo al mostrado en la Figura 2a), en el cual se modificaron en cada caso los tamaños de la biomasa de acuerdo a como se indica en Tabla 1. Las pruebas 4 a 6 mostraron mejora en el tiempo de combustión pero poca disminución en la cantidad de inquemados. Para mejorar esos aspectos, en las pruebas de 7-17 se unió la configuración inicial con un alambre, para evitar que se dispersara la biomasa durante la combustión. Esa modificación mejoró considerablemente la condición de inquemados y se mantuvo en el resto de las pruebas. Los resultados de la Tabla 1 muestran que las dimensiones aproximadas que mejoran las condiciones de combustión corresponden a las pruebas 11 y 12. Aunque adicionalmente se observó que la inserción de astilla en la rejilla contribuye a la ignición, y posterior a eso los trozos con las dimensiones indicadas en las pruebas 11 y 12 presentan la mejor condición. También se encontró que mantener unida la biomasa con alambre prácticamente elimina los inquemados, y a la vez se mantiene concentrada la flama.

 ISSN 2007-8102

Tabla 1. Resultados de pruebas para diferentes tamaños y arreglos iniciales de biomasa en el hogar de combustión del GV.

No. prueba	Tipo de arreglo inicial	Espesor / longitud de biomasa [cm]	Tiempo combustión [min]	Presión máxima [psi]	Temperatura máxima [°C]
1.	Aleatorio	10/25	30	5	62
2.	Aleatorio	10/25	28	7	65
3.	Aleatorio	10/25	32	8	63
4.	Rejilla	10/25	38	10	65
5.	Rejilla	10/25	40	12	65
6.	Rejilla	10/25	37	10	66
7.	Rejilla	7/30	42	10	63
8.	Rejilla	7/30	47	9	62
9.	Rejilla	7/30	45	11	65
10.	Rejilla	7/25	30	10	65
11.	Rejilla	15/20	52	14	65
12.	Rejilla	15/20	52	15	64
13.	Rejilla	5/20	44	12	64
14.	Rejilla	5/20	51	10	62
15.	Rejilla	5/15	43	10	62
16.	Rejilla	5/15,12,10	32	5	57
17.	Rejilla	3/15,12,10	30	8	59



a) b)

Figura 2. Configuración inicial de biomasa sólida, donde a) es el arreglo de rejilla y b) prueba de combustión.

Efecto de la distancia entre la parrilla y el recipiente con agua

La Tabla 2 muestra los resultados de las alturas de flama para las correspondientes geometrías de los trozos de biomasa usada. Para este caso todos los arreglos iniciales de la biomasa fuero del tipo rejilla, análogo al mostrado en la Figura 2a). La altura de la flama determina la distancia requerida entre la parrilla y el contenedor de agua. Para lo cual se considera que la separación del recipiente cilíndrico respecto a la parrilla sea aproximadamente 66 % de la altura total de la flama que se determinó. Para establecer esas características, las pruebas de esta sección se realizan sin colocar el recipiente cilíndrico, para medir y establecer la altura. La definición de la medición de la flama requiere de aproximaciones, ya que por su propia naturaleza es turbulenta, y en ese sentido los parámetros que se cuantifican es la altura aproximada y el tiempo que se mantiene para tomar la medición. La altura total de la flama se considera a partir de la parrilla; es decir, la flama envuelve/incluye al combustible.

Tabla 2. Resultados de pruebas para tamaños de flama, respecto del tamaño de los trozos de biomasa sólida.

No. prueba	Espesor / longitud de biomasa [cm]	Altura de flama [min]
1.	2/5	10
2.	5/5	12
3.	5/10	18
4.	10/10	25
5.	5/15	35
6.	10/15	40
7.	15/15	45
8.	5/20	49
9.	10/20	48
10.	15/20	52

A partir de los resultados de la Tabla 2 se verifica que los trozos de biomasa con la relación de tamaño que corresponde a la prueba 10 son los que presentas la mayor altura de flama. Similar a la Tabla 1, las condiciones adicionales para lograr esa altura de flama es evitar que los trozos de biomasa se dispersen durante la combustión, lo cual también reduce los inquemados. Dado que la mayor flama tiene 50 cm de altura, la distancia de la parrilla al cilindro de agua es de 33 cm. Esto para que la zona más caliente de la flama entre en contacto con el contenedor de agua.

Efecto del volumen de agua en el GV

La Tabla 3 muestra los resultados en el GV para alcanzar la presión de trabajo y posteriormente accionar la turbina durante el tiempo correspondiente. Para cada uno de los volúmenes iniciales de agua se realizaron 3 pruebas, de forma que se presentan los promedios de los resultados respectivos.

De acuerdo a los resultados de la Tabla 3, se corrobora que a mayor cantidad de agua es menor el tiempo en alcanzar la presión de trabajo en el sistema. Esto obedece a que se tiene menor espacio disponible para acumular el vapor. Por otro lado esa condición inicial de agua permite también lograr el mayor tiempo de operación de la turbina, a pesar de tener una ligera disminución en el flujo másico respecto de las otras pruebas. Resultados para mayores volúmenes de agua no se incluyen, ya que aunque se continua con la tendencia de alcanzar la presión de trabajo en menos tiempo, al ser menor el espacio disponible para el vapor, también se reduce la cantidad de éste, por lo que el tiempo de operación de la turbina también se ve reducido.

Tabla 3. Resultados delas pruebas para volumen inicial de agua.

Volumen inicial de agua [l]	Tiempo en alcanzar 80 psi [min]	Flujo másico [kg/h]	Tiempo de operación de la turbina [s]
6	49.25	49.79	356.25
8	46.25	48.85	413.75
10	41.50	47.89	434.00
12	34.25	47.35	474.75

Trabajo a futuro

A partir de los resultados obtenidos se considera necesario realizar la integración total del sistema para establecer la generación de energía que se obtiene del sistema de microgeneración propuesto. Las características de generación de vapor a pequeña escala y con combustible que implica alimentación del mismo en forma discreta, se traducen en variaciones considerables del

flujo másico que alimenta el sistema de accionamiento. Por lo que en ese sentido es necesario establecer los rangos del torque que genera la turbina para las cantidades de vapor que se generan. En función de lo cual se puede diseñar o hacer la selección del generador que se adecua al sistema de microgeneración en estudio.

Conclusiones

Se presenta un estudio de la configuración inicial de la biomasa sólida para su potencial aplicación como combustible en un sistema de microgeneración. Las dimensiones del hogar determinan el tamaño máximo a usar para los trozos de biomas sólida en estudio. A partir de la revisión de literatura y de las pruebas realizadas para el sistema en análisis, se concluye que la distribución de los trozos de biomasa en el arreglo inicial afecta las características de la combustión y generación de vapor. De las pruebas realizadas se concluye que la mejor configuración inicial para aprovechar al máximo el poder calórico almacenado en la biomasa solida es en arreglo de rejilla alternada, cuyo arreglo además se mantenga unido durante la combustión a fin de evitar dispersión de la biomasa y por consecuencia de la flama durante la etapa de combustión. Las pruebas mostraron que esa configuración inicial permite una adecuada oxigenación del combustible para mantener la flama por más tiempo. Donde además, al unir la biomasa prácticamente se eliminó los inquemados residuales del proceso. También se concluye que las dimensiones aproximadas para obtener la mejor flama de la biomasa se logra a partir de trozos de 15 cm de espesor y 20 cm de longitud.

En función de las pruebas de altura de flama se estableció que para las dimensiones del hogar y de la biomasa usada, la distancia entre la parrilla que soporta el combustible y el recipiente de agua es de 33 cm. Adicionalmente, se definió la cantidad de agua a usar en la condición inicial del GV con el fin de lograr el mayor tiempo de operación de la turbina, pero optimizando el tiempo en que se alcanza la presión de trabajo, lo que se refleja en el flujo y cantidad de vapor generado. De lo que se estableció que la cantidad inicial de agua a ocupar para reducir el tiempo de combustión y aumentar el tiempo de operación de la turbina es de 60 % de la capacidad del recipiente.

Agradecimientos

Los autores agradecen al Tecnológico Nacional de México por el apoyo económico otorgado para el desarrollo de este trabajo, dentro del proyecto clave: 7914.20-P

Referencias

[1] Nunes L., Godina R., J. Matias and Catalao J. (2019). Evaluation of the utilization of woodchips as fuel for industrial boilers, *Journal of Cleaner Production*, vol. 223 pp. 270-277.

[2] Seeber R., Gölles M., Dourdoumas N. and Horn M., (2019). Reference shaping for model-based control of biomass grate boilers. *Control Engineering Practice*, vol. 82, pp. 173–184,

[3] Rybak-Wilusz E., Proszak-Miąsik D., Kuliński B. (2020). Management of Solid Biomass in Medium Power Boiler Plants. *Journal of Ecological Engineering*, vol. 21, no. 1, pp. 106-112.

[4] Las-Heras-Casas J., López-Ochoa M., Paredes-Sánchez J. P. (2018). Implementation of biomass boilers for heating and domestic hot water in multi-family buildings in Spain: Energy, environmental, and economic assessment", *Journal of Cleaner Prodution*, vol. 176, pp.590–603.

[5] Bianchini A., Pellegrini M., and Rossi J. (2018). Theoretical model and preliminary design of an innovative wet scrubber for the separation of fine particulate matter produced by biomass combustion in small size boilers", *Biomass Bioenergy*, vol. 116, pp. 60-71.

[6] Kaczmarczyk T. Z., Żywica G. and Ihnatowicz E. (2019). Experimental study of a low-temperature micro-scale organic Rankine cycle system with the multi-stage radial-flow turbine for domestic applications. *Energy Conversion Management*, vol. 199 no. 111941, pp. 1-15.

[7] Wang D., Liu L., Yuan Y. (2019). Design and key heating power parameters of a newly-developed household biomass briquette heating boiler, *Renewable Energy*, vol. 147, pp. 1371-1379.
[8] CONAFOR, Comisión Nacional Forestal, "Manual para la elaboración de proyectos de generación de energía a partir de biomasa forestal", 2016.
[9] Rezeau A., Díez L. I., Royo, J. y Díaz-Ramírez, M. (2018). Efficient diagnosis of grate-fired biomass boilers by a simplified CFD-based approach. Fuel Processing Technology. 171 (2018) 318– 329. https://doi.org/10.1016/j.fuproc.2017.11.024.
[10] Bedolla J., Flores V., Bedolla M., Szwedowicz D., Cocoletzi F., Mora C. (2018). Propuesta de diseño para un sistema de accionamiento de turbina de adhesión. Memorias del XXIV Congreso Internacional Anual de la SOMIM, 19 - 21 de Septiembre de 2018, Campeche, Campeche, México, DM 238-DM246, ISSN 2448-5551.
[11] CONAFOR, Comisión Nacional Forestal, "Instructivo para el aprovechamiento de leña en comunidades rurales", 6/4/2013.
[12] Chou C., Chen J., Clement G., Yam Marx D. (2016). Numerical Modeling of NO Formation in Laminar Bunsen Flames—A Flamelet Approach", *Combustion and Flame* , vol. 114, no. 3- 4, pp. 420-435.
[13] Hernández-Perez F.E., Yuen F.T.C., Groth C.P.T. Gulder O.L. (2011). LES of a laboratory-scale turbulent premixed Bunsen flame using FSD, PCM-FPI and thickened flame models", *Proceedings of the Combustion Institute*, vol. 33, no. 1, pp. 1365-1371.
[14] Smooke M. D., Menally C. S., Pfefferle L. D., Hall R. J. Colket M. B. (1998). Computational and Experimental Study of Soot Formation in a Coflow, Laminar Diffusion Flame", *Symposium (International) on Combustion*, vol. 27, no. 1, pp. 1497-1505.
[15] Tian-Jiao Li. (2018). Light field imaging analysis of flame radiative properties based on Monte Carlo method", *International Journal of Heat and Mass Transfer*, vol. 119, pp. 303-311.

Control con caja de estados en robot de cinco grados de libertad para ingeniería inversa.

F. Flores Salazar[*1], *J. Carro Suárez*[1], *I. Flores Nava*[1] *y R. Hernández Hernández*[1]
[1]*Universidad Politécnica de Tlaxcala, Av. Politécnica No. 1, San Pedro Xalcaltzinco, CP 90180 Tepeyanco, Tlax.*
fabiola.flores@uptlax.edu.mx

***Área de participación**: Ingeniería Mecánica y Mecatrónica*

Resumen

En este artículo se describe la implementación de una caja de estados en la etapa de control de un manipulador con cinco grados de libertad, que tiene como objetivo realizar ingeniería inversa. Con este diseño se pretende hacer la captura del muestreo para la nube de puntos de una pieza con menor pérdida de información, generando una trayectoria de captura a partir de la una primera fotografía que determine la figura predominante de la pieza. Para ello se utilizaron el software: Solidworks, con el cual se diseñó el manipulador y la etapa de control; caja de estados, se realizó en el software de LabView, ambas partes en etapa de simulación. De manera complementaria se realizó el análisis de la cinemática y la dinámica del robot y con ello poder establecer la mejor trayectoria para la discretización de la pieza.

***Palabras clave**: Trayectoria, modelo dinámico, interfaz*

Abstract

This article describes the implementation of a box in the control stage of a manipulator with five degrees of freedom, which is intended to reverse engineer. With this design it is intended to capture the sampling for the point cloud of a piece with less loss of information, generating a capture path from the first photograph that determines the predominant figure of the piece. For this, the software was used: SolidWorks, with which the manipulator and the control stage were designed; state box, was carried out in LabVIEW software, both parts in simulation stage. In a complementary way, the analysis of the kinematics and dynamics of the robot was carried out and with it, the best trajectory for the discretization of the piece could be established.

***Key words**: Trajectory, dynamic model, interface.*

Introducción

La ingeniería inversa ha tomado mayor fuerza provocando el desarrollo y mejora de sistemas de escaneo y reconstrucción de sólidos, mediante la combinación de diversos tipos de escáneres junto con sistemas mecánicos que apoyen el proceso; haciéndolo más sencillo y rápido [1] La utilización de brazos mecánicos con o sin actuadores, bases rotativas y el proceso de reconocimiento de objetos que se transportan por bandas, son algunos ejemplos de estas mejoras. La reconstrucción de objetos en computadora es de gran impacto para empresas e investigaciones, ya que dicho proceso impulsa el mejoramiento de la producción de productos o en la detección de fallas en el diseño [2] sin necesidad de pérdidas de series o de piezas para realizar pruebas.

En los últimos años se ha incrementado la implementación de la ingeniería inversa en los procesos de investigación e industriales generando la necesidad de estar en mejora continua, por lo que se

han enfocado en el elemento de captura de la digitalización de la nube de puntos [3] (Chang & Chen, 2011), específicamente en la cámara de captura o implementando un Kinect, que optimice la resolución de la imagen; además buscando economizar dichos elementos; sin embargo, se ha dejado que dicha captura dependa principalmente de la habilidad del investigador ya que la automatización; aunque existente, es de costos muy elevados. Por lo que se propone diseñar un brazo robot que tenga como elemento terminal más económico para la digitalización de piezas; además de un sistema de control capaz de definir la trayectoria óptima para la menor pérdida de información en la captura de la nube puntos en trayectoria constante, considerando la captura de una imagen que determine la figura predominante de la pieza, definiéndola como: circular, cuadrada o triangular, y con ella definir la trayectoria a seguir.

Metodología

Para iniciar el proceso de comunicación entre ambos software fue necesario tener un ensamble de piezas en SolidWorks previamente hecho y guardado en el mismo equipo en el que se planea realizar la comunicación. Una vez teniendo estos aspectos listos, se procede a programar el control en el software de programación gráfica LabVIEW. Dichos software favorecen al hecho de no tener que realizar pruebas de control o movimiento con el prototipo real, sino que se busca la facilidad y seguridad de hacerlo en un entorno de simulación; mencionando también que el mismo software de programación del control de movimiento en simulación (LabVIEW) se utiliza también para el control del prototipo real del brazo.

Para realizar el análisis completo se requiere desarrollar la cinemática y la dinámica del robot y con ello establecer las trayectorias idóneas para el escaneo de piezas establecidas en la máquina de estados diseñada para el prototipo. Se decidió por un brazo robótico de 5GDL, ya que este tipo de brazo se adecúa de mejor manera a las necesidades de movimientos que se necesitan para realizar el proceso de escaneo; además de sentar las bases del análisis y más adelante establecer el estudio a 6 GDL [4], que considera tener un mayor alcance y un área de trabajo mayor para piezas de mayor volumen. La cinemática y dinámica del robot se realizarán previamente al desarrollo del entorno de simulación del prototipo, con la conexión de software SolidWorks; simulación del prototipo físico, y LabVIEW; diseño del control, para sustento y fundamento teórico de la trayectoria del sistema, a través del método cuantitativo.

Para realizar la comunicación entre ambos software es necesario tener los respectivos módulos instalados. En el caso de SolidWorks es necesario contar con la versión “PREMIUM” para poder contar con el complemento llamado “SolidWorks SOFTMOTION”, el cual permite, tanto realizar el análisis de movimiento en un ensamble como permitir que este mismo pueda ser manejado mediante otro software, en este caso se utilizará LabVIEW. Es necesario activar el complemento “SolidWorks SOFTMOTION” dentro del mismo software.

En el software LabVIEW se requiere cumplir varios aspectos para que se realice la comunicación de software y sea exitoso el control del ensamble de SolidWorks. El software LabVIEW requiere, para comunicarse con el ensamble a mover en SolidWorks, tener instalado el módulo NI SoftMotion, el cual agrega, a la librería de bloques utilizables en la programación dentro del VI, los comandos necesarios para relacionar un movimiento a un motor específico en el ensamble seleccionado, ya sea para un movimiento lineal, circular o un espacio coordinado.

 ISSN 2007-8102

En este proyecto se manejó también un módulo de visión de LabVIEW, para la identificación del objeto a escanear por el brazo robótico, para lo cual se utilizarán los módulos: NI IMAQ. Y NI VISION module. La captura de la imagen se realiza mediante una cámara web, y luego esta misma imagen es procesada dentro del módulo de visión de LabVIEW para poder conocer su forma y poder definir los movimientos que realizará el ensamble. Siguiendo con la parte de programación de rutinas de movimiento en LabVIEW, primero se debe conocer el bloque de comando necesario, exclusivo del módulo NI SoftMotion, para realizar el envío de datos de posición a un actuador del ensamble, el cual es Bloque Straight-Line Move, este bloque permite el intercambio de información de LabVIEW y SolidWorks, ya que este recibe directamente los datos de los actuadores previamente cargados en el proyecto del software; puede recibir información tanto de un actuador simple como de un espacio coordinado. Se ponen tantos bloques como movimientos de requieran., cabe resaltar que en este proyecto solamente se utilizó la función de control de posición, ya que se puede dar la indicación mediante un controlador numérico para un solo actuador del ensamble, o con una matriz de datos si es un espacio coordinado.

Para las secuencias de movimiento se decidió utilizar una Máquina de Estados, la cual es una configuración utilizada para el planteamiento de procesos repetitivos, pero en los cuales las variables deciden la secuencia de las actividades declaradas dentro de cada uno de los casos, pudiendo así ir desde el primer estado/caso al último, sin tener que pasar por los que se encuentran en el medio. Teniendo estas características en cuenta, la versatilidad de este tipo de sistema es muy conveniente para el desarrollo de este proyecto, ya que permite la realización de diferentes secuencias de movimiento sin importar en qué estado/caso se programó un cierto movimiento e ir a cualquier caso declarado dentro de la “Máquina”.

Dentro de cada uno de los casos de la Máquina de Estados se programó un movimiento del ensamble; es decir, todas las posiciones que el ensamble necesita para poder realizar una trayectoria, de acuerdo a como es necesario el movimiento y alcanzar cada una de las dimensiones del objeto que detecte la cámara. Esta selección se realizará mediante la comparación del valor arrojado de las medidas que detecte la cámara y un rango de medidas que se establecerán de acuerdo a las actividades definidas del ensamble.

Se tiene que declarar un caso de “Inicio” en la Máquina de Estados, definiéndolo como la posición HOME del brazo robótico, asimismo, al final de cada una de las rutinas programadas siempre se regrese al estado HOME, permitiendo así al brazo volver a dicha posición. Se debe tomar en cuenta que cada que se realiza un movimiento del ensamble mediante un bloque “Straight-Line Move”, este mismo queda en estado “Ejecutado” lo cual no permite que el ensamble repita esa posición.

Para esto se debe crear una estructura “While”, junto con el control de paro, con una estructura “Case” dentro. Esto para poder crear una ejecución constante de los estados que se van a declarar en la estructura “Case”. Además de colocar una constante de enumeración conectada al controlador de casos de la estructura “Case”. Una vez teniendo lista la máquina con los estados deseados, es posible programar la forma en la que se van a comportar y relacionar los casos. Esto con la ayuda de un “Selector” con el cual, mediante una señal booleana, se puede seleccionar el caso al cual se va a dirigir el programa dependiendo si la señal es “True” o “False”, como se muestra en la siguiente figura.

 ISSN 2007-8102

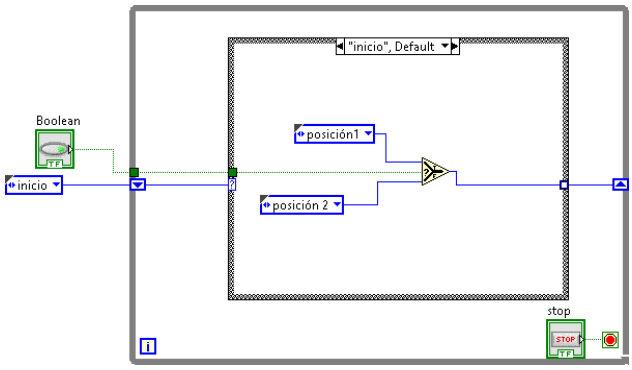


Figura 1. Modelo básico de una máquina de estados

En la figura 1 se muestra el modo de conexión del primer caso de una máquina con 3 estados. Es necesario declarar la ruta que va a continuar en cada caso, de lo contrario el software LabVIEW no permitirá la ejecución del programa. Cada una de las constantes numéricas dentro de cada uno de los casos son copias directas de la primera constante que se colocó dentro del programa.

Máquina de estados de rutinas del robot

Una vez creada la máquina de estados, con todos los casos necesarios, se incorporaron los bloques de movimiento del módulo de conexión de LabVIEW con SolidWorks. Estos bloques de movimiento se deben colocar dentro de cada uno de los casos en los que se desea que el robot tenga movimiento. Para una mayor comodidad al editar los movimientos de cada uno de los grados de libertad del robot se optó por un archivo externo al software de control de movimiento del ensamble, como se muestra en la figura 2. Ya que el modelo robótico cuenta con 3 grados de libertad es necesario que, en el archivo, separe cada valor para que el software LabVIEW pueda crear de forma correcta el “Array” de datos que va a ingresar al espacio coordinado de movimiento del ensamble.

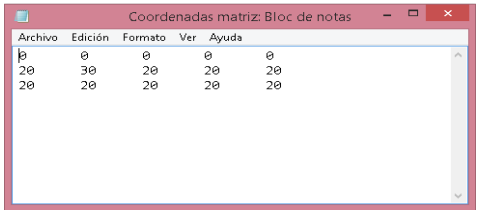


Figura 2. Ejemplo de valores para 3 posiciones.

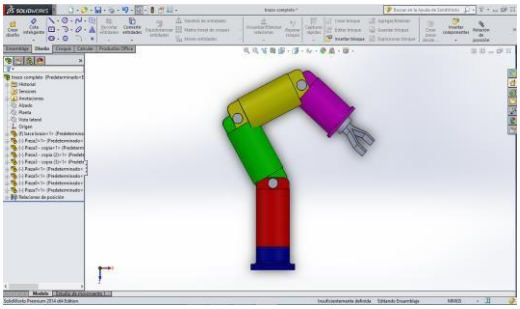


Figura 3. Ensamble robótico en posición casa.

Las primeras coordenadas hacen referencia a la posición inicial de robot, a la que se le llamará posición casa. Esta posición es la base en la que el robot estará cuando ninguna rutina se esté ejecutando, y es definida moviendo directamente el ensamble del brazo desde el software de diseño SolidWorks (Figura 3), esto mismo facilita el acomodo del brazo en la posición inicial que se desee para cada situación.

 ISSN 2007-8102

Una vez definido el número de posiciones en la que el ensamble va a poder moverse, se definen estos valores dentro de la “matriz” de datos creada en el archivo de texto; en este caso se utilizarán 3 posiciones para demostrar el control de una rutina mediante la máquina de estados creada previamente en el software LabVIEW.

En la figura 4 se muestran los componentes utilizados para el diseño y programación del control de movimiento del robot, en el cual se observa la forma en la que la rutina es activada mediante una señal booleana (Inicio) proporcionada por un botón virtual dentro del mismo software. Se colocó un botón virtual ya que, al simular el sistema de reconocimiento de formas junto con el control de movimiento del ensamble robótico en SolidWorks, consume demasiados recursos de la computadora y frena el desarrollo y velocidad de las pruebas de funcionamiento cuando únicamente se comprueba que los movimientos se realicen de forma correcta.

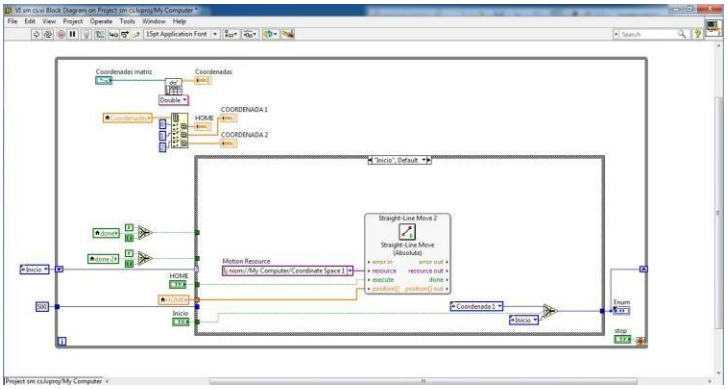


Figura 4. Pantalla de programación del control de movimiento del robot.

La coordenada en el caso “default” no necesita tener reset para poder realizarse nuevamente dentro de una sola ejecución del programa, por lo que no es necesario colocar indicador alguno en la salida “done” o “active” de este bloque. Se deben crear tantas configuraciones de reseteo como bloques de movimiento se estén utilizando (Figura 5, dos condiciones de reseteo en indicadores booleanos).

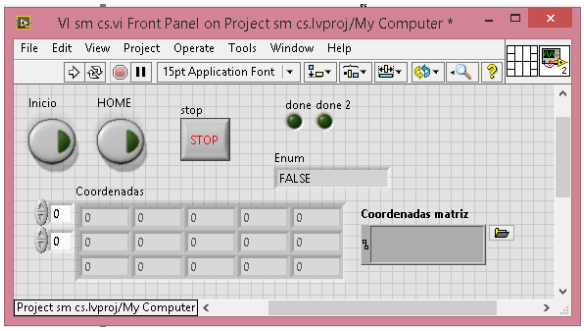


Figura 5. Pantalla frontal del programa de control de movimiento del ensamble para 1 rutina.

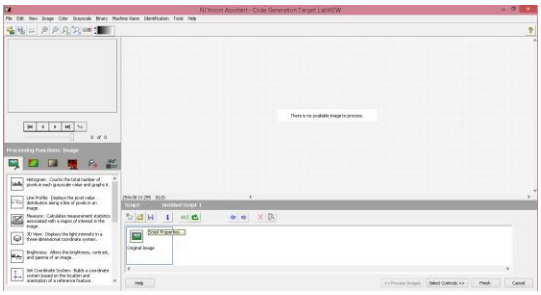
Resultados de la Simulación

Se logró diseñar un sistema para realizar 3 rutinas diferentes de acuerdo a la forma de la pieza que se desea escanear (paralelepípedo, esfera u objeto plano), por lo que se diseñan tres rutinas de movimientos diferentes para cada uno de estos casos, colocando una condición “OR” en el control

 ISSN 2007-8102

de inicio de cada una estas rutinas para poder realizar el reset con un botón virtual sin la necesidad de que se tenga que colocar nuevamente la figura frente a la cámara de reconocimiento de forma.

Ya que las formas son “constantes” (no todas las piezas son exactamente iguales, aunque tengan la misma forma), los valores de movimiento del ensamble se mantienen iguales para todos los casos que entren dentro de un mismo grupo. Por lo que, al colocar la pieza, el sistema la reconoce y selecciona una de las rutinas programadas para poder escanear dicha pieza, una vez terminada la rutina (sea cual sea la que se haya realizado) se debe presionar el botón de reset de dicha rutina para que el ensamble pueda realizar los movimientos nuevamente y presionar el botón “HOME” para que el sistema regrese a posición de casa. En caso de que la rutina siguiente sea diferente a la primera que se realizó, no es necesario reiniciar los bloques de la primera rutina. La figura 6, muestra la pantalla en la cual se encuentra la opción de configurar la detección de diferentes formas, patrones, colores, sombras, etc. Siendo la detección de formas la que se utiliza en este proyecto, en la figura 7, se puede ver el ciclo generado par la captura continua de imágenes.



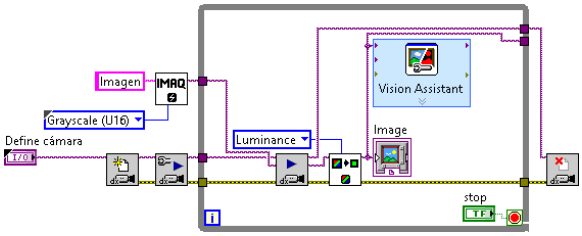
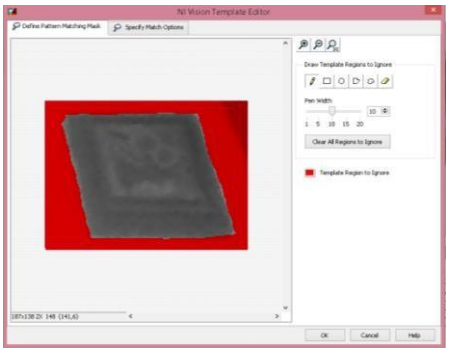


Figura 6. Pantalla inicial de Vision Assistant Figura 7. Programa de captura continua de imágenes.

En las figuras 8 y 9, se muestra un ejemplo en el cual se puede agregar la imagen captada por última vez al bloque “Vision Assistant”. Una vez realizado esta configuración se puede iniciar a configurar la detección de formas, como se muestra en la figura 10



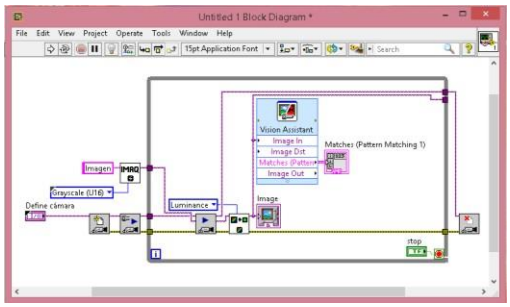


Figura 8. Reconocimiento de rombo.

Figura 9. Programa detección de forma.

 ISSN 2007-8102

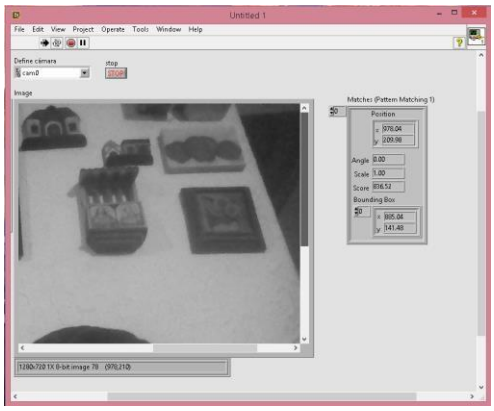


Figura 10. Programa ejecutándose cuando la figura establecida se encuentra en pantalla.

Conclusiones y trabajo a futuro

La caja de estados resultó una buena opción para control de 5 GDL; la simulación resultó exitosa dentro de los parámetros establecidos al inicio del proyecto, considerando las limitaciones que tienen al contar solo con 5 GDL. Sin embargo, una vez logrado el control del manipulador en 5 GDL, se pretende realizar el control para un robot de 6 GDL con la finalidad de contar con un mayor alcance del dispositivo de captura de la nube de puntos al momento de realizar ingeniería inversa. La captura de la primera imagen puede determinar la figura predominante de la pieza, al pasarla a su forma matricial se puede seleccionar a través del control la trayectoria óptima para la captura de la nube de puntos y con ello determinar la orientación del manipulador que no se permite a través de la cinemática o dinámica. Por otro lado, se pretende realizar el prototipo de manera física; además de seguir probando mejoras en la etapa de control explorando la posibilidad de implementar control difuso e incluso una red neuronal que no solo determine la figura predominante, sino que se adapte a las figuras de cada cara de la pieza analizada.

Referencias

[1] Torres, G. (2008): Ingeniería inversa: una herramienta para la iniciación al diseño. V Congreso bolivariano de Ingeniería Mecánica, Cúcuta, Colombia.

[2] García L.A., Jiménez E, G. Luna G., Ontiveros S.R., Martínez V., Ochoa F.y Carrillo E (2008).: Clasificación de programas y modelos de la ingeniería inversa: aplicaciones a un caso de estudio. Memorias del XIV congreso anual de la SOMIM, Puebla, México.

[3] Chang, K. & Chen C (2011): 3D shape engineering and design parameterization. *Computer-Aided Design & Applications. 8(5),* pp 681-692. 2011

[4] Reyes Cortes, F. (2011). *Robótica Control de robots manipuladores*. 1ª ed. Alfaomega Grupo Editor.

[5] Balachandran B .(2006) “Vibraciones”, Thomson, México, 1ª Edición.

[6] Barrientos, A., Peñin, L., Balaguer, C. and Aracil, R. (2014). *Fundamentos de robótica*. 2a ed. McGraw-Hill Interamericana de España S.L.

[7] Boltton W. (2011) *“Ingeniería de Control”,* Alfa omega, México, 2ª edición.

[8] Cai, L., & Song, G. (1994). *Joint stick-slip friction compensation of robot manipulator by using smooth robust controllers.* Robotic Systems.

[9] Calero R, Carta J. (1998) “Fundamentos de Mecanismos y Máquinas para Ingenieros”. Editorial McGraw-Hill, 1ª Edición.

[10] Denavit, J., & Hartemberg, R.S. (1955). A Kinematic Notation for Lower-Pair Mechanism Based on Matrices. *Journal of Applied Mechanics*. Vol. 22

[12] Ibarra Zannatha, J. (2012). *Visión Artificial para robots*. 1st ed. EAE Editorial Academia Espanola.

[13] LabView. (2001). User Manual National Instruments Corporation 2001. USA: National Instruments.

 ISSN 2007-8102

Unidad clúster multitarea para robot sanitizador

E. Berra Villaseñor[*1], *M. Pérez Castañeda*[1,]
[1] *Universidad del Valle de Puebla, 3 Sur 5904, Colonia "El Cerrito", C.P. 72440,*
eduardo.berra@uvp.edu.mx

***Área de participación**: Ingeniería Mecánica y Mecatrónica*

Resumen

El objetivo de la presente investigación consiste en emplear una unidad clúster para ejecutar tareas de multiprocesamiento, esto a través del desarrollo de un esquema de comunicación SPI (Serial Peripheral Interface), empleando tarjetas Arduino nanopro, con lo cual se controlan los movimientos de un robot sanitizador. La comunicación con el robot se realiza vía RF-Lora, se utiliza un algoritmo de seguridad AES (Advanced Encryption Standard), para la ejecución de las tareas.
Los resultados muestran que la encriptación y decodificación se realiza en centésimas de segundo.

***Palabras clave**: Unidad Clúster, SPI, multitarea, RF-Lora.*

Abstract

The objective of this research is to use a cluster unit to execute to execute multiprocessing tasks, this through the development of a communication scheme SPI (Serial Peripheral Interface), using Arduino nanopro cards, with which the movements of a sanitizing robot. Communication with the robot is done via RF-Lora, an AES (Advanced Encryption Standard) security algorithm is used to carry out the tasks. The results show that encryption and decoding is done in hundredths of a second.

***Key words**: Cluster Unit, SPI, multitask, RF-Lora.*

Introducción

La exigencia de la vida actual nos obliga a recurrir al uso de tecnologías, las cuales han cobrado más significado en las últimas décadas [1], tal es el caso del uso de robots, que son cada vez más comunes para realizar labores repetitivas, peligrosas o que conllevan un desgaste físico, estos son algunos de los tópicos en los cuales se ha enfocado el desarrollo de la robótica.

En la industria los motivos suelen ser similares, pero entre las actividades objetivo a automatizar se encuentran las labores de limpieza [2], evitar que los operarios se encuentren expuestos a entornos peligrosos e incluso evitar un esfuerzo excesivo de las labores realizadas.

Un ejemplo significativo del uso de tecnologías robóticas para evitar la exposición de los operarios a ambientes peligrosos es la exploración espacial realizada por la NASA, con las misiones Sojourner de Pathfinder, en ellas se demostraron cómo las tecnologías de bajo costo podrían usarse para la exploración espacial [3], estas tecnologías permiten obtener resultados adecuados a las exigencias espaciales y debido a la producción de electrónica y micro electrónica del cual gozamos hoy en día, es posible generar aplicaciones y desarrollos que cumplen con creces las expectativas de automatización [4].

 ISSN 2007-8102

Sin embargo, no solo el bajo costo de la electrónica interviene para el desarrollo de este tipo de tecnología, la compatibilidad entre componentes como lo son los estándares I2C y Serial bus son ampliamente utilizados en el campo de la robótica para mejorar las prestaciones de los diversos componentes como sensores y actuadores [5].

Por lo que diversas técnicas se plantean en el uso y control de los diversos dispositivos que componen a los robots [6], en el caso específico de robots de exploración y limpieza, donde aún se utiliza el control remoto vía UHF y con los cuales se pretende dotar al operario del control a distancia de una actividad.

La problemática a resolver en electrónica con el manejo de la tele operación, es el multi procesamiento de los datos [7] y los comandos que el operario tendría que recibir y enviar correspondientemente, en el presente proyecto se propone una metodología de clúster para el tratamiento de información y control de un robot tipo Rover para sanitizar aceras o espacios de tránsito peatonal.

Metodología

La metodología propuesta para el desarrollo de un clúster conformado por tres micro controladores Atmel, está conformada por un maestro y dos controladores esclavos, estos están comunicados mediante SPI, cada uno de ellos con hardware controlado tanto por el maestro como por los esclavos. La figura 1 muestra este método de desarrollo.

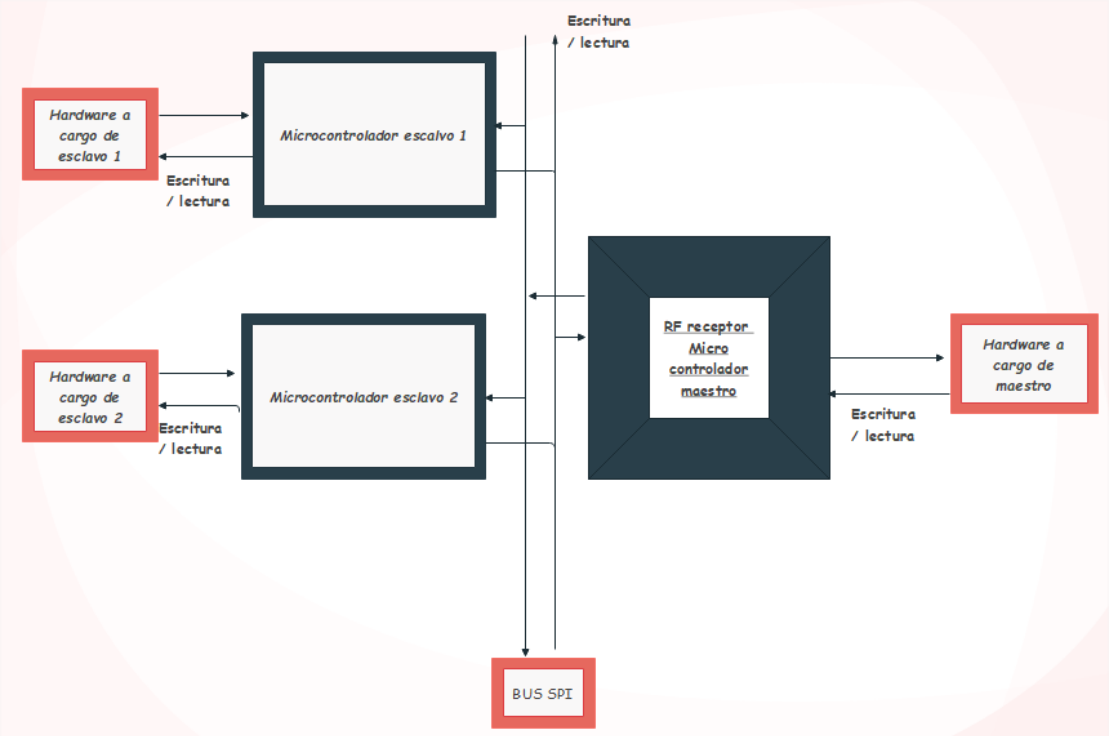


Figura 1. *Método de desarrollo clúster con micro controladores Atmel. Fuente Elaboración Propia.*

El software embebido que se plantea implementar bajo este modelo consta de un método para la recepción, un método de encripta miento de datos, un método de decodificación de comando, un

 ISSN 2007-8102

método de comunicación SPI, un método de confirmación de recepción y ejecución de comando. Esto se puede observar en la figura 2.

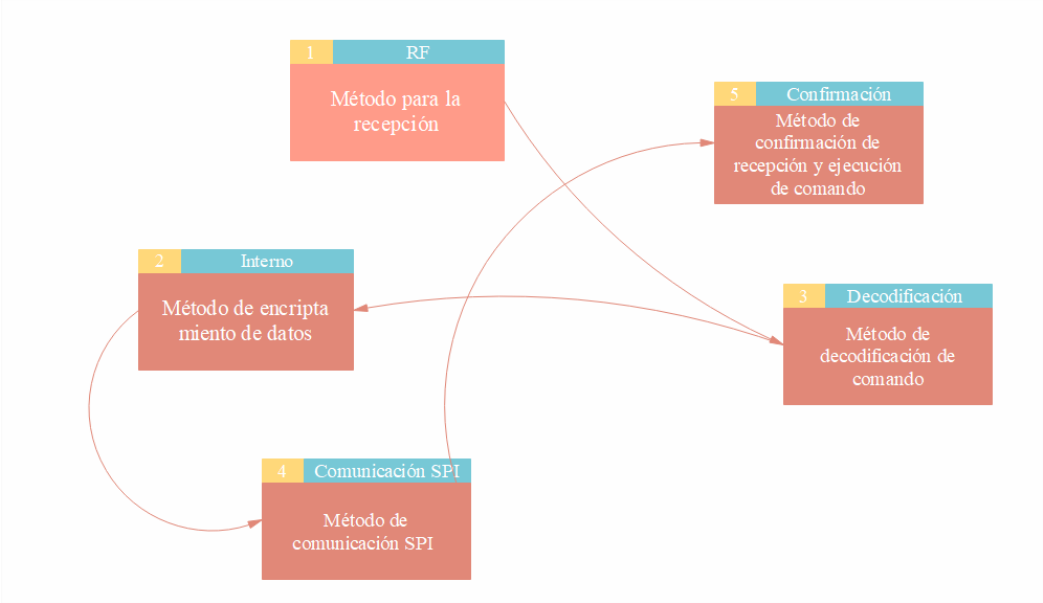


Figura 2. *Diagrama de bloques sistema embebido. Fuente Elaboración Propia.*

El modelo base para realizar las operaciones con la plataforma robótica móvil está compuesta por: diez sensores, cuatro motores brushless con soporte de cien kilogramos y cuatro actuadores encargados de la cámara y un servomotor encargado de la dirección. Esto lo podemos observar en la figura 3.

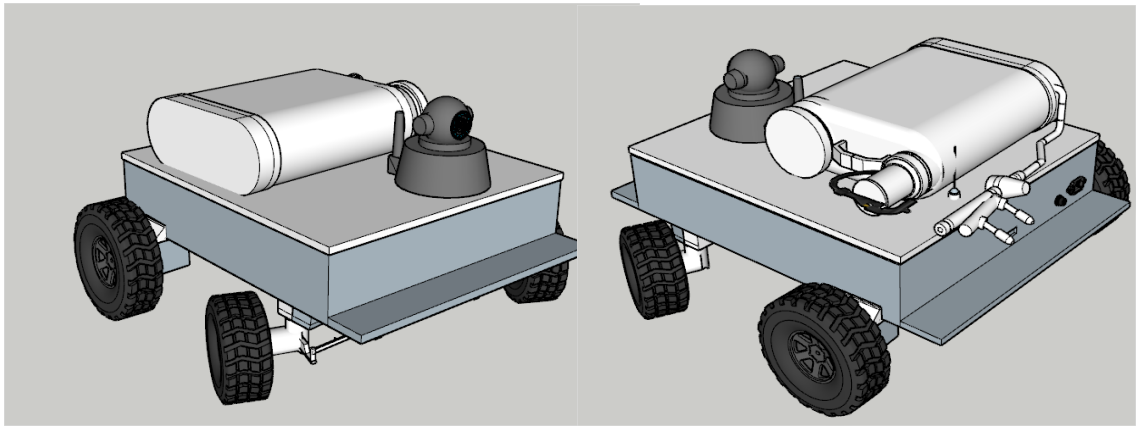


Figura 3. *Plataforma móvil robot sanitizador. Fuente Elaboración Propia.*

 ISSN 2007-8102

Resultados y discusión

Al diseñar una arquitectura para la unidad clúster de procesamiento, el principal eje rector del desarrollo se basa en que el mismo diseño permita su implementación en cualquier plataforma que cuente con la misma cantidad de actuadores y sensores o menos, para su desplazamiento y monitoreo, así como de la activación de aspersión, por lo que se tiene en cuenta que los comandos deberán de ser genéricos y reutilizables para diseños con movilidad terrestre así como para sensores que en la misma se incluyan.

Los tres microcontroladores serán conectados para permitir su configuración SPI maestro esclavo [8], la arquitectura se define como se muestra en la figura 4, donde podemos observar las conexiones SPI entre cada tarjeta de microcontroladores.

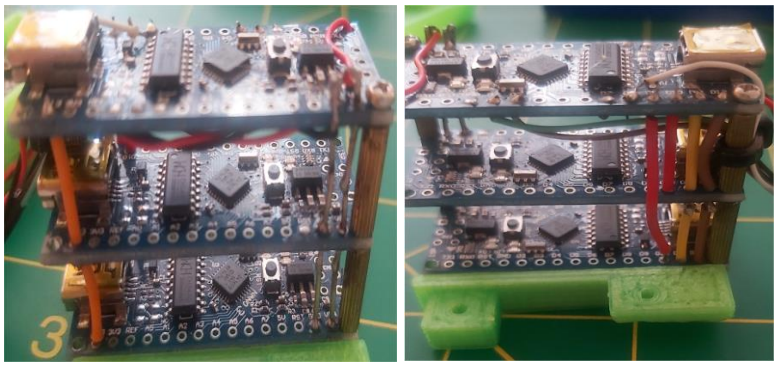


Figura 4. *Conexión de arquitectura unidad clúster. Fuente Elaboración Propia.*

El bus SPI conecta al puerto digital D13 en las tres tarjetas, se denota por el cable color naranja que atraviesa los tres niveles, el puerto D11 es la segunda línea en este caso de color amarillo y que cruza las tres tarjetas completando el circuito de comunicación SPI, mientras que de D10 de la tarjeta maestra se realizará la conexión a la tarjeta esclavo uno en D10, de la tarjeta maestra D9 se conectará a D9 del esclavo 2, la fuente de alimentación Vin como GND es compartida, por esta razón son puenteadas entre las tarjetas.

Arquitectura de comunicación

Acorde a las conexiones anterior mente mencionadas, las cuales permiten que las tarjetas establezcan un protocolo de comunicación y la conformación de la unidad clúster, llevando a cabo la operación de comandos de maestro a esclavos, lo que permite mejorar el procesamiento de varias instrucciones a la vez, ya que los comando son recibidos por un receptor RF-Lora cuya conexión se muestra en la figura 5, para posteriormente ser ejecutados por los procesadores que componen al clúster.

 ISSN 2007-8102

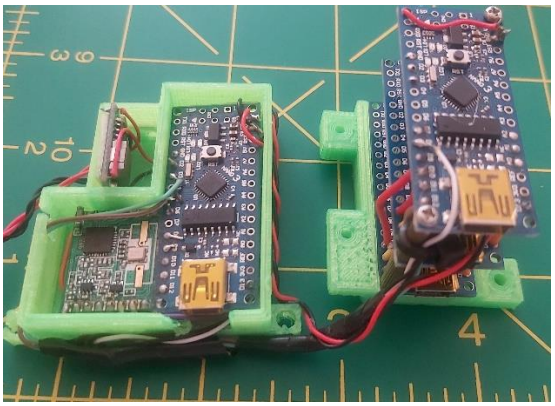


Figura 5. *Conexión serial a RF-Lora unidad clúster. Fuente Elaboración Propia*

La principal directriz del diseño del clúster, es seguir un estándar que permita operar con cualquier arquitectura que maneje él envió de los comandos mediante un puerto serie convencional y con uso de RF.

La plataforma se encuentra dotada de los receptores RF-Lora, estas señales son recibidas y con un método de codificadas, el cual permite el envío al microcontrolador maestro que a su vez redirecciona los comandos decodificados a los microprocesadores esclavos conectados mediante SPI, esto lo podemos observar en la figura 6, en esta se muestra un diagrama de recepción y envío de información, se puede observar también los bloques de código necesarios para las órdenes a los esclavos y sus relaciones con la comunicación SPI.

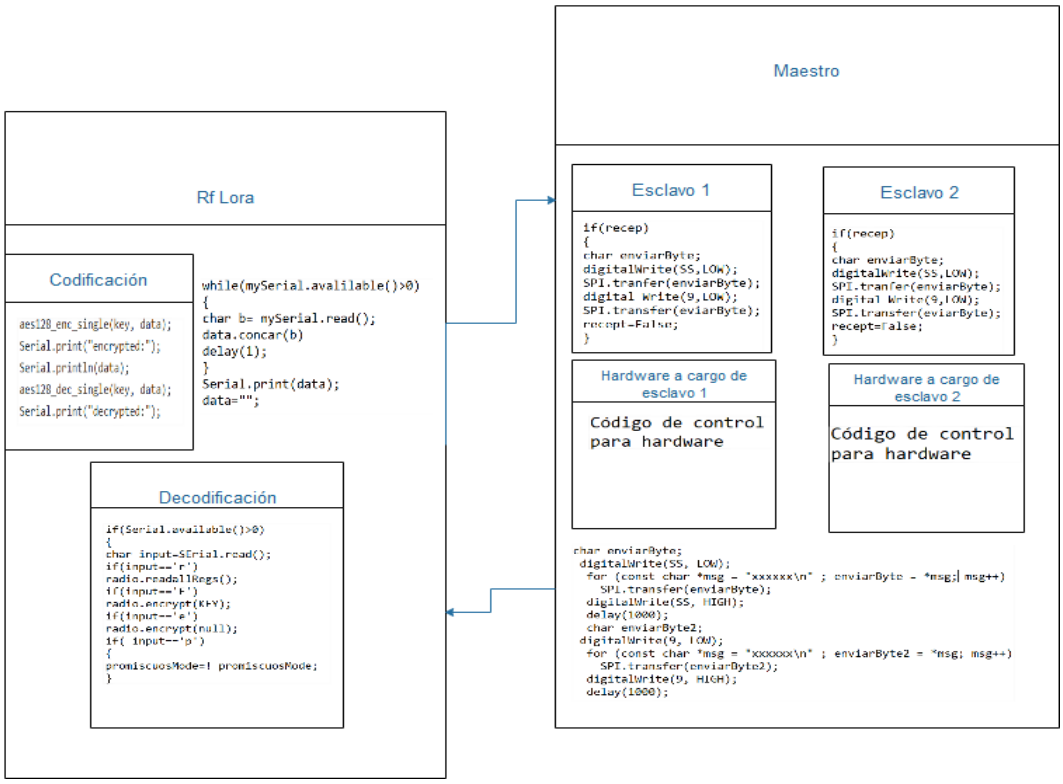


Figura 6. *Diagrama de recepción, envío de información y código de comunicación SPI. Fuente Elaboración Propia.*

 ISSN 2007-8102

Encriptación y ejecución de comandos

El algoritmo de encriptación y desencriptación tiene una longitud de 128 bits de seguridad por lo que se considera como base al estándar AES (Advanced Encryption Standard), y puede ser usado con un grado de mediana a alta seguridad [9].

Los comandos programados para la plataforma móvil, se muestran en la tabla 1, así como su encriptación AES.

Tabla 1 *Comandos para plataforma móvil robótica.*

Comando	Adelante "A"	Atrás "B"	Izquierda "C"	Derecha "D"	Alto "E"	Cámara "F"	Aspersor on "G"	Cámara derecha "K"	Aspersor off "W"
Código de encriptación	QQ==	Qg==	Qw==	RA==	RQ==	Rg==	Rw==	Sw==	Wx==
Tiempo de transmisión	0.72S	0.58S	0.53S	0.72S	0.74S	0.53S	0.50S	0.20S	0.10S
Tiempo de ejecución	0.01S	0.03S	0.02S	0.01S	0.03S	0.03S	0.02S	0.01S	0.01S

La tabla 1 muestra las codificaciones AES y de encriptación, el tiempo obtenido en el envío del comando tomando en cuenta la codificación y envío de maestro a esclavo, así como los tiempos en realizar las operaciones por los microcontroladores esclavos.

La plataforma móvil responde al sistema del clúster de arquitectura maestro esclavo, ya que los comandos provenientes de las señales RF-Lora que la tarjeta maestro recibe son los que ordenan la acción que los esclavos y ella misma realizaran con el hardware a su cargo, esto es posible gracias a la comunicación SPI, el estándar es importante en el tiempo de ejecución y envío de comandos [10], gracias a este tiempo de respuesta el procesador puede seleccionar la rutina a ejecutar y la selección del canal del esclavo al que corresponda la ejecución de la instrucción o comando recibido, esto se muestra en el diagrama a bloques de la figura 7.

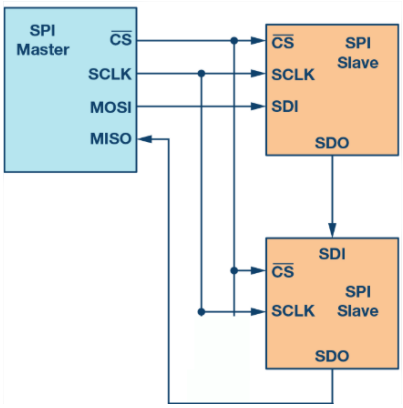


Figura 7. *Diagrama a bloques para comunicación SPI. Fuente Elaboración Propia.*

Trabajo a futuro

El diseño de esta unidad clúster a demostrado un buen funcionamiento, sin embargo, se pretende realizar pruebas con el monitoreo de sensores de diversos tipos para medir la reacción y procesamiento de los datos en los elementos es clavos.

En cuanto al cifrado de la información se ha utilizado un algoritmo de encripta miento de asimétrico por lo que se pretende utilizar un algoritmo MD5 Base64 para tener un encripta miento más seguro, esto se realizará tanto para la comunicación interna como la enviada a través de la comunicación RF-Lora.

La unidad será puesta a prueba en un robot sanitizador de aceras, sobre el cual se realizarán pruebas más exactas de control de motores, censado y control de movimientos de cámara, esto permitirá colocar en campo los beneficios de este diseño.

Conclusiones

El uso de una unidad clúster en el área de robótica móvil, es una solución recomendada para la ejecución de multiprocesamiento, como se ha podido observar en el desarrollo de esta arquitectura, debido a que las tarjetas Atmel son relativamente económicas, de igual manera no se requiere de un tiempo elevado para el procesamiento de los comandos y ejecución de los mismos, por lo que es viable su uso en robots que requieren de una acción rápida en su labor. Podemos destacar que la configuración basada en estándar SPI, serial, AES y encriptación es un aliciente a la compatibilidad con diversos dispositivos y tarjetas que siguen los estándares de comunicación serial.

Las pruebas de movimientos de la cámara de la cual está dotada la plataforma móvil, fueron adecuados para la labor requerida, los movimientos hacia adelante, atrás, izquierda, derecha y alto son ejecutados con un excelente margen de tiempo sin retardos, en cuanto a la ocupación de pines digitales son pocos los necesarios para llevar acabo la comunicación SPI, por lo que los pines sobrantes en las tarjetas esclavas y en la tarjeta maestra permiten que el clúster pueda interconectar a varios sensores y actuadores.

Referencias

[1] I. T. C´iric´, Z. M. C´ojbasˇic´, V. D. Nikolic´, T. S. Igic´, and B. A. J. Tursˇnek, “Intelligent optimal control of thermal vision-based person-following robot platform,” *Therm. Sci.*, vol. 18, no. 3, pp. 957–966, 2014, doi: 10.2298/TSCI1403957C.

[2] I. Zepeda Jazo, “Manejo sustentable de plagas agrícolas en México,” *Agric. Soc. y Desarro.*, vol. 15, no. 1, p. 99, 2018, doi: 10.22231/asyd.v15i1.752.

[3] W. F. D. III and S. C. Hsiung, “Exploring TeleRobotics: A Radio-Controlled Robot,” *Technol. Teach.*, vol. 67, no. 2, pp. 11–17, 2007, [Online]. Available: http://search.proquest.com/docview/235308141?accountid=15533.

[4] L. F. Ortiz Arroyave, M. Vásquez Carvajal, and N. D. Muñoz Ceballos, “Navegación de robots móviles en entornos con discontinuidades: una revisión,” *Rev. Politécnica*, vol. 14, no. 27, pp. 103–115, 2018, doi: 10.33571/rpolitec.v14n27a10.

[5] B. Bacca-cort, B. Flori, and S. Garc, “Development of a platform for teaching basic programming using mobile robots Desarrollo de una plataforma para enseñar programación básica Desenvolvimento de uma plataforma para ensinar programação,” vol. 26, no. 45, pp. 61–70, 2017.

[6] R. Ferro Escobar, A. Rodríguez Fonseca, and R. González, “Propuesta de un protocolo de comunicaciones manet entre robots móviles usando teoría de nodos,” *Redes Ing.*, p. 119, 2017, doi: 10.14483/2248762x.11998.

[7] J. Huang, D. Zhu, and Y. Tang, “Health diagnosis robot based on healthcare big data and fuzzy matching,” *J. Intell. Fuzzy Syst.*, vol. 33, no. 5, pp. 2961–2970, 2017, doi: 10.3233/JIFS-169347.

[8] R. E. C. (n. d.). González, A. J. S., & Cruz, “MAESTROS Y ESCLAVOS. UNA APROXIMACIÓN A LOS CÚMULOS DE COMPUTADORAS,” *Ing. Y Compet.*, vol. 56, pp. 120–126, 2018.

[9] E. Villarreal, “Tecnología Actual De Los Robots Autónomos,” no. 25, pp. 73–86, 2008.

[10] G. Acosta, J. Gallardo, and R. Pérez, “Arquitectura de control reactiva para la navegación autónoma de robots móviles,” *Ingeniare*, vol. 24, no. 1, pp. 173–181, 2016, doi: 10.4067/s0718-33052016000100016.

 ISSN 2007-8102

Diseño de sistema de medición de ambiente acuático mediante pez robótico

E. Berra Villaseñor[*1], *M. Pérez Castañeda*[1,]
[1] *Universidad del Valle de Puebla, 3 Sur 5904, Colonia "El Cerrito", C.P. 72440,*
*eduardo.berra@uvp.edu.mx

***Área de participación**: Ingeniería Mecánica y Mecatrónica*

Resumen

El objetivo de la propuesta se basa en el diseño de un robot pez, el cual funcionará como sonda para monitoreo de pH, oxígeno disuelto y temperatura, se diseñó un modelo UML el cual es utilizado para la definición de requerimientos y el posterior diseño en 3D. Como resultado se presenta el diseño de la estructura que contiene en su interior los sensores, el mecanismo de propulsión, así como el mecanismo diseñado para el control vertical. Se indica además el diseño del firmware de control para la sonda. Se presentan las ecuaciones de desplazamiento y la aplicación de un filtro Kalman para suavizado de movimientos lo que en conjunto con el diseño mecánico y la configuración del software permitirán el desplazamiento y monitoreo en el ambiente para el cual está diseñado.

***Palabras clave**: sonda robótica, biomimética, UML, medición de ambiente*

Abstract

The objective of the proposal is based on the design of a fish robot, which will function as a probe for monitoring pH, dissolved oxygen and temperature, a UML model was designed which is used for the definition of requirements and the subsequent 3D design. As a result, the design of the structure containing the sensors, the propulsion mechanism, as well as the mechanism designed for vertical control are presented. The design of the control firmware for the probe is also indicated. The displacement equations and the application of a Kalman filter for smoothing movements are presented, which together with the mechanical design and software configuration will allow displacement and monitoring in the environment for which it is designed.

***Key words**:* robotic probe, biomimetics, UML, ambient measurement

Introducción

Las empresas dedicadas a la acuicultura tienen variables que requieren atención, como es el monitoreo del ambiente para el bienestar de los peces, inspecciones de las instalaciones, así como el monitoreo de la misma producción; estos temas esenciales y demandantes pueden ser atendidos por la robótica, en especial un área de ella que permite imitar el comportamiento de los animales denominada *"robótica biomimética"* [1].

Una de las ramas de la investigación relacionada con los vehículos biomiméticos submarinos consiste en replicar el movimiento de un pez real, diferente a los vehículos basados en hélices. Algunas de las investigaciones recientes están relacionadas con optimizar la propulsión, la

 ISSN 2007-8102

maniobrabilidad y velocidad en diferentes diseños estructurales y estrategias de control de estos movimientos naturales [2].

Es por ello que para imitar el movimiento del pez es usual utilizar mecanismos para ajustar los movimientos a las curvas apropiadas, empleando servomotores para imitar la acción muscular que causa el movimiento de los peces, es entonces que sería posible utilizar un número infinito de servos con la finalidad de imitar el movimiento, sin embargo, los desarrollos tradicionales solo utilizan de 3 a 5 servos. [3]

Incluso existen robots experimentales que contienen nuevos tipos de motores para su propulsión, es el caso del robot Seidengyo en el cual se trabaja para generar un movimiento que sea lo más parecido a el movimiento de nado de un pez [4], sin embargo, estos nuevos diseños tienen problemas con los motores de membrana integrados debido al contacto con el agua, estos motores constan de un par de membranas de plástico delgadas que funcionan como un rotor y un estator, ambas se fabrican utilizando tecnología de circuito impreso por UV, las dos películas se encuentran en fricción directa cuando el motor funciona, debido a esto se suelen colocar pequeñas esferas que evitan la fricción entre capa y capa, sin embargo como ya se ha mencionado al contacto con el agua la fricción y el contacto entre membranas se hace mayor y por ello se tiene una pérdida de fuerza de empuje considerable [5].

La posibilidad de integrar robots que permitan medir las condiciones de ambientes como el acuático puede constituir una herramienta valiosa [6], ya que al imitar el comportamiento de los peces se pueden evitar los problemas de estrés que se provocan mediante el uso de las sondas que común mente son utilizadas en esta labor.

Metodología

Para el desarrollo de este proyecto se utilizará la siguiente la metodología que se muestra en la figura 1.

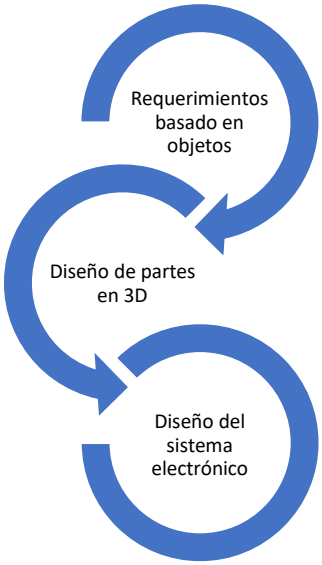


Figura 1. *Metodología para diseño de prototipo robótico mimético.*

La programación orientada a objetos es una técnica adecuada para la representación de conceptos y, por lo tanto, es conveniente para la descripción de modelos de simulación [7], por este motivo en

 ISSN 2007-8102

la primera etapa del modelo se desarrolló un esquema de necesidades basado en la representación de objeto tal cual se realiza al desarrollar software.

Bajo esta etapa se presentaron las necesidades y requerimientos que el diseño robótico biomimético pretenderá cubrir, así como las necesidades de clases de sub programación, para esto se procedió a realizar la tabla 1 que muestra las necesidades que se requieren en una sonda para cubrir un estanque convencional de acuicultura de cinco metros de diámetro de geomembrana con una profundidad de dos metros.

***Tabla 1**. Necesidades a cubrir en el diseño.*

Descripción	Necesidad	Diseño en Poo	Interfaces
Monitoreo de pH en diferentes posiciones.	Monitoreo de condiciones.	Clase monitoreo pH	Monitoreo de estanque sonda pez.
Evitar el estrés por ruido de motores.	Toma de mediciones sin estrés.	Clase movimientos biosintéticos.	
Movimientos naturales para detección de temperatura en cardumen	Acoplar al robot al cardumen mediante radio control para toma de datos.	Clase movimientos biosintéticos.	
Distancia de control de veinte a treinta metros LoRa(Long Range Modulation)	Distancia considerable para cubrir un estanque convencional de acuicultura.	Clase data-trasmit vía LoRa.	
Evasión de las corrientes por bombas de aireación y circulación de agua	El robot debe de mantener la verticalidad ante corrientes.	Clase para mantener la vertical.	
Duración de monitoreo de cuarenta a cuarenta y cinco minutos.	Monitoreo de batería envió de datos a través de LoRa.	Clase monitor batería.	
Almacenamiento por semana de información.	Almacenamiento de datos enviados en el sistema.	Clase almacenamiento de datos.	
Envío y almacenamiento de datos seguros.	Se requiere discreción en la trasmisión de información.	Cifrado de datos.	Cifrado de datos.

Como se puede observar en la tabla 1, independiente al control de la sonda robot existen ciertos parámetros especiales a considerar, los cuales son los siguientes: distancia a cubrir en la que la sonda puede ser controlada, mantener la vertical ante corrientes, monitoreo de batería, envío y almacenamiento de datos seguros.

Obtenida la tabulación de requerimientos, se procedió a diseñar en un modelo UML las clases e interfaces identificadas y que permitirán el desarrollo de la fase de diseño de modelado en 3d en base a los requerimientos, para este fin se utilizó un proyecto de modelado de la plataforma Visual Studio 2015 el resultado del modelado se muestra en la figura 2.

 ISSN 2007-8102

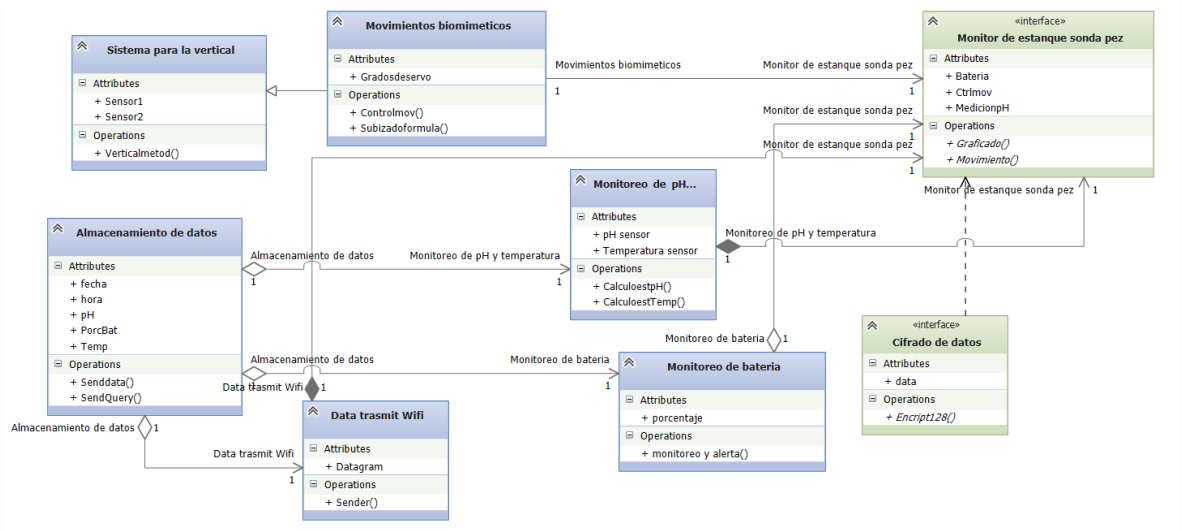


***Figura 2**. Modelado UML Visual Studio 2015.*

El diagrama demuestra las clases que intervendrán en el desarrollo de la sonda, así como las interfaces que tienen que contemplarse en el desarrollo, la transcripción de los requerimientos permitieron la formulación de diagramas UML (Lenguaje de modelado universal) para la retroalimentación y diseño de robot es una forma práctica y fácil de comprender por un diseñador [8] o grupo de diseñadores.

Según los criterios, la natación de peces generalmente se divide en locomoción BCF (por sus siglas en inglés de body and/or caudal fin) la cual utiliza ondulaciones del cuerpo que crean ondas que se dirigen hacia la aleta caudal, y ésta a su vez también puede ondularse propulsando así al pez, la locomoción MPF (por sus siglas en inglés de median and paired fin) se da gracias a la oscilación de aletas (pectorales, pélvicas, anales y dorsales) para empujar al pez a través de la columna de agua [6]. Una ventaja de la locomoción BCF radica en que permite una mayor aceleración.

Debido a esta consideración el diseño en 3d se basó en una locomoción BCF, sobre la cual se diseñó a escala un pez Trucha, el motivo de selección de este tipo de pez radica en que los estanques donde se realizará la prueba tienen una población de este tipo de pez, la importancia de la aceptación de los demás especímenes de pez trucha para la sonda radica en evitar el estrés de los mismos, cuando la sonda este cerca de ellos para llevar acabo mediciones.

De igual forma el modelado tomó las características medias de los especímenes adultos de cuerpo esbelto, de unos 30 - 40 centímetros de longitud, que puede alcanzar los 60-80 centímetros y un peso de unos 10 a 15 kilos [9]. El modelo se construyó basado en una fotografía 2d de un espécimen de estanque que posterior mente se modelo en 3d. El resultado del modelado se muestra en la figura 3.

 ISSN 2007-8102

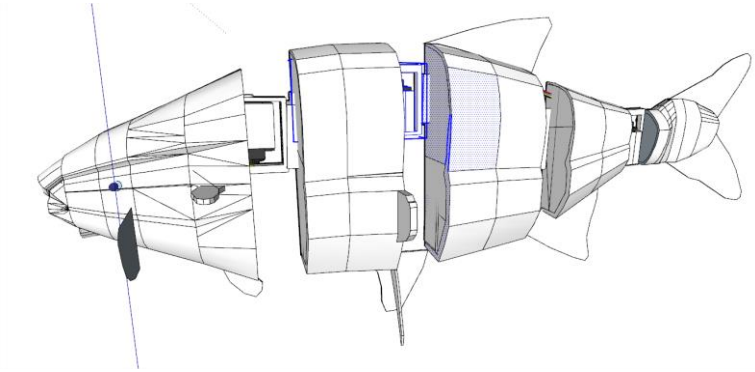


Figura 3. *Modelado 3d en software SketchUp 2019 de sonda robótica.*

Siguiendo el diagrama prediseñado UML, se procedió a generar los sistemas internos tanto de locomoción, monitoreo, control de vertical y de radio comunicación obteniendo un sistema de cuatro eslabones, controlados por servomotores modelo SunFounder de 20 kg modificados para un bajo ruido, básicamente la modificación se realizó en las partes huecas de los motores las cuales fueron rellenadas con aceite mineral y una espuma de poliuretano que sirve de aislante, el aceite mineral no estropea los engranes ni circuitos por ser un líquido no conductor. La modificación a los motores se observa en la figura 4. El sistema resultante se puede observar en la figura 5.

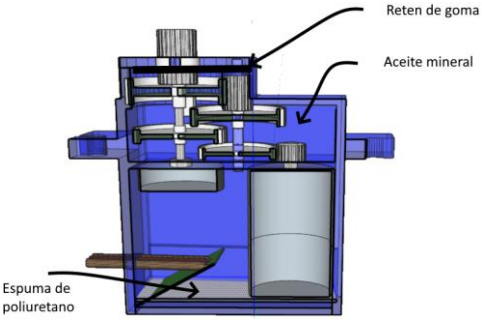


Figura 4. *Modificación a servo motores para evitar el ruido.*

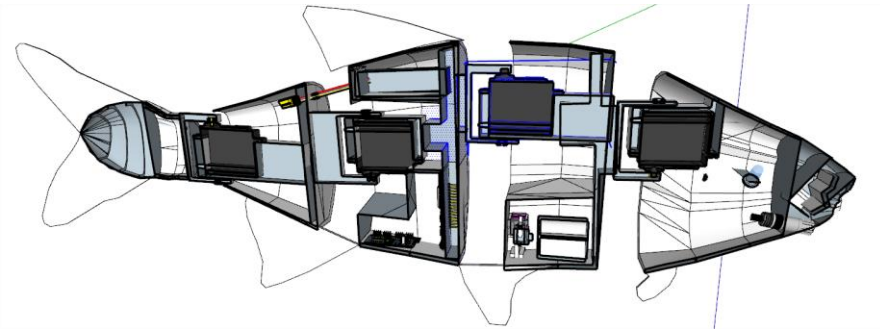


Figura 5. *Sistema de eslabones diseño de sonda 3d*.

Los niveles de ruido causados por cada servomotor fueron medidos en una sala de grabación aislado de ruidos externos, el sonómetro utilizado puede medir escalas de entre 3dB a los 130 dB, la prueba se realizó antes de la modificación mediante el uso de una rutina de nado para cada eslabón obteniendo un resultado de 35 db, esto en promedio para cada motor después de veinte mediciones, y después de la modificación con solo 5dB, esto en promedio para cada servomotor después de veinte mediciones. Lamentablemente no se cuenta con hidrófono para la medición bajo el agua, por lo que no se ha podido llevar acabo la prueba de ruido en condiciones de estanque.

 ISSN 2007-8102

En cuanto al diseño eléctrico de la sonda se generó un diagrama de bloques especial para el diseño este diagrama permite al desarrollador seguir la lógica de conexiones entre los diversos módulos internos de la sonda, de igual forma permite su replicabilidad para la producción y su mejora en posteriores versiones de la sonda. La figura 6 muestra el diagrama diseñado.

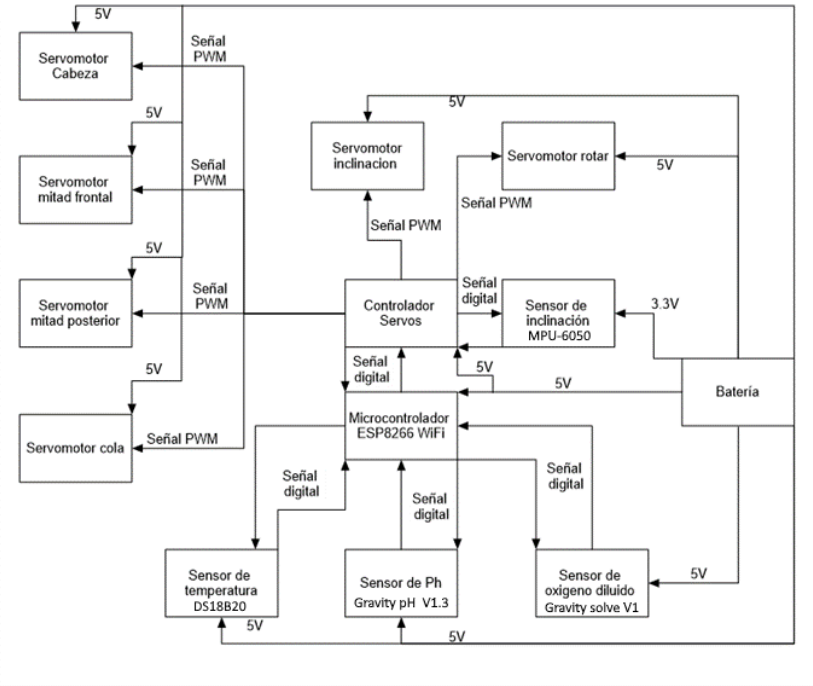


Figura 6. *Diseño de bloques sistema eléctrico.*

Los sensores utilizados son los siguientes:

- Sensor de pH Gravity con una precisión de ± 0.1 pH en un rango de 0 a 14 unidades de pH, precisión: ± 0.1pH (25 ℃), tiempo de respuesta: ≤ 1min.
- Sensor de temperatura DS18B20, tipo sonda, presicion de 9 o 12 bits programable, rango de medición de -55 a 125 °C exactitud ± 0.5 °C.
- Sensor de oxígeno diluido rango de presión: 0 ~ 50PSI, tipo sonda, rango de detección: 0 ~ 20 mg / L. Los sensores se pueden observar en la figura 7.

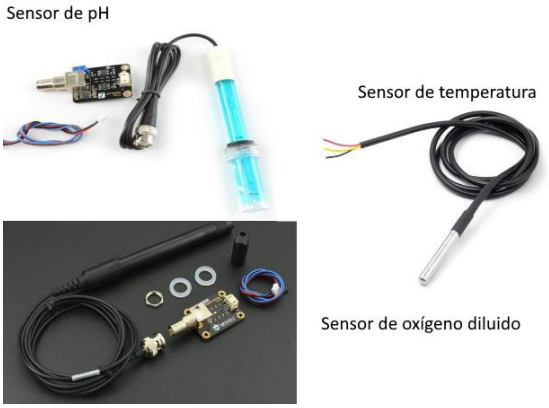


Figura 7. *Sensores utilizados.*

 ISSN 2007-8102

Sobre el diseño de control, como ya se ha mencionado por la ventaja de aceleración se ocupa una locomoción BCF, claramente delimitada por los eslabones en el diseño de la sonda, sobre los cuales se desarrollaron ecuaciones para el movimiento de los eslabones [10] esto se puede observar en la figura 8. Donde a(x) es el resultado de C_1 que expresa la amplitud de onda lineal sobre el pez y C_2 que representa una onda cuadrática envolvente, x representa la frecuencia de onda corporal que equivale a $2\pi/t$, h(x,t) será el resultado de la propulsión obtenida, donde k es el número de onda, kx es el resultado del número de ondas multiplicada por la frecuencia corporal y m es la frecuencia de onda y nado, mt la frecuencia de onda y nado por el tiempo t.

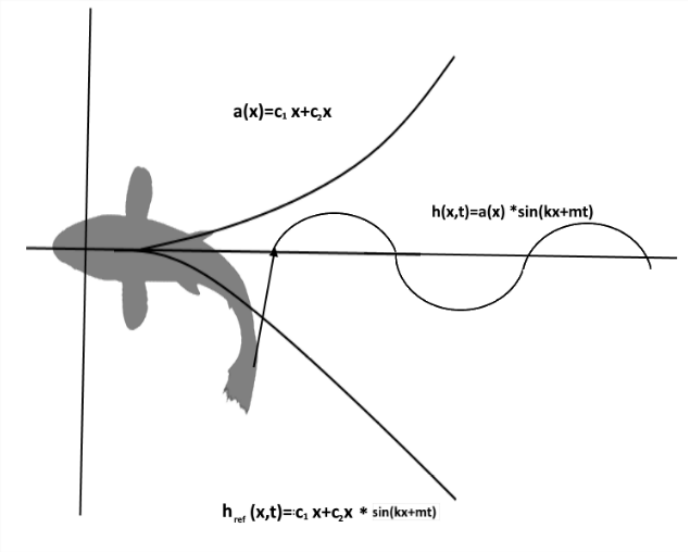


Figura 8*. Ecuaciones de desplazamiento.*

Resultados y discusión

Diseño mecánico del pez robot

El diseño mecánico fue realizado en SketchUp y consiste en cinco piezas, las cuales se descomponen en la parte de la cabeza, dos componentes para el dorso, una pieza de conexión a la cola y la cola.

Cabeza

La parte de la cabeza está diseñada para contar en sus laterales con dos aletas rígidas a los costados de la misma, y una en la parte inferior, estas son utilizadas para la estabilización vertical y horizontal, además dos aletas flexibles.
Este componente está diseñado para contener en su interior un sensor de pH, un sensor de oxígeno disuelto y un sensor de temperatura. El diseño se puede observar en la figura 9.

 ISSN 2007-8102

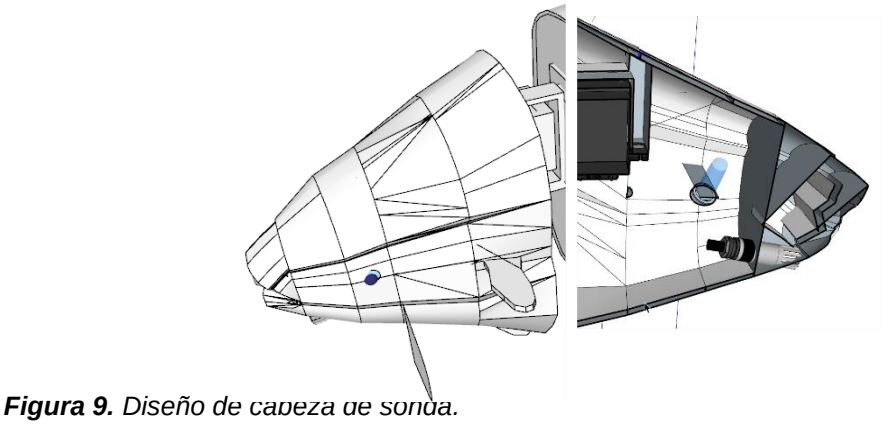


Figura 9. *Diseño de cabeza de sonda.*

Dorso

El dorso consta de dos partes sobre las cuales se encuentran los sistemas de control un microcontrolador ARMCortex, los sistemas de comunicación y destacando el sistema de control vertical el cual fue diseñado para evitar las corrientes del estanque, el diseño del dorso se muestra en la figura 10.

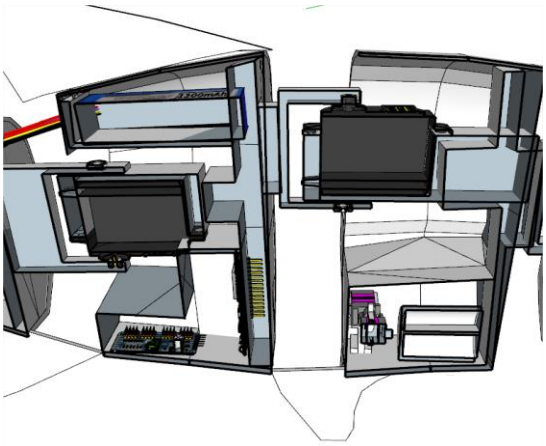


Figura 10. *Diseño de dorso de sonda.*

Para el control de estabilidad vertical se elaboró un cilindro el cual cuenta en su interior con una división sellada, la mitad de ella fue llenada de un aceite liviano de palma con densidad de 0.891 g/cm³, y la otra solo de aire con una densidad de 0.0012 g/cm³, con lo que se tiene el siguiente sistema mostrado en la figura 11 y que permite que la cara del cilindro llena de aire flote hacia arriba no importando que el cilindro este de cabeza, la física del aceite y el aire sobre el agua que tiene una densidad de 1 g/cm³ donde la sonda nadará proporciona este efecto. Para controlar la inmersión de la sonda este mecanismo fue dotado de dos servomotores que permiten su control en vertical y horizontal, esto permite compensar el desvió por corrientes. Algunos intentos desarrollados de pez robot utilizaban solo la espuma de poliuretano para mantener una flotación a una profundidad fija[11] tal es el caso del desarrollado por el instituto de ciencia marina de Japón, sin embargo este sistema no permite un movimiento dinámico ya que su objetivo era solamente mantener una flotación fija.

 ISSN 2007-8102

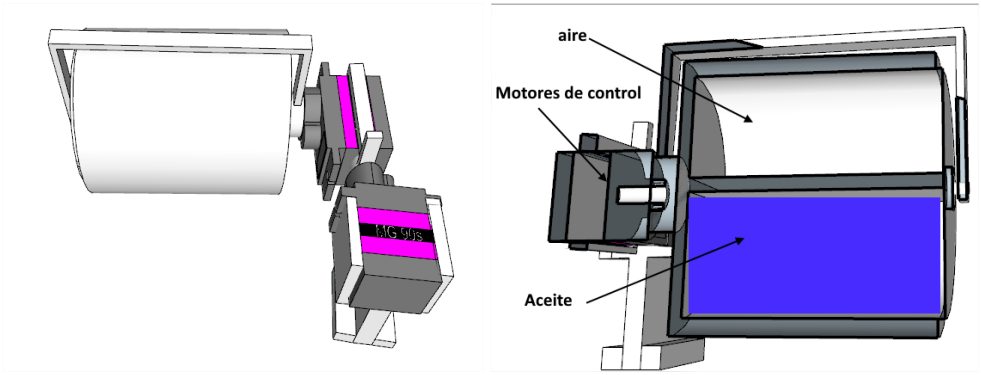


Figura 11. *Diseño de control de vertical.*

Sin embargo este sistema modifica las ecuaciones de desplazamiento por lo que se hizo una corrección de 1/4 del valor real de las ecuaciones, este valor es obtenido de los valores de nado de diversas especies de peces que cuenta con este sistema de aceite como lo es el bagre o los tiburones [12]. Por lo que el nuevo sistema de ecuaciones sería el mostrado en la figura 12.

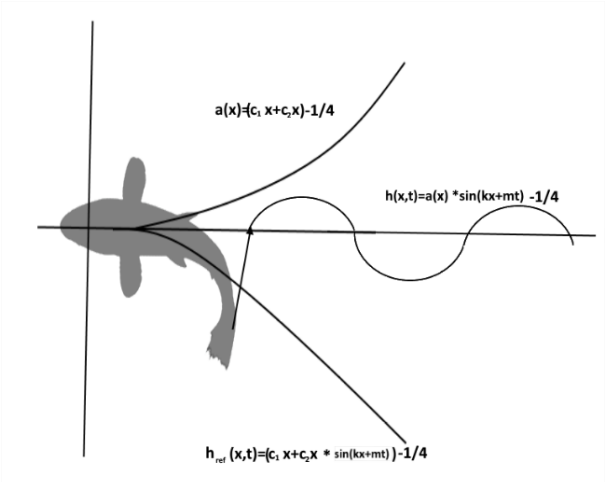


Figura 12*. Ecuaciones de desplazamiento modificadas con la constante para el sistema de control vertical.*

Conexión a cola y cola

El último segmento del diseño cuenta con poca electrónica, sin embargo es el que proporcionará la naturalidad de los movimientos, con una función seno rigiendo el movimiento se requiere de suavizar los ángulos proporcionados por el control del servo motor, por lo que se implementó un filtro Kalman [13] basado en el siguiente diagrama de la figura 13.

 ISSN 2007-8102

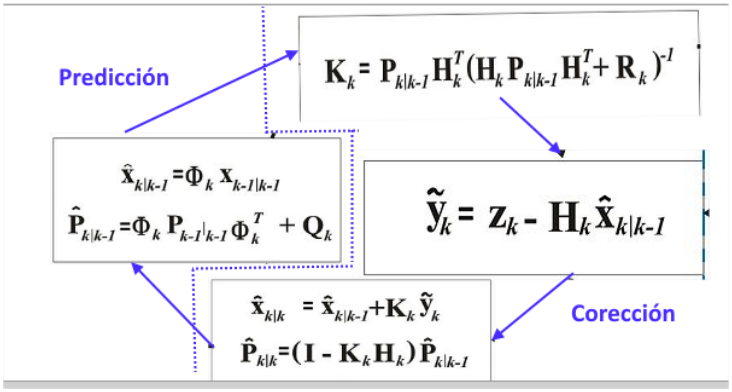


Figura 13. *Esquema de bloques para filtro Kalman suavizado de movimientos.*

Se realizaron comparaciones de los ángulos de los servomotores que componen los eslabones mediante la ejecución de la programación de movimientos, al realizar una estructura desarrollada de enlaces de los servos con un varillaje de aluminio, lo cual permitió simular los eslabones que compondrían al robot, como se observa en la figura 14, al realizar las mediciones se observaron que los ángulos sin filtro de Kalman son mas propensos a ser rectos, los ángulos requeridos para un movimiento eficaz en desplazamiento y con movimientos más naturales requieren de ángulos convexos obtenidos mediante la aplicación del filtro, esto se puede ver en la tabla 2.

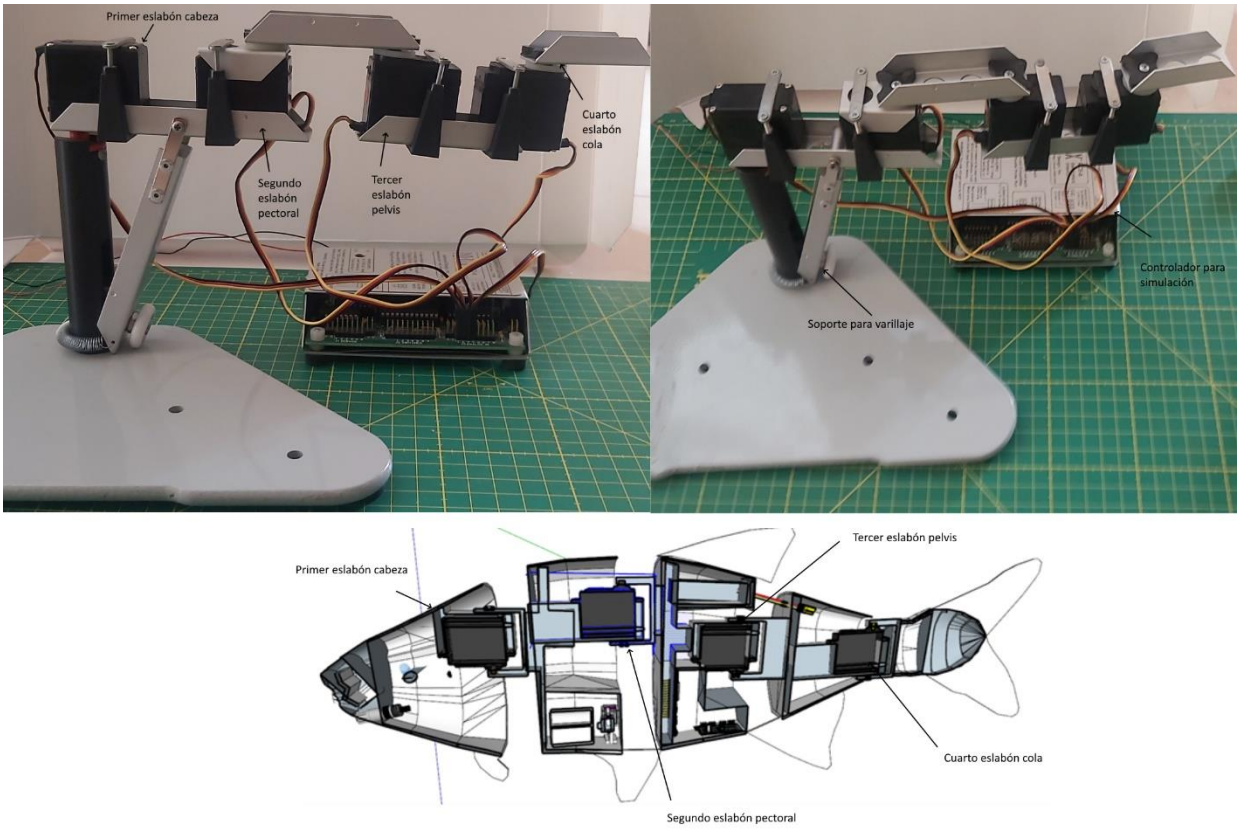


Figura 14. *Varillaje de aluminio para simulación de eslabones.*

Tabla 2. *Comparación entre ángulos sin aplicación de filtro y con aplicación de filtro.*

 ISSN 2007-8102

Eslabón	*Sin filtro 1era. toma*	*Con Filtro 1era. toma*	*Sin filtro 2da toma*	*Con Filtro 2da toma*	*Sin filtro 3ra toma*	*Con Filtro 3rs toma*	*Sin filtro 4ta toma*	*Con Filtro 4ta toma*
1er.	*96°*	*89°*	*97°*	*91°*	*93°*	*87°*	*38°*	*25°*
2do.	*98°*	*91°*	*32°*	*25°*	*83°*	*69°*	*38°*	*25°*
3er.	*95°*	*89°*	*62°*	*47°*	*95°*	*88°*	*42°*	*27°*
4to.	*49°*	*36°*	*36°*	*30°*	*45°*	*38°*	*25°*	*15°*

Se muestra los ángulos en grados con la rutina de movimiento inicial de un pez.

La naturalidad de movimientos fue comparada mediante un método que consta de tomar un video con los movimientos de un pez Trucha desde la parte superior y obteniendo sus ángulos al nadar en un estanque, como se puede observar en la figura 15.

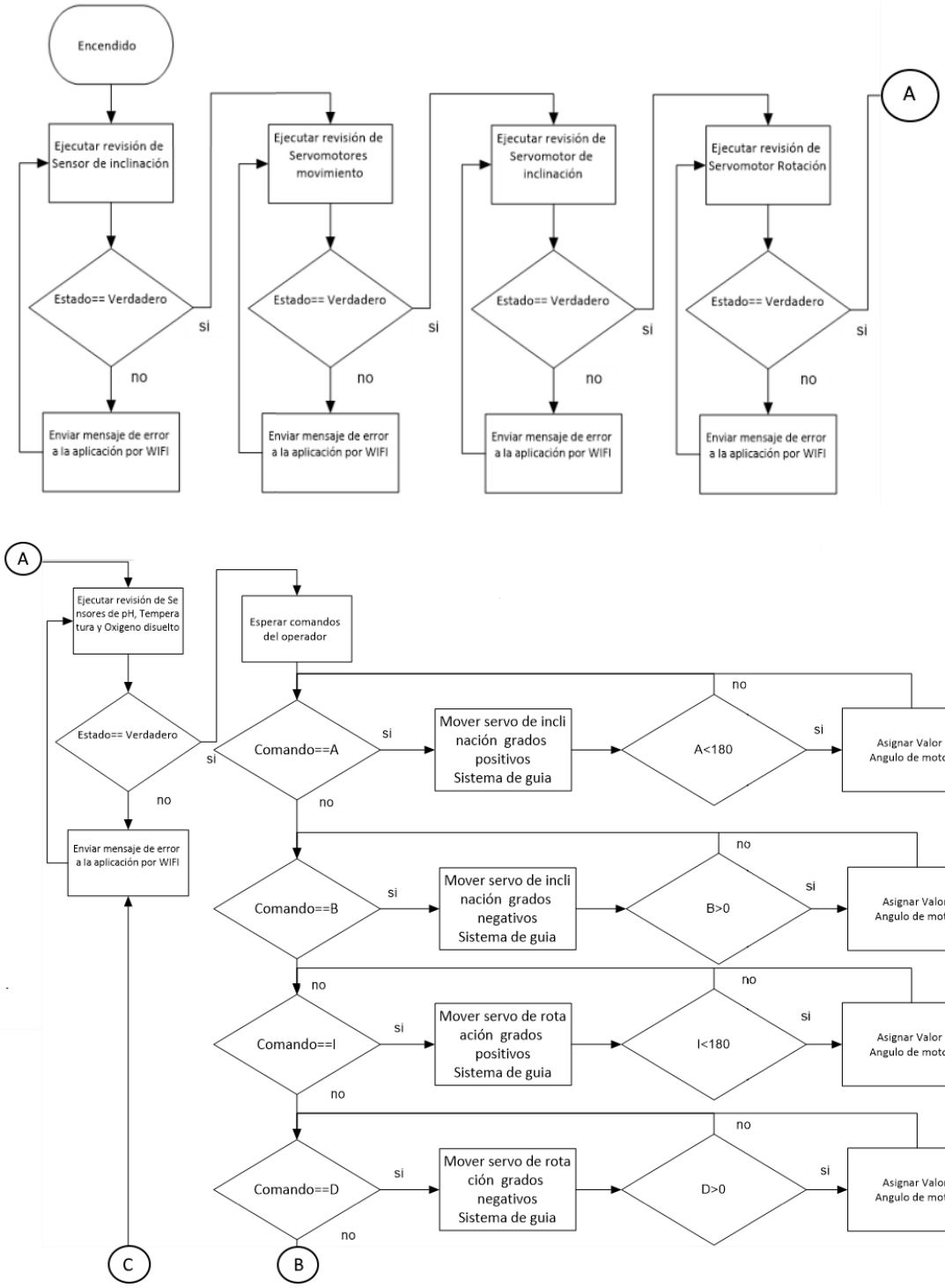


***Figura 15**. Toma de ángulos pez Trucha.*

De esta manera se comprobaron que los ángulos obtenidos son similares a los realizados al nadar por un pez Trucha real.

Por último, se desarrolló el diagrama lógico del firmware de funcionamiento de la sonda basado en los requerimientos UML previamente detectados. La figura 16 muestra el diagrama de bloques del firmware de la sonda.

 ISSN 2007-8102



 ISSN 2007-8102

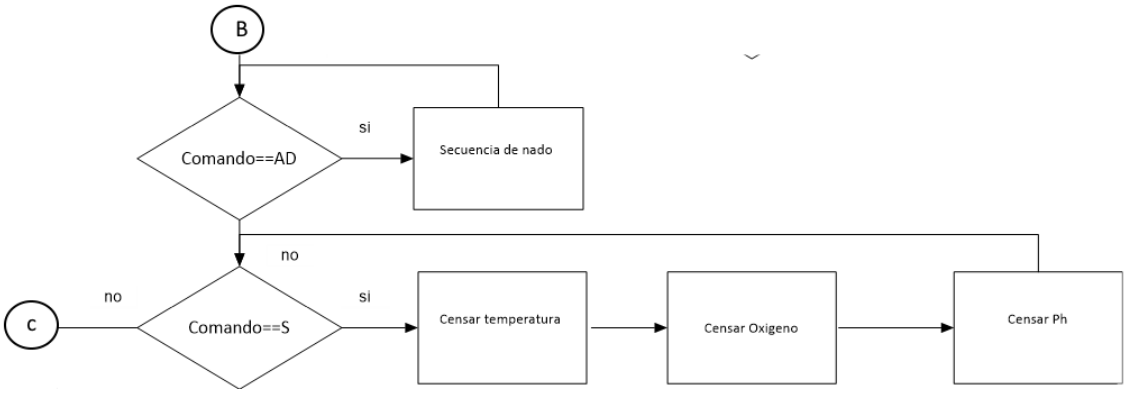


Figura 16. *Diagrama de flujo firmware de control para sonda.*

Este último desarrollo permite concluir el diseño de la sonda, basado en términos de software y matemática de control para los movimientos biomiméticos que tendrá que llevar acabo, así como las mediciones ambientales del estanque. Los servomotores son controlados por el firmware mencionado en el esquema anterior, que determina la secuencia de nado adecuada, mientras que la guía del pez robot queda a cargo de un usuario que utilizará un radio control LoRa (“Long Range Modulation”).

Trabajo a futuro

Se plantea la construcción del prototipo para llevar acabo las pruebas, la construcción se realizará mediante impresora 3D, en particular se pretende imprimir el cilindro de control vertical para poder observar si la constante de 1/4 es adecuada para la ecuación de movimiento y desplazamiento, debido a que este sistema afecta la ecuación de desplazamiento y por ende el filtro de Kalman.

En cuanto a las mediciones ambientales se realizarán pruebas en forma convencional de los sistemas y sensores para posteriormente poder aplicarlos al interior de la cabeza de la sonda.

Por último, el dotar a la sonda de un aspecto más natural mediante látex o materiales que simulen las escamas y la piel real de un pez sigue bajo análisis, debido a que este tipo de materias puede causar que el pH del estanque alrededor de la sonda varíe considerablemente.

Conclusiones

Mediante un método de desarrollo basado en una herramienta de programación UML es posible el desarrollo de robótica biomimética, la construcción de elementos que permitan el monitoreo en acuicultura y en otros entornos donde se requiere el no alterar a los elementos que lo conforman, es posible con las herramientas de diseño de hoy en día.

El diseño de la presente sonda cumple con los requerimientos tanto de funcionalidad como de control, comprobado esto mediante ecuaciones matemáticas por lo que se puede inferir que su construcción obtendrá los resultados deseados para su uso en ambientes de producción de estanque de trucha.

Referencias

[1] E. Rocha Rangel, J. A. Rodriguez García, E. Martínez Peña, and J. Lopez Hernández, “Biomimética : innovación sustentable inspirada por la naturaleza Biomimetic : sustainable innovation inspired by nature,” *Investig. Cienc.*, vol. 20, pp. 56–61, 2012.

[2] M. Duraisamy, Palmani; Kumar Sidharthan, Rakes; Nagarajan Santhanakrishnan, “Design, Modeling, and Control of Biomimetic Fish Robot: A Review,” *J. Bionic Eng.*, pp. 967–993, 2019.

[3] S. Shriyam, A. Agrawal, L. Behera, and A. Saxena, *Robotic fish design and control based on biomechanics*, vol. 3, no. PART 1. IFAC, 2014.

[4] Z. G. Zhang, N. Yamashita, A. Yamamoto, and T. Higuchi, “Development of a robotic fish using electrostatic film motors: The Seidengyo II robot,” *Adv. Robot.*, vol. 21, no. 15, pp. 1787–1803, 2007, doi: 10.1163/156855307782506174.

[5] T. Higuchi, “Next generation actuators leading breakthroughs,” *J. Mech. Sci. Technol.*, vol. 24, no. 1, pp. 13–18, 2010, doi: 10.1007/s12206-009-1153-2.

[6] K. H. Low, C. Zhou, and Y. Zhong, “Gait planning for steady swimming control of biomimetic fish robots,” *Adv. Robot.*, vol. 23, no. 7–8, pp. 805–829, 2009, doi: 10.1163/156855309X443124.

[7] E. Kindler and I. Krivy, “Object-oriented simulation of systems with sophisticated control,” *Int. J. Gen. Syst.*, vol. 40, no. 3, pp. 313–343, 2011, doi: 10.1080/03081079.2010.539975.

[8] D. Iannuzzi, A. Grant, H. Corriveau, P. Boissy, and F. Michaud, “Specification of an integrated information architecture for a mobile teleoperated robot for home telecare,” *Informatics Heal. Soc. Care*, vol. 41, no. 4, pp. 350–361, 2016, doi: 10.3109/17538157.2015.1033527.

[9] J. E. Zapata, M. Moya, and O. A. Figueroa, “Hidrólisis Enzimática de la Proteína de Vísceras de Trucha Arco Íris (Oncorhynchus mykiss): Efecto del tipo de Enzima, Temperatura, pH y Velocidad de Agitación,” *Inf. tecnológica*, vol. 30, no. 6, pp. 63–72, 2019, doi: 10.4067/s0718-07642019000600063.

[10] J. yu, L. Liu, and M. Tan, “Three-dimensional dynamic modelling of robotic fish: Simulations and experiments,” *Trans. Inst. Meas. Control*, vol. 30, no. 3–4, pp. 239–258, 2008, doi: 10.1177/0142331208090045.

[11] K. Hirata, T. Takimoto, and K. Tamura, “Study on Turning Performance of a Fish Robot,” *First Int. Symp. Aqua Bio-Mechanisms*, pp. 287–292, 2000.

[12] Y. Zhong, Z. Li, and R. Du, “Robot fish with two-DOF pectoral fins and a wire-driven caudal fin,” *Adv. Robot.*, vol. 32, no. 1, pp. 25–36, 2018, doi: 10.1080/01691864.2017.1392344.

[13] D. Romano, G. Benelli, J. S. Hwang, and C. Stefanini, “Fighting fish love robots: mate discrimination in males of a highly territorial fish by using female-mimicking robotic cues,” *Hydrobiologia*, vol. 833, no. 1, pp. 185–196, 2019, doi: 10.1007/s10750-019-3899-6.

 ISSN 2007-8102

Reconocimiento de gestos de una mano para la interacción en tiempo real con un modelo tridimensional.

E. A. Cuellar Cortés 1, A. Hernández Cruz 2.
[1]Tecnológico Nacional de México – Instituto Tecnológico de Orizaba, Oriente 9 No. 852, Orizaba Veracruz.
[2]Universidad Tecnológica del Centro de Veracruz, Avenida Universidad 350, Cuitláhuac, Veracruz.
acuellarc@orizaba.tecnm.mx, alan.he.cruz@gmail.com
Área de participación: Ingeniería Mecánica y Mecatrónica

Resumen

Este articulo presenta un algoritmo y su metodología para el reconocimiento de gestos. En este caso particular gesto a identificar será el número de dedos que se encuentran levantados en una mano, es decir seis gestos, mano cerrada y cinco dedos levantados, todo esto utilizando técnicas de visión computacional, para posteriormente lograr una interaccion en tiempo real con un modelo tridimensional de una mano que copiara dichos gestos.

Palabras clave: *Python, OpenCV, Unity.*

Abstract

This article presents an algorithm and methodology for gesture recognition. In this particular case, the gesture to be identified will be the number of fingers that are raised in a hand, (six gestures), closed hand and five fingers raised, all this using computer vision techniques, and get a real-time interaction with a three-dimensional model of a hand that will copy these gestures

Key words: *Python, OpenCV, Unity.*

Introducción

Como producto y conclusión de mi residencia profesional se generó este este artículo científico que muestra la metodología de un algoritmo capaz de identificar una mano, las articulaciones, y el movimiento de las mismas mediante el visón computacional, una vez logrado el reconocimiento se reflejaran los movimientos en un ambiente virtual, para su posterior interacción. Este algoritmo fue desarrollado en conjunto de varios lenguajes de programación, como lo son Python y su librería OpenCV, C# y herramientas de modelado 3D como lo es Blender y Unity 3D. También se incluye él envió de datos entre los diferentes programas para realizar la interacción virtual. El programa principal fue codificado en Python, un lenguaje multiplataforma, de código organizado, de fácil lectura, estilo elegante, multiparadigma y una de sus grandes ventajas es que permite automatizar procesos, trabajar grandes volúmenes de datos y sus aplicaciones son muy variadas, gracias a la gran diversidad de librerías y frameworks que se encuentran para su libre uso. Una de estas librerías es OpenCV, es una librería de código abierto para visión por computadora, (Open Source Computer Vision), la cual cuenta a la fecha con mas de 500 algoritmos relacionados con el procesamiento de imágenes y visión computacional, es una las librerías con mas soporte y con constantes actualizaciones en los algoritmos. Otro lenguaje utilizado es C # (Sharp) es un lenguaje compatible con Unity para poder realizar la comunicación entre el mundo real y el mundo virtual, esté fue desarrollado por Microsoft y forma parte de su plataforma de lenguajes .NET. Es una mejora a los lenguajes C y C++. En la parte de modelado 3D, el primer software es Blender, un programa multiplataforma dedicado renderizado, animación, gráficos y al modelado tridimensional, una de las grandes ventajas es que al igual que Python es multiplataforma. Por último, tenemos Unity 3D, principalmente es un motor de videojuegos capaz de soportar varias plataformas, trabaja muy de la mano con Blender, y es capaz de crear interacciones en mundos virtuales, mapeados, iluminaciones, texturas, etc., todo lo relacionado con ambientes virtuales tridimensionales.

 ISSN 2007-8102

Metodología

Equipo utilizado

Para el desarrollo del proyecto se utilizó una computadora tipo laptop de la marca HP, modelo PAVILION con sistema operativo Windows 10 de 64 Bits, dicho dispositivo contaba con procesador AMD A9-9410 Radeon R5, 5 Compute Cores 2C+3G a 2.90 GHz, 12 GB de memoria RAM DDR3, 1 TB de disco duro mecánico.

Software utilizado

Como ya se mencionó previamente, Python/ OpenCV es donde se programó la adquisición de la imagen, la etapa de pre procesamiento y la extracción de las características de la mano, además de enviar mediante UDP a Unity la información de la posición de los dedos, para que Unity realizara la animación en tiempo real del movimiento y Blender se utilizó en la exportación del modelado 3D de la mano.

Algoritmo

El algoritmo siguió la metodología mostrada en la figura 1.

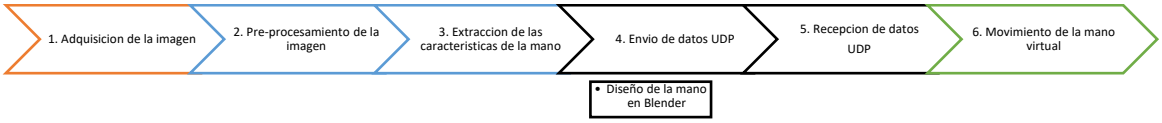


Figura 1. Diagrama a bloques de la metodología empleada.

El primer bloque nos muestra la adquisición de la imagen la cual se realizó mediante la librería OpenCV, con la instrucción VideoCapture(X), esto inicializa la cámara X de nuestra computadora, siendo X un numero entero que puede variar dependiendo del número de cámaras conectadas, en el caso de laptop el valor que normalmente se utiliza es 0 ya que se utiliza la cámara integrada en la pantalla, sin embargo como en este caso se conectó una cámara externa mediante USB se utilizó el número uno. La característica de la cámara externa de marca genérica, tenia una calidad de 1.3 megapíxeles con una resolución de 1280x1024.[9][15]

El segundo bloque expresado como pre procesamiento nos incluye varias etapas, los cuales describiré a continuación. Después de inicializar la cámara, se toma un frame, es decir una imagen, con la cual se llevará acabo todo el algoritmo, esto se repetirá infinitamente mientras el programa este ejecutándose. Posteriormente espejeamos o invertimos la imagen (flip) para facilitar la representación tridimensional, se genera un área de interés (ROI) indicándola en el video con un recuadro verde. En esa área de interés mostraremos la mano, buscando una visualización ideal, con un fondo obscuro. Una etapa mas en el pre procesamiento es la conversión entre espacios de color de RGB a HSV. Favoreciendo la identificación de color, en este caso, el color o tono de mi piel, estos valores pueden ser modificados dependiendo del usuario del programa, necesitando un rango bajo y un rango alto de tonalidad. Lo anterior sirve para segmentar la imagen, quitar el fondo y seleccionar únicamente la mano, mediante la función de inRange, la cual comprueba si los elementos de la matriz se encuentran entre los elementos de otras dos matrices (matriz de tono de piel bajo y matriz de tono de piel alto). Es así como aislamos o segmentamos la mano del resto de la imagen, además de obtener una imagen binaria (tomando los valores de umbral como rango bajo y rango alto de tono de piel, en HSV). Posteriormente se aplica una transformación morfológica de dilatación y un filtro de suavizado Gaussiano, obteniendo como resultado una imagen binaria de fondo negro y una mano de color blanco que gracias a los filtros se debe distinguir perfectamente. [6][1][5*

El tercer bloque es la extracción de características de la mano, esto se hace mediante la jerarquía de contornos, la definición de contornos es una curva que se une con puntos continuos, que tienen un límite de largo y una misma intensidad, los contornos son la herramienta ideal para el reconocimiento de objetos, detección y análisis de formas, como en este caso la mano. Como se menciono para un mejor funcionamiento deben utilizar imágenes binarias (intensidad) que proviene

 ISSN 2007-8102

del pre procesamiento. La función findContours necesita tres argumentos el primero es la imagen el segundo el modo de recuperación del contorno y el tercero el método de aproximación del contorno, generando una lista de la jerarquía encontrada en la imagen. Para el tercer parámetro se utilizó CHAIN_APPROX_SIMPLE el cual elimina todos los puntos redundantes y comprime el contorno, ahorrando memoria, el segundo parámetro se estableció RETR_TREE este parámetro recupera todos los contornos y crea una lista jerárquica familiar completa. Seguido se busca el área del máximo contorno encontrado en la imagen, que por lógica deberá ser la mano. Por ultimo en esta etapa se implementa convexHull, son dos palabras en inglés unidad convex – convexo y hull – cascara. La definición establece que cualquier región o forma es convexa si la línea que une dos puntos cualesquiera está contenida completamente en esa región. Es decir que una forma sea convexa todos sus ángulos interiores deben ser menores a 180 grados o todos sus vértices deben abrirse hacia el centro. para una forma determinada o un conjunto de puntos, podemos tener muchas curvas / límites convexos. El límite convexo más pequeño o ajustado se conoce como casco convexo. Con esto en mente lo que procede es encontrar los vértices de los dedos es decir la punta del dedo con la base, generando 4 vértices cuando los dedos se encuentren extendidos, o cero cuando se encuentre la mano cerrada. Además, se agregar líneas de código para facilitar visualmente la detección del numero de dedos y marcarlos. [13][4][3]

La siguiente etapa es el envió de información o datos mediante UDP, el cuarto bloque. El UDP es modelo de transmisión simple, y tiene como desventaja que no se puede garantizar la integridad o la fiabilidad de los datos, por lo tanto, es adecuado para la multidifusión o el envío a todos los suscriptores de una red local. El tráfico UDP, a diferencia del TCP, no requiere necesariamente una respuesta y no es necesario establecer una conexión para ser enviado. En Python existe la librería socket, que sirve para conectar dos nodos en una red y poder comunicarse entre sí. Un socket (nodo) escucha en un puerto particular (IP), mientras que otro socket forma una conexión. Por lo tanto, nuestro código en Python será quien envié las instrucciones a Unity indicando con una cadena de caracteres que dedo es el que se encuentra levantado, Unity estará “escuchando” y dependiendo de la cadena, realizará un movimiento. Lo anterior una vez procesado el número de vértices y mediante una comparación simple de if’s anidados se verifica el número de dedos levantados. [7]

Una etapa adicional es el uso de Blender. Se buscó en internet un modelo ya diseñado de una mano humana que fuera sin costo, para esto se recurrió a la biblioteca Free3D, encontrando un modelo tridimensional de una mano con licencia de uso personal. Se importo a Blender el archivo .obj descargado. Este archivo solo es el modelado tridimensional de la mano, pero para que ese modelo pudiera moverse e interactuar en Unity, fue necesario programar las articulaciones, o como las denomina Blender “Armature”, por cada dedo se generaron tres “huesos” o articulaciones, además de la muñeca, ver Figura 2 es decir al menos 15 articulaciones que controlar y programar en Unity. Por lo que se decidió que el control principal estuviera en la base de los dedos, medicamente denominado articulación intermetacarpianas, ya que esta etapa inicial solo nos interesara saber que dedo de la mano se encuentra levanto.[12][10]

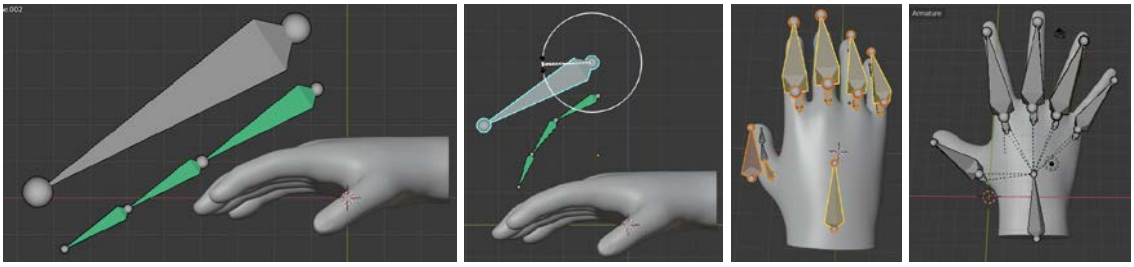


Figura 2. Blender armature: se muestra las tres articulaciones para el dedo índice (derecha) y la base del dedo donde se realizara un giro, para contraer los dedos y cerrar la mano (centro), todas las armature creadas en la mano (derecha).

 ISSN 2007-8102

Con todo lo anterior listo se procedió a generar las animaciones del movimiento de los dedos. En el modo Pose de Blender se grabaron los movimientos de cada una de las articulaciones (antes mencionadas) para el desplazamiento de cada uno de los dedos, ver figura 3. Estas animaciones son los dedos moviéndose de arriba a bajo y la mano cerrada.[11]

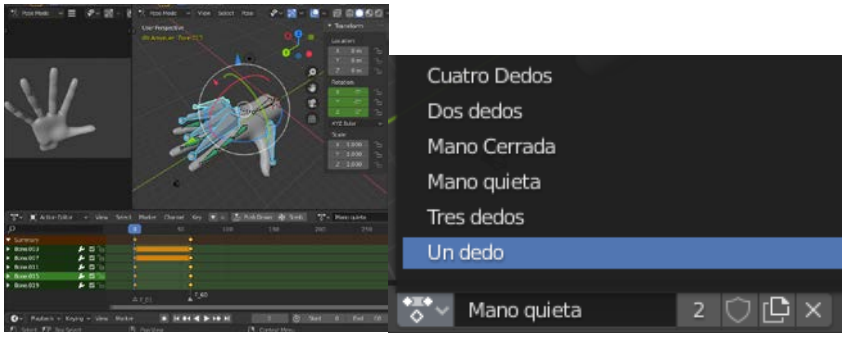


Figura 3. Modo Pose, se observan las grabaciones del desplazamiento de los dedos y a la derecha los nombres asignados a las grabaciones.

Teniendo las animaciones grabadas, procederemos a exportar del software Blender a Unity 3D, el motor de desarrollo acepta diferentes tipos de archivos compatibles para ser utilizados en su entorno, en este caso Blender nos permite exportar el modelo junto con todas las animaciones grabadas en formato “FBX” para que se exporte el modelo 3D y las aminaciones, como también el ambiente (escenarios, enfoque de cámara, etc.).

En la etapa 5 recepción de datos UDP es necesario crear un script en C# dentro de Unity el cual recibirá los datos provenientes de Python, ver figura 4.

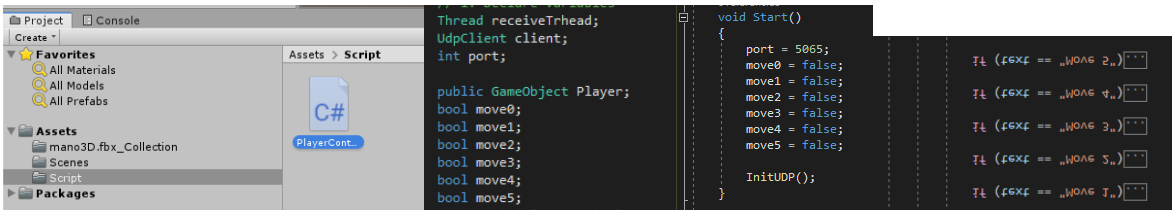


Figura 4. Se muestra el archivo del script de C # dentro de Unity y parte de su programación.

La recepción de los paquetes datos de Python al Script de C# se realiza través del protocolo UDP, y también el envío de los pulsos Trigger del Script de C# a las variables de entrada de tipo Trigger en Unity. Habiendo enviado la cadena de tipo Trigger a Unity 3D se procede a crear variables del mismo tipo en Unity que corresponderán a accionar los movimientos predeterminados, para accionar los movimientos se crean estados, esto corresponde como su nombre lo menciona al estado al cual pasara el modelo 3D cuando se detecte que se recibió el dato correspondiente a dicha acción, para asegurarnos que se cambió de acción al recibir el Trigger correspondiente al movimiento asignado se crean transiciones condicionadas con los datos obtenidos. Todas y cada uno de los estados creados deberán tener un movimiento predeterminado para que el modelo 3D hago dicho movimiento y deben estar conectados entre sí, dicho proceso se muestra en la Figura 5, esto para que no importando el estado en el que este el modelo pueda hacer la transición al estado siguiente y así sucesivamente hasta llegar al estado de reposo que sería tener la mano abierta.[10][16]

 ISSN 2007-8102

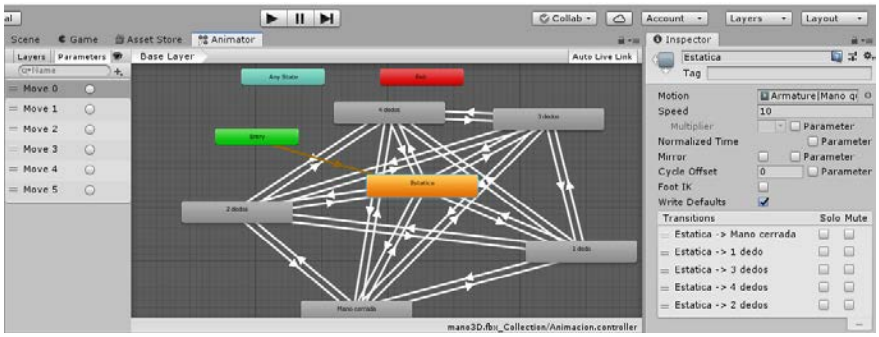


Figura 3. Mapa de transiciones para cambio de estado de modelo 3D.

Resultados y discusión

En la primera etapa de visión computacional se logró satisfactoriamente el reconocimiento de los dedos levantados, como se muestra en la Figura 4. Claramente bajo condicione ideales o ambiente controlado, es decir iluminación y fondo, además de un determinado tono de piel, pero como ya se había dicho esto puede ser modificado según el usuario.

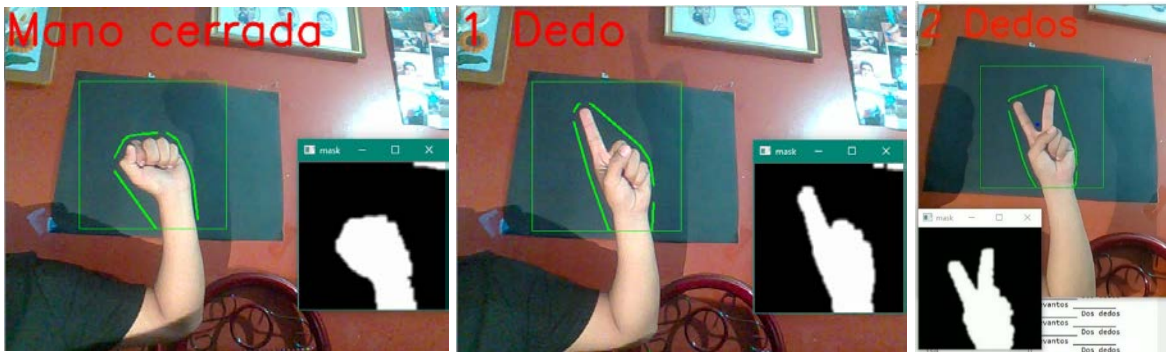


Figura 4. Captura de imagen en tiempo real y filtros aplicados a imagen.

Se logro comunicar de manera satisfactoria Python hacia C# y Unity, esto con la ayuda del protocolo de comunicación UDP y el envío de datos tipo Trigger que son paquetes de datos fiables para enviar por dicho protocolo, cabe mencionar que este enlace se realizó con el fin de mejorar la velocidad en cuanto a la comunicación. El resultado final al ejecutar los dos programas se muestra en la Figura 5, donde se muestra el algoritmo corriendo en tiempo real y Unity 3D, esto para que Python envié que dedo esta levantado y Unity 3D la reciba la cadena, y dependiendo de eso realice las animaciones echas en Blender.

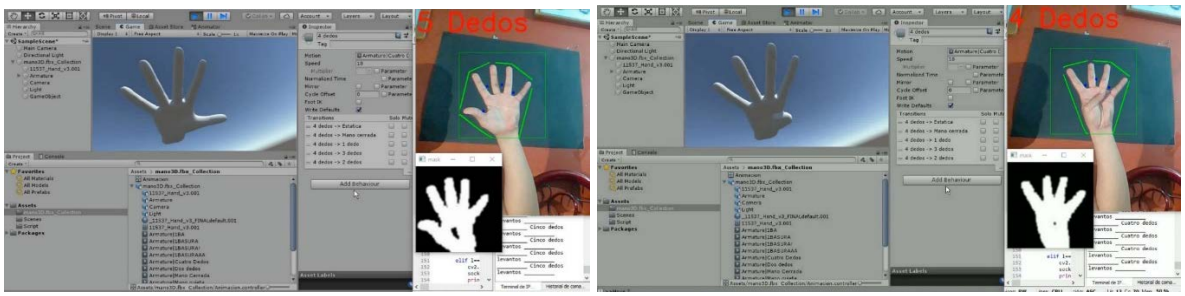


Figura 5. Resultado final del algoritmo funcionando con 5 y 4 dedos levantados.

Trabajo a futuro

El algoritmo empleado en este proyecto cuenta con un amplio potencial de adaptación y mejora, tales como la implementación de movimientos de mano más elaborados para satisfacer otro tipo de necesidades más específicas. La idea inicial es implementar esto en rehabilitación motriz de mano, sin que sea invasivo, solo utilizando unas gafas de realidad virtual. Además de poder ser utilizado en juegos educativos.

Conclusiones

Utilizando la visión computacional para la identificación de la mano se pudo realizar una interconexión con un ambiente virtual y tener interacción sin el uso de sensores de flexión o algún otro elemento invasivo en la mano. El algoritmo cumple el propósito inicial del reconocimiento de la mano y dedos en movimiento.

Referencias

[1] Siddharth S. Rautaray, Anupam Agrawal, “Real Time Hand Gesture Recognition system for dynamic applications”, International Journal of UbiComp, Vol 3, No 1. January 2012

[2] Roy Sirui Yang, Anthony Lau, Yuk Hin Chan, Patrice Delmas, Christof Lutteroth, “Real Time 3D hand tracking for 3d modelling applications”, ResearchGate 2015

[3] Ali A. Abed, Sarah A. Rahman, “Python-based raspberry pi for hand gesture recognition”, International Journal of Computer Applications, September 2017

[4] M. Ali Qureshi, Abdul Aziz, “ Implementation of an efficient algorithm for human hand gesture identification”, IEEE, 2011

[5]Mr. D. K. Ray, P. Johri, M. Soni, A. Gupta. Hand Gesture Recognition using Python. International Journal on Future Revolution in Computer Science & Communication Engineering., Vol. 4, 59 – 62, 2018.

[6] Nayana P. B., S. Kubakaddi. Implantation of Hand Gesture Recognition Technique for HCI Using Open CV. International Journal of Recent Development in Engineering and Technology, Vol. 2, 17 – 21, 2014.

[7] Y. Gu, R. L. Grossman. Optimizing UDP-based Protocol Implementations. National Science Foundation, Vol. 1, 1 – 6, 2005.

[8] Hocine Ouhaddi, Patrick Horain, “ 3d Hand Gesture Tracking my model registration”

[9] Mohd Baqir Khan, Kavya Mishara, “Gesture Recognition using OpenCV”, International conference on communication system and network technologies, 2017.

[10]. A. Okita. Learning C# Programming with Unity 3D. New York: CRC press, 2015.

[11]. I. Ouazzani. Manual de creación de videojuego en Unity3D. Madrid, España: Universidad Carlos III, 2012.

[12]. R. Hess. The Essential Blender: Guide to 3D Creation with the Open Source Suite Blender. San Francisco, CA, USA: No Starch Press, 2007.

[13]. T. B. Patil, A. Jain, Supriya C. Sawant, D. Bhattacharyya and H. Kim. Virtual Interactive Hand Gestures Recognition System in Real Time Environment. International Journal of Database Theory and Application, Vol. 9, pag 39 – 50, 2016.

[14] T. H. Maung. Real-Time Hand Tracking and Gesture Recognition System Using Neural Networks. World Academy of Science, 26, pag. 466 – 470, 2009.

[15] Sajjad Ur Rahman, Zeenat Afroze, “Hand gesture recognition techniques for human computer interactions using OpenCV”, International Journal of Scientific and research publications, Vol. 4, December 2014

[16] Paul Smith, Thomas P. Hartley, Qasim H. Mehdi, “C # interpreter and Unity 3D for educational programming games”, The 18th international conference on computer games, 2013

Sistema de monitoreo remoto para vehículo eléctrico a través de una interfaz STM32 - Xbee

L. A. Pérez Gracida[1], J. P. Rodríguez Jarquin[1], O. O. Sandoval González[1], A. Martínez Sibaja[1], I. Herrera Aguilar[1]*

[1]Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico de Orizaba, Av. Instituto Tecnológico (Oriente 9) No.852, Col. Emiliano Zapata, CP.94300, Orizaba, Veracruz, México.

** jrodriguezj@ito-depi.edu.mx*

Área de participación: *Ingeniería Mecánica y Mecatrónica*

Resumen

El monitoreo remoto de sistemas conlleva un ámbito de gran estudio que permite el avance en las tecnologías inmersas para observar el funcionamiento de procesos de diversas índoles. El presente trabajo presenta el procedimiento para el desarrollo de un sistema de monitoreo de un vehículo eléctrico que facilita la visualización del vehículo bajo diversos parámetros inmersos en su utilización e implementación por el usuario. El crecimiento que se ha presentado en el consumo de vehículos propulsado por energía eléctrica crea la necesidad de monitorear el funcionamiento de éstos, en orden de desarrollar un sistema más seguro y amigable al usuario y consumidor.

Palabras clave: *Monitoreo remoto, instrumentación, vehículo eléctrico.*

Abstract

Remote system monitoring is a field of great study that allows the advancement of immersed technologies to observe the operation of processes of various kinds. The present work determines the procedure for the development of an electric vehicle monitoring system that facilitates the visualization of the vehicle under diverse parameters immersed in its use and implementation by the user. The growth that has occurred in the consumption of vehicles powered by electric energy creates the need to monitor the operation of these, in order to develop a safer and more user and consumer friendly system.

Keywords: *Remote monitoring, instrumentation, electric vehicle*

Introducción

El monitoreo remoto de sistemas de diversas índoles como complemento al control de las variables inmersas, así como el reconocimiento del estado de los componentes que lo conforman, conlleva al incremento de la fiabilidad de los sistemas siendo también un recurso con gran crecimiento en diversas áreas.

La instrumentación de un vehículo eléctrico refiere al objetivo de visualizar los valores eléctricos que se presentan en sus componentes durante su tiempo de uso. Con ello se permite al usuario tener un conocimiento más vasto de la funcionalidad de su vehículo, además de los cuidados pertinentes necesarios que debería de aplicar de acuerdo los valores arrojados en su monitoreo.

 ISSN 2007-8102

El crecimiento en el uso de vehículos eléctricos, híbridos y similares, se ha visto en mayor medida durante la última media década.

La implementación de un sistema de monitoreo e instrumentación en los dispositivos vehiculares de transporte basados en energía eléctrica conllevan la intensificación de la seguridad que éstos proporcionan.

La seguridad proporcionada no solo afecta la integridad de los usuarios directos de dichos vehículos, pues también implica el entorno y ambiente en el cual se encuentra, dicho de otra manera, evita daños colaterales a terceros, además de infraestructura que se vea inmiscuida.

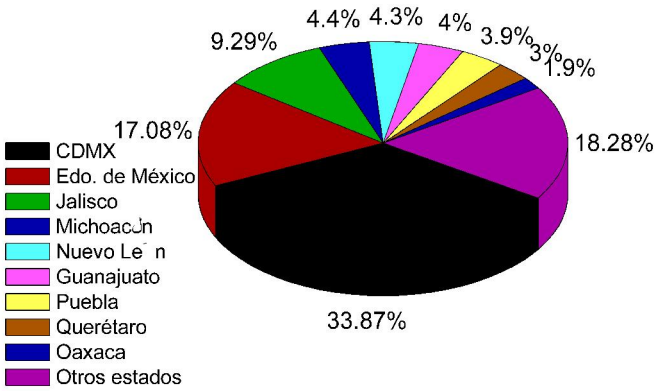


Ilustración 1 Distribución de venta de vehículos eléctricos/híbridos en México, 2019.

De acuerdo a los datos proporcionados por la Asociación Mexicana de la Industria Automotriz [1] y los datos recolectados por el Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, el incremento reflejado de febrero de 2018 a febrero de 2019 fue del 11%.

La expansión en el uso de vehículos eléctricos se vio afectada por las características ventajosas que supone la implementación de un motor eléctrico sobre un motor de combustión interna [2], [3] siendo el mejor aprovechamiento de la energía suministrada uno de ellos. La diversidad de factores involucrados en estas diferencias incluye las pérdidas por fricción, calentamiento, rozamiento.

Los motores eléctricos contemplan un tamaño notoriamente más reducido en comparación con los motores basados en combustión interna. Aunado a verse reducido el tamaño del motor, los alimentados por energía eléctrica poseen una eficiencia energética que puede verse diferenciada desde un 10% hasta un 30% en el momento del arranque, mientras en que funcionamiento se observa un 35% a 45% de aprovechamiento en motores a gasolina y hasta un 85% a 90% en motores eléctricos.

Instrumentación

La motocicleta sobre la cual se trabaja es de la marca Keeway, modelo Ride E1, denominada también como scooter eléctrico, principalmente enfocado para jornadas urbanas de uso.

Las características principales de dicho motor contemplan su funcionamiento, siendo un dispositivo conocido como motor sin escobillas/carbones, o motor conmutado electrónicamente. Sus variables

 ISSN 2007-8102

de funcionamiento eléctrico radican en un voltaje promedio de 60 VCD, teniendo un controlador que ofrece picos de hasta 30 A, lo cual se ve afectado directamente por la exigencia que se solicita al vehículo.

El sistema del motor se activa con una respuesta mínima de 48VCD, por lo cual una alimentación por debajo de dichos niveles representa que el vehículo no tenga respuesta satisfactoria o que sea nula.

La alimentación al motor se lleva a cabo por medio de señales PWM que son dirigidas a las bobinas que lo conforman (3 en este modelo), teniendo un desfase de 120º entre ellas [4].

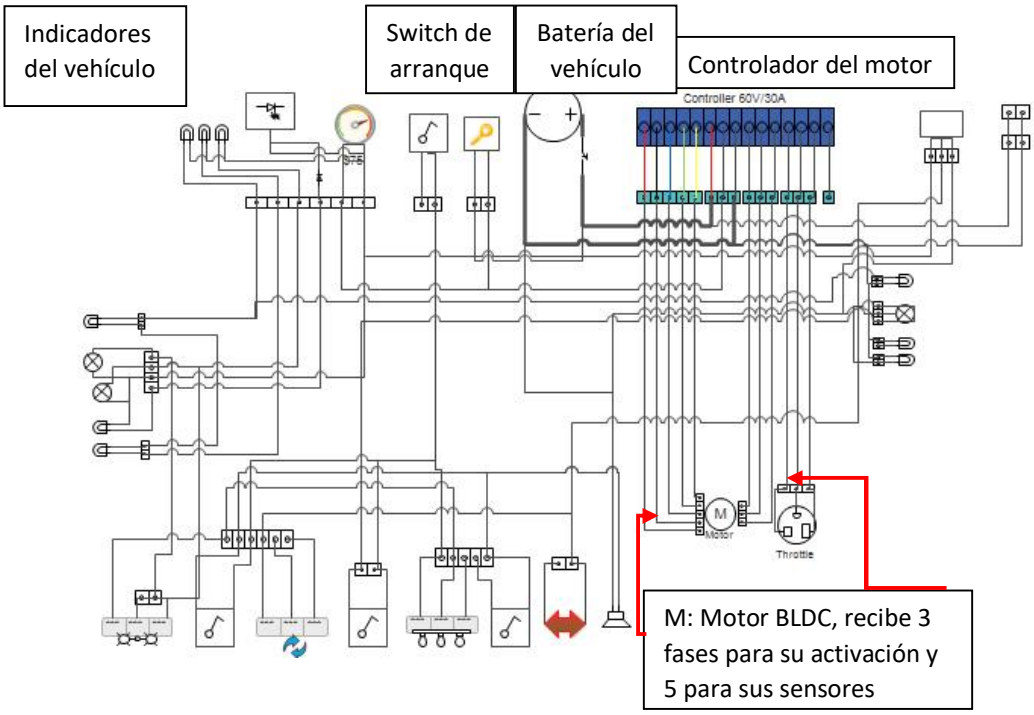


Ilustración 2 Esquema eléctrico de motoneta Ride E1, Keeway.

El monitoreo se enfocó a 4 puntos de interés sobre el sistema, los cuales comprenden las tres fases que alimentan al motor y la alimentación principal, proveniente de la batería.

Para la adquisición de los datos de interés, respectivos a la corriente, se emplearon sensores de corriente con base en efecto Hall, modelo ACS712.

Tabla 1 Características de funcionamiento de sensores ACS712.[5]

Modelo	Intensidad máxima	Sensibilidad	Tensión salida	Resolución
ACS712ELECTR-05B	+/- 5 A	185 mV/A	1.575V a 3.425V	26mA
ACS712ELECTR-20A	+/- 20 A	100 mV/A	0.5V a 4.5V	49mA
ACS712ELECTR-30A	+/- 30 A	66 mV/A	0.52V a 4.48V	74mA

Como se observa en [5] el sensor efecto Hall ACS712 presente un elevado nivel de linealidad frente a los cambios de temperatura, teniendo diferencias casi imperceptibles en un rango de 190o C de

 ISSN 2007-8102

diferencia, de acuerdo a las pruebas realizadas por el fabricante y expuestas en la hoja de datos del dispositivo.

La adquisición de los valores de la variable voltaje fue realizada mediante un arreglo de divisor de voltaje, el cual permite delimitar la corriente máxima suministrada al ADC, sirviendo como un dispositivo de seguridad del mismo. A través del acoplamiento por este medio se obtiene un valor pico de voltaje proporcional a la señal original que sea manejable por medio de la tarjeta de adquisición de datos (Ec. 1.).

$$R2 = \frac{3.3\text{VCD} * 1\text{M}\Omega}{68\text{VCD} - 3.3\text{VCD}} = 51004.6\Omega \qquad \text{Ec. (1)}$$

$$I = \frac{68V}{1.051\text{K}\Omega} = 64\mu A$$

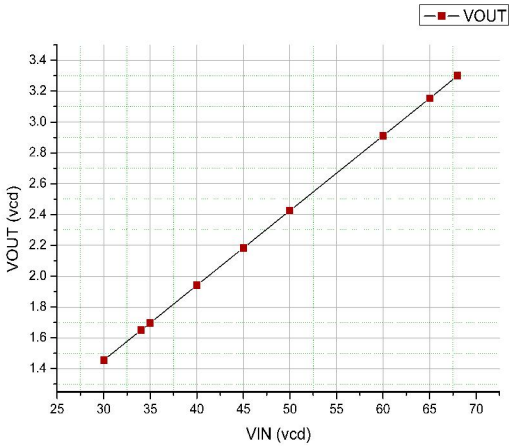


Ilustración 3 Respuesta de mediciones con el acoplamiento de voltaje

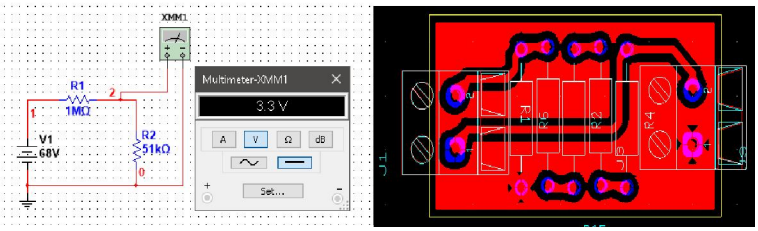


Ilustración 4 Diseño de acoplamiento de voltaje para adquisición de datos.

Monitoreo remoto

La tarjeta Nucleo 144, STM32F767 puede tener un manejo de hasta 45 puertos que pueden ser implementados como convertidores analógico digitales, éstos poseen 12 bits de resolución, siendo a su vez programables para utilizarlos en menor resolución de ser así necesario. [6].

 ISSN 2007-8102

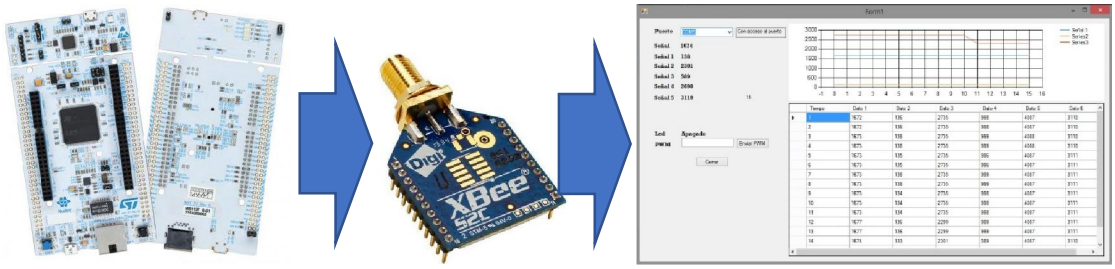


Ilustración 5 Metodología de funcionamiento

Se implementó la lectura analógica de 8 puertos analógicos, con la finalidad de realizar la lectura de 4 señales de los sensores de corriente y 4 de los de voltaje. Como se indicó con anterioridad, los puntos de interés comprendidos en las fases de alimentación del motor y la alimentación principal de la batería. Los puertos designados para la implementación de la adquisición de datos comprenden los terminales PA3, PC0, PC3, PC1, PC4, PC5, los cuales presentan compatibilidad con los puertos analógicos de las placas Arduino UNO, Arduino DUE, etc. Complementando con los puertos analógicos PG9 y PG14.

El entorno de desarrollo en el cual se programa la tarjeta STM32 requiere del establecimiento de los puertos físicos (Pines GPIO) o pines analógicos que se verán utilizados, al establecer los terminales necesarios, es posible una delimitación de los recursos enfocados al funcionamiento de la tarjeta, permitiendo un ahorro de recursos. El software sobre el cual se trabaja en la definición de puertos es el propio del fabricante, STM32 Cube MX.

En la ilustración 7 se observa la inicialización de la carga de parámetros de trabajo de la tarjeta. Este software permite la carga de parámetros a todos los pines necesarios. La parametrización del reloj se lleva a cabo con limitadores de acuerdo al cristal oscilador que posee la misma tarjeta y a un sistema de bypass que lleva la funcionalidad de un reloj.

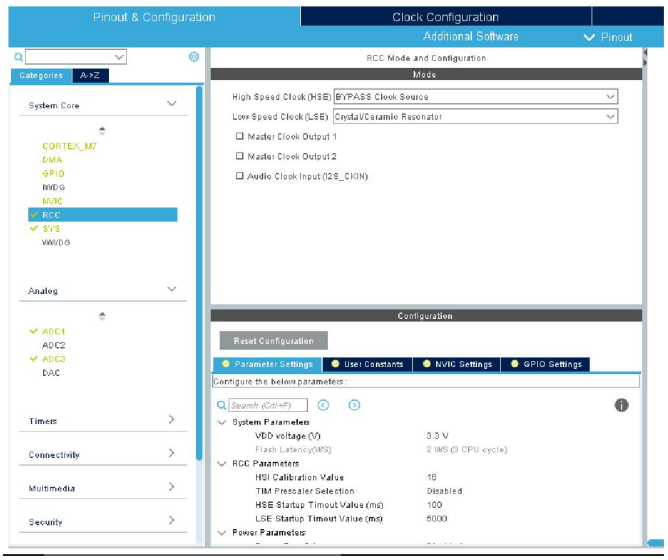


Ilustración 6 Configuración de reloj de la tarjeta

 ISSN 2007-8102

Al hacer clic sobre los pines en el mapa de pines de STM32CubeMX, es posible observar la variedad de usos que éste puede adoptar, siendo éste el caso de un ADC. El modo DMA del ADC permite leer directamente los datos de la memoria proporcionados desde el ADC sin haber carga de procesamiento en el sistema.

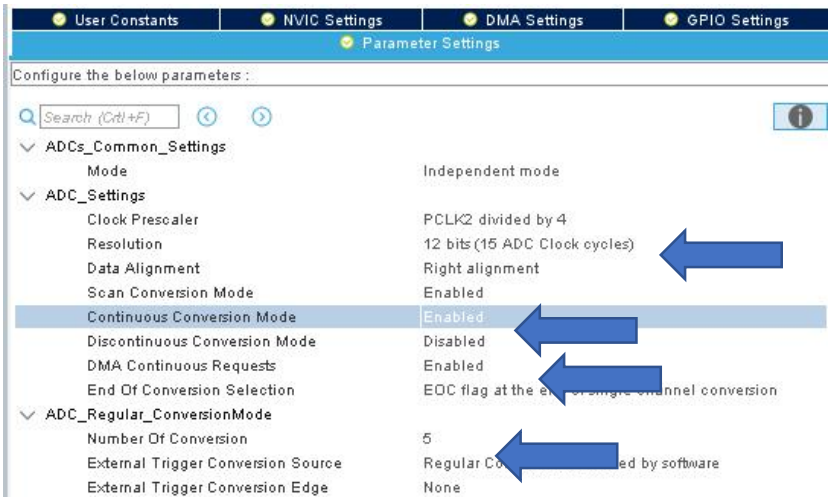


Ilustración 8 Configuración del ADC

Los parámetros esenciales a definir están identificados en la ilustración 8. Es necesario definir el modo DMA para establecer que se trabajará en dicho modo, así como Continuos Conversion Mode el cual define una cantidad indefinida de lecturas, a lo cual, en caso de no verse activado dicho punto, el ADC realizará una sola lectura y continuará el programa sin realizar otra más. El comando Number Of Conversions permite establecer la cantidad de pines analógicos por cada puerto ADC a implementar. En este caso, se activaron 5 pines del ADC1.

Además de la definición de los pines de lectura para la tarjeta, es también necesario definir los parámetros necesarios para la activación de los puertos de comunicación del sistema.

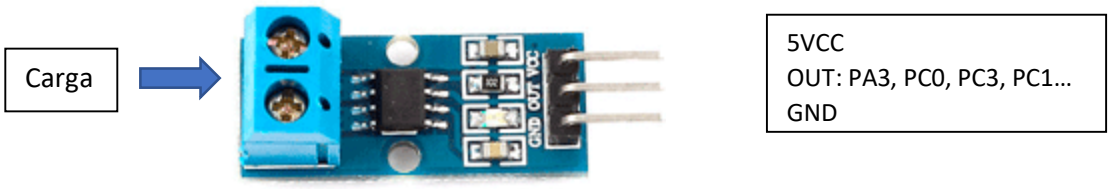


Ilustración 9 Configuración de sensores

La programación del código en la tarjeta se realiza dentro de un ciclo While preestablecido en el formato de programa. Este bucle tiene un ciclo de trabajo de 1KHz, con el bucle trabajando a ciclos de 1000 repeticiones por segundo, es posible establecer un sistema en “tiempo real”, por lo cual la implementación de este microcontrolador es notoriamente más factible sobre la implementación de otras tarjetas.

Para permitir un sistema con monitoreo remoto, se recurre a un sistema de comunicación inalámbrico, el protocolo Zigbee [7], por medio de sus dispositivos Xbee, el cual tiene como base el estándar de comunicaciones inalámbricas IEEE_805.15.4.

 ISSN 2007-8102

Los datos guardados en el DataGridView son enviados para ser guardados en un libro Excel, para el cual se define que para cada columna del DAtaGridView, debe ser establecida una columna de Excel, estableciendo de la misma manera las filas. De acuerdo a los datos guardados en el GridView de VisualStudio, éstos se contabilizarán y se agregarán celda a celda en el nuevo espacio de trabajo, asegurando de esta manera la integridad del manejo de éstos.

La graficación de datos se realiza de acuerdo a los datos leídos cada 1000mS, en ella se deben establecer las diferentes variables con las que se va a trabajar, de esta manera, los datos podrán reconocerse en la gráfica dibujada. La propiedad Series del elemento Chart permite establecer este parámetro. Al agregar o quitar Series, se establece la cantidad de variables que serán representadas gráficamente. Los datos obtenidos son mediante el comando Data Grid View

Como se observa en la Ilustración 10, la respuesta en el tiempo del voltaje y la corriente suministrados por la batería del vehículo muestran las variaciones comunes en el uso y desgaste de la carga eléctrica habida en ella.

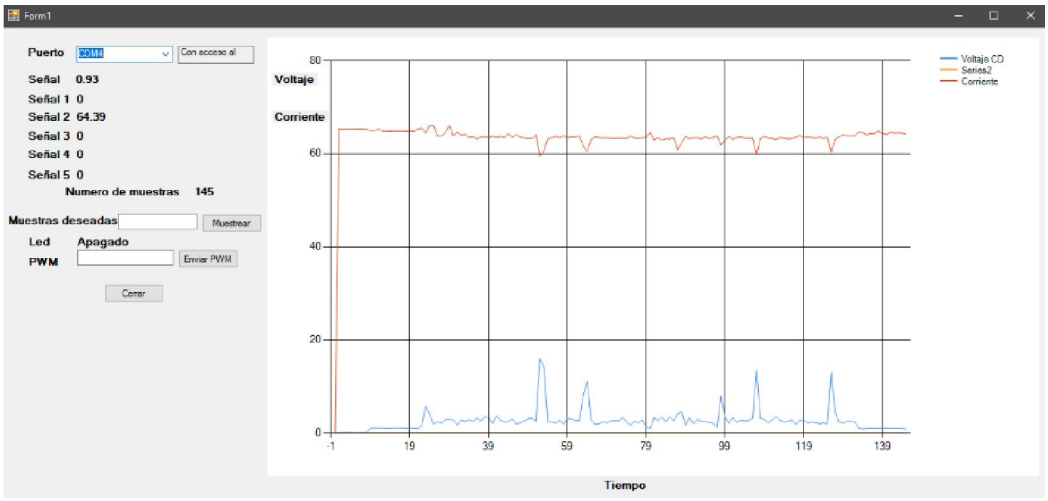


Ilustración 10 Prueba con datos de corriente y voltaje.

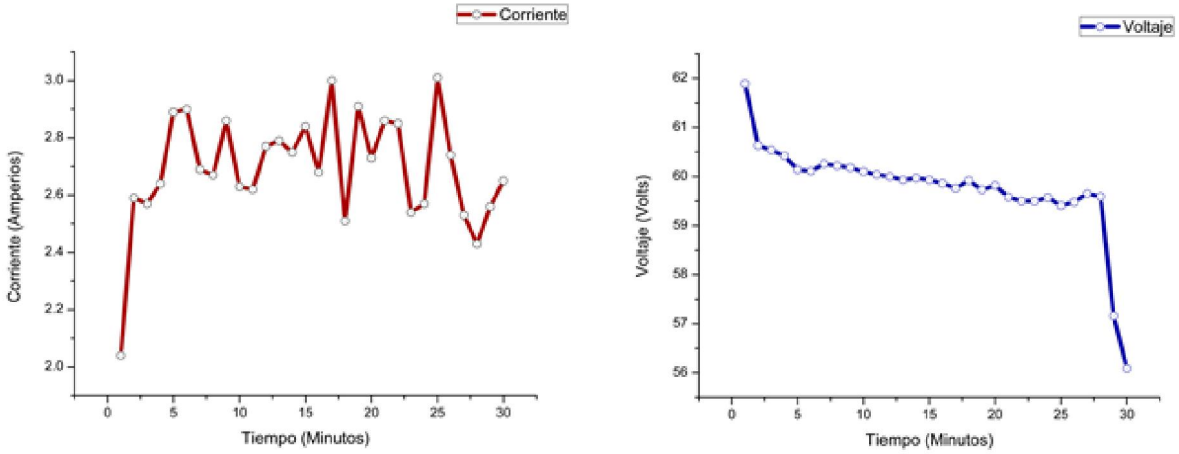


Ilustración 11 Adquisición de datos de corriente y voltaje durante funcionamiento pleno de la motoneta. Estas gráficas fueron realizadas a partir de los datos guardados por la exportación a Excel.

 ISSN 2007-8102



Ilustración 12 Voltaje en batería previo al encendido del vehículo

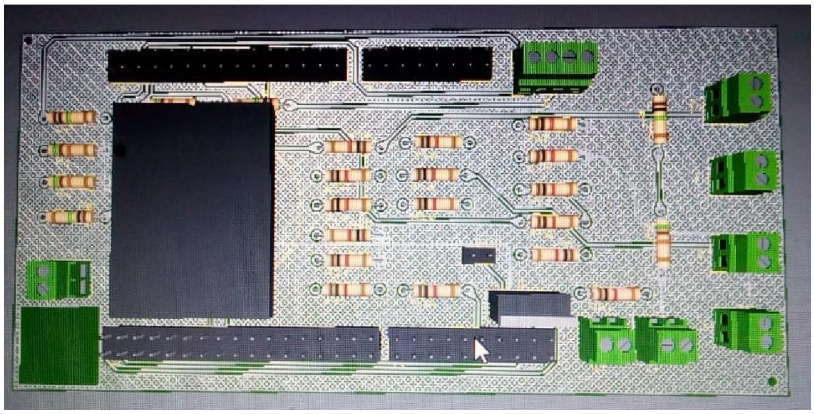


Ilustración 13 Shield de Xbee con acoplamiento de sensores de corriente y voltaje.

Conclusiones y trabajos futuros

La metodología propuesta para el desarrollo del proyecto permite la implementación de un sistema viable, el cual apertura una visión más clara sobre el funcionamiento del sistema sobre el cual trabaja, presentando de dicha manera la opción de identificar desviaciones en los funcionamientos establecidos del vehículo, permitiendo lograr un mayor aprovechamiento del mismo, teniendo como partida extra, la prevención de fallas y accidentes al determinar los errores en el funcionamiento.

Determinando una reducción en la demanda de esfuerzo computacional durante la etapa de monitoreo, se establece la migración del sistema hacia un entrono gráfico menos demandante, colocando la visión futura en el uso de lenguaje de programación Python y una tarjeta Raspberry, los cuales tienen requerimientos de hardware y software menores que los actualmente implementados.

Referencias

[1] Mayén, L. P., & Roo, Q. (2019). *Comunicado Febrero 2019 Venta de vehículos híbridos y eléctricos.* (55). http://www.amia.com.mx

[2] García R. M. (2015). *Pasado, presente y futuro de vehículos eléctricos.* Universidad Tecnológica de Pereira.

[3] Salvador, P., & Prieto, R. (2013). *Los autos eléctricos: ¿hacia un transporte más sustentable?*

[4] Yedamale, P. (2003), Microchip Technology, Inc. *PRINCIPLE*. 1–20.
[5] Integrated, F., Linear, H. E., & Sensor, C. (n.d.). *ACS712*. 1–14.
[6] Flash, M. B., Ram, K. B., & Hs, U. S. B. O. T. G. (2017). *STM32F765xx STM32F767xx*. (September).
[7] Aguayo, P. (2008). *Guía del Usuario XBee Series 1*. 1–69.

Cálculo de potencia de corte teórica mediante la plataforma GUIDE de MATLAB®

K. García Ruiz[1], J. C. Niños Torres [2], I. Arrioja Cárdenas[2], R. C. García Gómez[2], J. C. Llaven Gordillo[2]*

[1]Departamento de Manufactura GKN Driveline, Carr. Salvatierra, Celaya, C.P. 38000, Gto, , México
[2]Departamento de Metal-Mecánica, Tecnológico Nacional de México/ Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez, Carr. Panamericana km. 1080, Tuxtla Gutiérrez, C.P. 29054, Chiapas, México
**juan.nt@tuxtla.tecnm.mx*

***Área de participación**: Ingeniería Mecánica y Mecatrónica*

Resumen

En este artículo se presenta los resultados de un software desarrollado en MATLAB utilizando la interfaz gráfica GUIDE con el fin de facilitar la selección de un equipo de torneado con respecto a la potencia de corte requerida para remover una cierta cantidad de material deseada. En el programa se deben introducir datos de corte (parámetros de corte) para realizar el cálculo automáticamente.

***Palabras clave**: potencia de corte, velocidad de corte, avance por revolución, profundidad de corte, fuerza de corte.*

Abstract

This article presents the results of a software developed in MATLAB using the GUIDE graphical interface in order to facilitate the selection of a turning equipment with respect to the cutting power required to remove a certain amount of material desired. Cutting data (cutting parameters) must be entered in the program to perform the calculation automatically.

***Key words**: cutting power, cutting speed, feed per revolution, depth of cut, cutting force*

Introducción

El torneado es uno de los procesos de manufactura más antiguos que existen dentro de la industria metal-mecánica. Este proceso consiste en remover una determinada cantidad de material de una pieza que gira a una velocidad angular por medio de una herramienta de corte que posee un filo teórico de corte, la cual es la encargada de quitar el material cuando esta hace contacto con la pieza. El torneado es la combinación de dos movimientos: el de rotación de la pieza y el de avance de la herramienta. El proceso de torneado se lleva a cabo en la máquina herramienta llamada torno. Según [2], el torno suministra la potencia para maquinar la pieza con sus respectivos parámetros de corte, tales como velocidad de corte, profundidad de corte y avance por revolución de la herramienta [2].

El torneado posee tres parámetros importantes: velocidad de corte (v_c), profundidad de corte (a_p) y avance por revolución (f_n).
La velocidad de corte es la velocidad tangencial en el punto de contacto de la herramienta y la pieza, esta se calcula mediante la ecuación (1). Esta ecuación puede deducirse fácilmente realizando un análisis de velocidades relativas. La velocidad de corte y la velocidad angular de la pieza se relacionan por medio de radio de la pieza. Esta relación se puede observar en la figura 1.

$$v_c = \omega r \qquad (1)$$

donde

 ISSN 2007-8102

$v_c = velocidad\ de\ corte\ (m/s)$
$\omega = velocidad\ angular\ (rad/s)$
$r = radio\ de\ la\ pieza\ (m)$

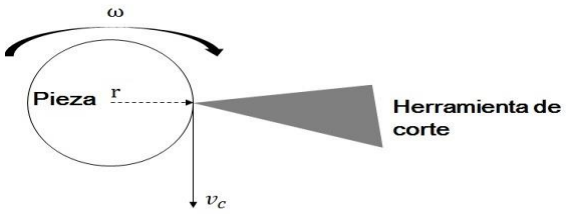


Figura 1. La velocidad de corte, la velocidad angular y el radio de la pieza se relacionan en el punto de contacto entre la pieza y la herramienta de corte.

Dado que la ecuación (1) posee unidades no utilizadas en el proceso de torneado, se realizará una modificación a esta la cual ya tendrá, además de facilitar el cálculo, unidades estandarizadas.

$$v_c = \frac{\pi D_i n}{1000} \qquad (2)$$

donde

$v_c = velocidad\ de\ corte\ (m/mint)$
$D = diámetro\ de\ la\ pieza\ (mm)$
$n = velocidad\ angular\ (rev/mint)$

La profundidad de corte es otro parámetro importante en el torneado (y en cualquier proceso de manufactura) ya que es la que delimita la medida final de la pieza de trabajo. La profundidad de corte es la profundidad en la cual se introduce la herramienta de corte en la pieza a maquinar, y se relaciona con los diámetros inicial y final de la pieza, tal y como se muestra en la ecuación (3). En la figura 2 se puede apreciar la profundidad de corte con un inserto de corte y la pieza de trabajo.

$$a_p = \frac{D_i - D_f}{2} \qquad (3)$$

donde
$a_p = profundidad\ de\ corte\ (mm)$
$D_i = diámetro\ inicial\ de\ la\ pieza\ (mm)$
$D_f = diámetro\ inicial\ de\ la\ pieza\ (mm)$

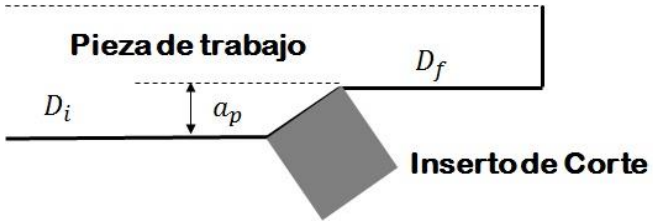


Figura 2. Profundidad de corte de la herramienta. Esta profundidad de corte delimita el diámetro final de la pieza de trabajo.

El avance por revolución es el último parámetro importante para determinar el estado de un proceso de manufactura (en corte de material). Como su nombre lo indica, es el avance de la herramienta de corte por cada vuelta (revolución) de la pieza. Si se requiere obtener la velocidad a la que avanza la herramienta basta con multiplicar el avance por revolución por la velocidad angular de la pieza, como

 ISSN 2007-8102

se muestra en la ecuación (4). En la figura 3 se puede apreciar un esquema del avance por revolución de la herramienta de corte.

$$v_l = f_n n \tag{4}$$

donde
$v_l = velocidad\ longitudinal\ de\ la\ herramienta\ (mm/mint)$
$f_n = avance\ por\ revolución\ (mm/rev)$
$n = velocidad\ angular\ (rev/mint)$

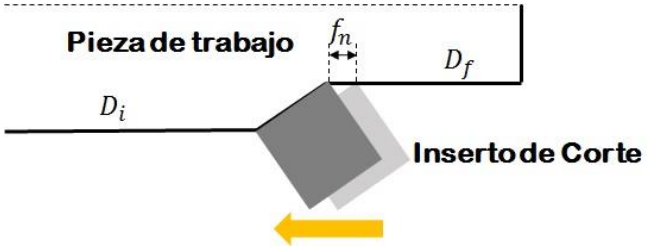


Figura 3. Avance por revolución de la herramienta de corte. El avance por revolución es la distancia que avanza la herramienta de corte por cada revolución (vuelta) que gira la pieza de trabajo.

En el proceso de torneado se produce una fuerza de corte (F_c) en la interfaz (punto) de contacto entre la pieza de corte y la herramienta de corte. Esta fuerza resultante se puede descomponer en tres componentes (componentes rectangulares) en la dirección radial (F_r), dirección axial o longitudinal (F_a) y dirección tangencial (F_t) a la pieza. En la figura 4 se muestra el diagrama de fuerzas en la herramienta de corte. Cabe mencionar que la fuerza tangencial y fuerza radial actúan en la dirección de la velocidad de corte y velocidad lineal o avance de la herramienta, respectivamente.

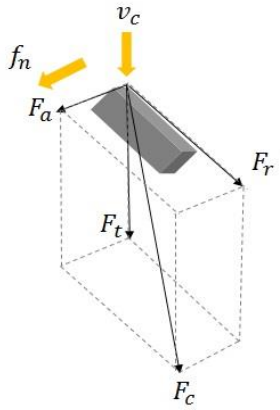


Figura 4. Diagrama de fuerzas actuando en la herramienta de corte. La fuerza tangencial actúa en la dirección de la velocidad de corte y la fuerza axial actúa en la dirección del avance de la herramienta.

La fuerza radial y la fuerza axial son muy pequeñas en comparación con la fuerza tangencial, es por esta razón que para el cálculo de la potencia de corte sólo es necesario la fuerza tangencial. Para el cálculo de la potencia se utilizan las ecuaciones de la dinámica rotacional el cual es el producto del torque generado por la fuerza tangencial multiplicada por la velocidad angular de la pieza ($P_c = T\omega$). Según [1], dado que la mecánica del corte es muy compleja, es difícil obtener los valores de manera analítica de la fuerza radial y axial ya que estas sólo se obtienen de manera experimental [1]. Las tres fuerzas se relacionan pitagóricamente con la siguiente ecuación:

$$F_c = \sqrt{F_t^2 + F_r^2 + F_a^2} \tag{5}$$

donde
$F = fuerza\ resultante\ (N)$

 ISSN 2007-8102

$F_t = fuerza\ tangencial\ (N)$
$F_r = fuerza\ radial\ (N)$
$F_a = fuerza\ axial\ (N)$

Cada material presenta características únicas que vienen dadas por los elementos de aleación, el tratamiento térmico, la dureza. Los materiales utilizados para piezas se han dividido en seis grupos principales, según la norma ISO, y cada grupo tiene propiedades únicas en cuanto a maquinabilidad. Los materiales presentan una propiedad de corte, la cual se denomina esfuerzo de corte específico (K_{c1}). El valor de es distinto para los seis grupos de materiales. Según [3], los materiales según la clasificación ISO tienen los siguientes intervalos de esfuerzos específicos de corte (N/mm^2), como se muestra en la Tabla 1.

Tabla 1. Intervalos de valores de esfuerzos específicos de corte $\left(\frac{N}{mm^2}\right)$. *Cortesía Sandvik Coromant [3].*

ISO P	ISO M	ISO K	ISO N	ISO S	ISO H
1400-3100	1800-2850	790-1350	350-700	HRSA:2400-3100 Titanio: 1300-1400	2250-4870

Sandvik propone la siguiente ecuación experimental para calcular el esfuerzo de corte (no confundir con esfuerzo de corte específico) la cual se relaciona directamente con las características del inserto (herramienta de corte) y porta inserto (porta herramientas).

$$K_c = \frac{K_{c1}}{h^{mc}}\left(1 - \frac{\gamma}{100}\right) \quad (6)$$

donde
$K_c = esfuerzo\ de\ corte\ (N/mm^2)$
$K_{c1} = esfuerzo\ de\ corte\ específico\ (N/mm^2)$
$h = espesor\ de\ rebaba\ (mm)$
$mc = exponente\ de\ compensación$
$\gamma = ángulo\ de\ desprendimiento\ de\ rebaba$

El ángulo de desprendimiento de rebaba depende del tipo de inserto y para fines prácticos siempre se tomará como 0, de manera que la ecuación (6) queda de la siguiente manera:

$$K_c = \frac{K_{c1}}{h^{mc}} \quad (7)$$

donde
$K_c = esfuerzo\ de\ corte\ (N/mm^2)$
$K_{c1} = esfuerzo\ de\ corte\ específico\ (N/mm^2)$
$h = espesor\ de\ rebaba\ (mm)$
$mc = exponente\ de\ compensación$

El exponente de compensación se obtiene experimentalmente y depende del tipo de material según la clasificación ISO. Para el cálculo del espesor de la rebaba se utiliza una relación trigonométrica. La figura 5 nos muestra un esquema del proceso de torneado donde se relacionan los parámetros como avance por revolución, profundidad de corte, ángulo de posición (característica del porta inserto) y el espesor de la rebaba. Para el cálculo del espesor de la rebaba se utiliza la siguiente ecuación:

$$h = f_n sen(k_r) \quad (8)$$

donde
$h = espesor\ de\ la\ rebaba\ (mm)$
$f_n = avance\ por\ revolución\ (mm/rev)$
$k_r = ángulo\ de\ posición$

 ISSN 2007-8102

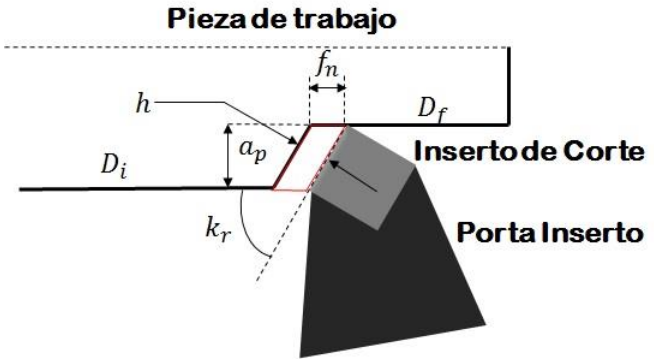


Figura 5. Esquema general del proceso de torneado. Se muestra diferentes parámetros del corte como avance por revolución, profundidad de corte, ángulo de posición, espesor de rebaba, diámetro inicial y diámetro final de la pieza.

Como se mencionó anteriormente, para el cálculo de la potencia de corte se requiere el producto del torque ejercido por la fuerza tangencial y la velocidad angular, si se hacen las sustituciones adecuadas se puede llegar a la siguiente ecuación, la cual es el producto del esfuerzo específico de corte multiplicado por la cantidad de remoción de material, esto es:

$$P_c = K_c a_p f_n v_c \quad (9)$$

donde
$P_c = potencia\ de\ corte\ (W)$
$K_c = esfuerzo\ específico\ de\ corte\ (N/mm^2)$
$a_p = profundidad\ de\ corte\ (mm)$
$f_n = avance\ por\ revolución\ (mm/rev)$
$v_c = velocidad\ de\ corte\ (m/s)$

Metodología

Interfaz gráfica de GUIDE

Abriendo la interfaz gráfica GUIDE de MATLAB se distribuyeron uniformemente siete cuadros de edición de texto (Edit Text) los cuales servirán de variables de entrada previo al cálculo de potencia y estos son: velocidad angular del eje, avance por revolución, profundidad de corte, diámetro inicial de la pieza, ángulo de posicionamiento, esfuerzo de corte específico y exponente de compensación. También se colocó un editor de texto en donde se arrojará el resultado una vez aplastando el botón pulsador (push buttom). En la figura 6 se puede ver la distribución de los cuadros de texto y el botón pulsador.

 ISSN 2007-8102

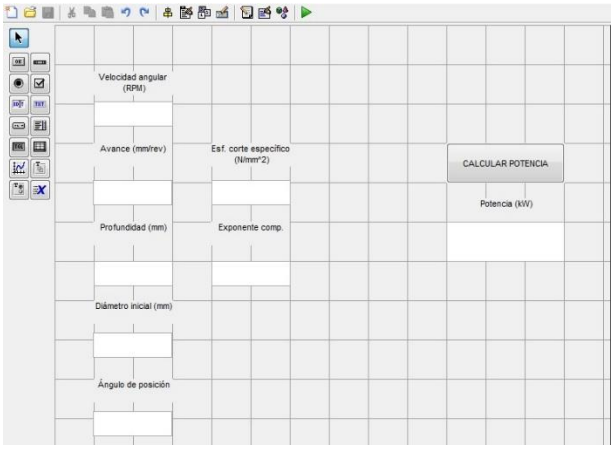


Figura 6. Distribución de los cuadros de texto y botón pulsador en la interfaz gráfica.

Como se puede notar en la figura 6 a cada editor de texto se le asignó su propio texto estático (static text) el cual le dice al usuario las unidades en que se deben introducir los parámetros. Para el caso de ángulo de posición se da en grados. Como se mencionó anteriormente, son unidades estándar para los procesos de corte.

Resultados y discusión

Programación en GUIDE de MATLAB

A cada editor de texto se le agregó una etiqueta (tag), por facilidad para este caso, se le colocó una “e” seguido del nombre del parámetro. En la figura 7 se puede observar que para el parámetro de velocidad angular, dado en revoluciones por minuto (rpm), se le asignó en tag “erpm” y así para cada parámetro como entrada.

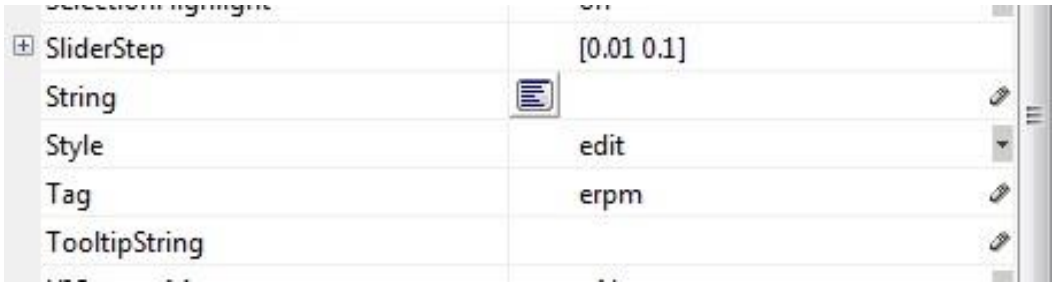


Figura 7. Asignación del "tag" en los editores de texto. En los editores de texto se introducirán las variables de entrada.

Automáticamente la plataforma GUIDE generará un archivo de extensión “.m”. Si se coloca un “Push Buttom” en la interfaz gráfica, en la codificación aparecerá una función (function) con el nombre Button1_Callback, para nuestro caso con el tag asignado previamente se colocó “ppot” (ppot_Callback), como se muestra en la figura 8.

El comando “firstnumber=str2num(get(handles.edit1,'string'))” sirvió para que en los cuadros de “Edit Text” se tomara el valor que el usuario coloque y la convierta en un valor numérico. Para este caso se nombró las variables de acuerdo al “tag” que se colocó, por ejemplo, la variable “rpm” le corresponde al editor de texto “erpm”. En la figura 8 se puede notar las operaciones realizadas para el cálculo de potencia. El comando set(handles.epot, ‘string’,num2str(Pot)) mostrará el resultado de la potencia (en kW) en el editor de texto con la etiqueta “epot”.

 ISSN 2007-8102

```
% --- Executes on button press in ppot.
function ppot_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to ppot (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)

rpm = str2num(get(handles.erpm,'String'));
d = str2num(get(handles.ed,'String'));
ff = str2num(get(handles.efn,'String'));
app = str2num(get(handles.eap,'String'));
k = str2num(get(handles.ek,'String'));
mc = str2num(get(handles.emc,'String'));
kc1 = str2num(get(handles.ekc1,'String'));
r=d/1000/2;
f=ff/1000;
ap=app/1000;
vc=rpm*((2*pi)/60)*r;
Q=ap*f*vc;
h=ff*sin(k*(2*pi)/360);
Kc=(kc1*10^6)/(h^mc);
Potencia=Q*Kc;
Pot=Potencia/1000;

set(handles.epot,'String',num2str(Pot));
```

Figura 8. Codificación utilizada en la función Button1_Callback. En este caso se nombró ppot_Callback debido a que así se colocó en el tag del Push Buttom.

Una vez colocadas todas las operaciones el programa está listo para usarse. Al correr el archivo “.m” o en la interfaz gráfica ".fig""se abrirá automáticamente una ventana, como se muestra en la figura 9. El programa tiene la facilidad de introducir los valores de corte y al pulsar el botón se obtendrá en forma directa la potencia en kW. Para los valores del esfuerzo específico de corte y coeficiente de compensación se recomienda ver una tabla de valores con los proveedores de herramientas de corte. Los valores más comunes para el esfuerzo específico de corte y el coeficiente de compensación, dentro de la industria metal-mecánica, es $1500\,N/mm^2$ y 0.22, respectivamente, siendo un acero dentro de la norma ISO, mencionada anteriormente, un ISO P.

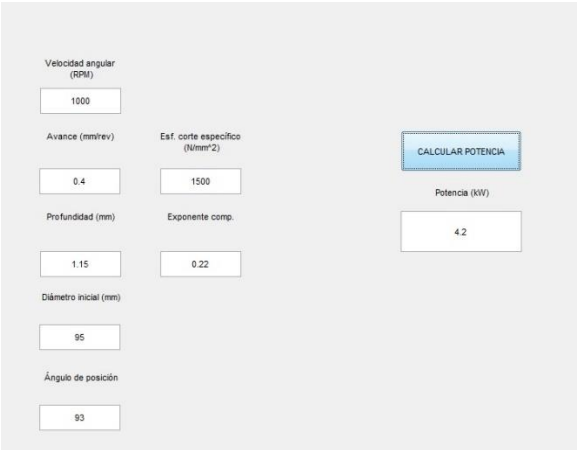


Figura 9. Cálculo de potencia de corte con las siguientes variables de entradas (parámetros de corte): velocidad angular, $1000\,rev/mint$; avance, $0.4\,mm/rev$; profundidad de corte, $1.15\,mm$; diámetro inicial, $95\,mm$; ángulo de posición, $93°$; esfuerzo de corte específico, $1500\,N/mm^2$ y coeficiente de compensación, 0.22.

Trabajo a futuro

Con el fin de mejorar el programa, en este se puede almacenar los datos de los materiales de trabajo en relación al esfuerzo de corte específico y el exponente de compensación. Esto se puede realizar mediante un menú despegable en donde el usuario escoja el tipo de material y automáticamente se calcule la potencia de acuerdo a su esfuerzo de corte.

Conclusiones

Como se vio en la descripción del método, el programa se realizó de una manera muy simple con los comandos básicos de MATLAB, además de que la interfaz gráfica GUIDE se opera de una manera sencilla. Se utilizaron datos aleatorios para calcular una potencia de corte de manera de prueba en el programa. Este programa se guardó para que se tenga a disposición en cualquier ordenador de manera ejecutable.

Es importante tener en cuenta que para la selección de un torno no solo se selecciona por medio de su potencia, se toman en cuenta diferentes parámetros. Por ejemplo, un parámetro importante es la rigidez del torno el cual se ve en las guías que posee. Si se selecciona una guía que no es adecuada para el trabajo que realiza el torno, este puede excederse de los límites de vibraciones y las piezas saldrán fuera del límite de medida establecida o con un acabado superficial fuera del rango. Existen manuales para el diseño y selección de estas con su respectiva teoría y ecuaciones.

Agradecimientos

Agradecemos el apoyo del Tecnológico Nacional de México a través del Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez por las facilidades para desarrollar este proyecto, así como al Departamento de Manufactura de GKN para las facilidades de realización y desarrollo del proyecto en conjunto con el Instituto.

Referencias

[1] Serope Kalpakjian y Steven. R. Schmid. *"Manufactura, Ingeniería y Tecnología"*. Pearson Educación. Quinta edición, 2008.
[2] Mikell P. Groover. *“Procesos de Manufactura Moderna”*. Pearson Educación. Primera edición, 1997.
[3] S. Coromant, «Sandvik,» [En línea]. Available: https://www.sandvik.coromant.com/es-es/downloads. [Último acceso: 6 11 2016].

Optimización de piezas mecánicas mediante el análisis de componentes por técnicas de Diseño Generativo

C. E. Robles Gines[1], S. S. Basilio Guillén[2], P. F. Pacheco García[3]*
[1,2,3] Departamento de Ingeniería Mecatrónica, UPAEP Universidad, 17 Sur #901, Barrio de Santiago, C.P. 72410, Puebla, México.
**cristianeliud.robles@gmail.com*
***Área de participación**: Ingeniería Mecánica y Mecatrónica*

Resumen

Se presenta un análisis de los beneficios de optimizar piezas mecánicas por técnicas de Diseño Generativo. Se manufacturaron piezas de manera clásica por impresión 3D. Posteriormente se les hicieron pruebas de tracción para determinar el límite elástico y la carga de rotura, una vez obtenidos estos datos se les aplicaron procesos de Diseño Generativo reduciendo su masa en un 30, 40 y 50 %. Se imprimieron estos diseños optimizados y se sometieron nuevamente a pruebas de tracción y se encontró que soportaban los mismos esfuerzos que la pieza con el diseño original. Además, se hizo una comparación utilizando pruebas de tensión a probetas normalizadas, unas manufacturadas por impresión 3D y otras manufacturadas por moldeo por compresión, con el fin de conocer las diferencias mecánicas y establecer las bases para realizar impresiones 3D que se acerquen lo más posible a las piezas moldeadas por técnicas estandarizadas como el moldeo por compresión.

***Palabras clave**: Diseño, Generativo, Optimización, Topología.*

Abstract

An analysis of the benefits derived from optimizing mechanical parts by Generative Design techniques is presented. Parts were classically manufactured by 3D printing. Later they were tested for traction to determine the yield strength of the parts and the breakage load, once this data was obtained, generative design processes were applied to them by reducing their mass by 30, 40 and 50 %. These optimized designs were printed and re-tested and found to support the same efforts as parts with the original design. In addition, a comparison was made analyzing results of stress tests to standardized test pieces, some manufactured by 3D printing and others manufactured by compression molding, with the goal to know the mechanical differences and establish the bases for making 3D prints that are as close as possible to the parts molded by standardized techniques such as compression molding.

***Key words**: Design, Generative, Optimization, Topology.*

Introducción

Los sistemas generativos se han utilizado a lo largo de la historia, por ejemplo, en diseños renacentistas, arquitectura gótica y en patrones islámicos [1]. Este último es quizás el mejor ejemplo de cómo los humanos usan geometrías para comprender las relaciones entre los humanos y la naturaleza. Gracias a la llegada de las computadoras en la década de 1960 que poseían la capacidad para generar geometrías complejas, dio origen al arte generativo [2]. La investigación en lo que ahora se conoce como diseño generativo, fue iniciada por Frazer a principios de la década de 1970. Su desarrollo ha pasado por varias fases, lideradas principalmente por investigadores académicos enfocados en gran medida sobre la teoría del diseño, sin embargo, se reconoció la falta de métodos de implementación formales para el diseño generativo [3]. En la década de 1980 su uso se expandió a la Arquitectura, la Ingeniería y la Industria de la construcción [2]. El diseño Generativo es un camino apasionante para el diseño de productos que seguirá desarrollándose en los próximos años, se volverá más fácil de usar y fácil de integrar en los procesos de diseño existentes, mejorará la forma en que se crean las soluciones de diseño y cómo abordan las necesidades del mundo real [4].

Hoy en día existen herramientas que benefician a una empresa manufacturera y la pueden hacer más competitiva, ejemplo de estas herramientas son el Diseño Generativo y el análisis por método de elementos finitos [5]. Se ha hablado de estos conceptos desde hace por lo menos treinta años, pero solo recientemente se han empezado a difundir gracias a que se han empezado a incluir como parte de los lenguajes CAD, dedicados al diseño, ingeniería,

el arte, la animación, la multimedia y el nuevo hardware para la impresión 3D y la robótica. Dentro de este universo en ebullición, una de las novedades que promete ser más duradera, porque no es solo técnica, sino también estética, filosófica y epistemológica, es el arte generativo. Lo generativo, como concepto, deriva de la lingüística y de algunas teorías de las ciencias de la complejidad, como los sistemas dinámicos, el caos, la vida artificial y las simulaciones matemáticas de eventos naturales. Como práctica, lo generativo se está convirtiendo en una parte importante de las ciencias de la computación aplicadas al *diseño*, la arquitectura y las artes en general. La literatura dedicada al arte generativo es todavía escasa, y más aún, la que investiga el paradigma generativo desde el punto de vista teórico. Sin embargo, ha habido un pequeño pero creciente número de proyectos que utilizan el diseño generativo como herramienta de investigación [1]. El arte generativo resulta fascinante porque apela a las ciencias, las máquinas, el trabajo distribuido, la convergencia de saberes y herramientas y también porque aprovecha plenamente el potencial de las herramientas digitales, como lo demuestran los trabajos del creciente número de investigadores y artistas que se dedican a estudiarlo [6].

La pregunta que muchos *diseñadores* e ingenieros nos hacemos cuando estamos diseñando una pieza es si ¿Romperá dentro de los limites especificados? y definimos parámetros como el espesor de un nervio, el radio de un redondeo o el ángulo de un chaflán. Con la ayuda de software especializados en la simulación y optimización de geometrías como es el caso de Solid Edge ST10® [7] en donde se pueden diseñar modelos tridimensionales de piezas y ensamblajes al mismo tiempo que definimos conceptualmente la geometría de los mismos. Se puede validar el diseño sin necesidad de fabricar un prototipo físico y tener que aplicar un exhaustivo número de pruebas para determinar sus propiedades mecánicas, con esto se acorta el tiempo de definición de un producto con la certeza de que el diseño es el adecuado y que el producto soportará las condiciones de uso a las que estará expuesto [5]. Asimismo, este software permite definir objetivos y criterios para diseños CAD funcionales, luego genera iteraciones ofreciendo cientos de posibles soluciones. Este proceso presenta un cambio radical, ya que las computadoras no solo facilitan las ideas del diseñador, sino que también rediseñan, mientras los diseñadores todavía están a cargo del proceso depurando soluciones, una de las ventajas es que la relación entre humano y máquina se convierte en colaborativa [2], otra de las ventajas es ahorrar tiempo y evitar errores durante las etapas de diseño [8]. Los conceptos clave del paradigma generativo son la autoorganización y la emergencia, términos que definen los fenómenos naturales o artificiales espontáneos, no planificados, fruto de la libre interacción de los elementos de un sistema complejo que posibilita el surgimiento de estructuras y formas impredecibles e impensables desde el diseño clásico [6].

En este trabajo se detalla cómo se realizó el diseño clásico de 3 cubos de diferentes dimensiones, mismos que se manufacturaron en una impresora 3D Makermex [9] con un material ABS (Acrilonitrilo Butadieno Estireno) de alto impacto para posteriormente, someterlos a pruebas mecánicas de tensión y obtener los valores de esfuerzos a los que dichas piezas fracturan. Una vez obtenido estos valores nos transportamos al ambiente virtual Solid Edge® en donde se optimiza la topología de estas piezas por la técnica de diseño generativo, asegurándonos de que aun cuando resultan geométricamente diferentes a las originales, pueden realizar la misma función (se preservan regiones necesarias), los modelos se validan por el método de elementos finitos, posteriormente se manufacturaron estos nuevos diseños con la misma impresora y el mismo material para nuevamente hacerle las pruebas de tensión y comparar resultados.

Metodología

Todo proceso natural es una fuente adecuada de principios generativos. La calidad del proceso generativo artificial depende de la calidad del modelo que se elabora a partir del proceso natural. Es necesario definir cuál es la diferencia entre el diseño clásico y el diseño generativo [6].

Tabla 1. Comparativa entre Diseño clásico y Diseño generativo [6]**.**

DISEÑO CLÁSICO	DISEÑO GENERATIVO
Objetivo → Idea → Diseño → Producción → Artefacto	Objetivo → Principio Y Proceso Generativo→ Selección→ Producción → Artefacto
El artefacto corresponde, necesariamente, a la idea de acuerdo con el diseño, a menos que se hayan cometido errores en el proceso de producción.	El artefacto corresponde a seleccionar el mejor, dentro de las diversas opciones que nos ofrece el proceso generativo, en base a las exigencias y las especificaciones requeridas.

 ISSN 2007-8102

El diseño generativo proporciona múltiples beneficios para el desarrollo de nuevos productos. Primero es la creación de intrincados patrones que se parecen a los sistemas naturales, alejándose de las formas geométricas típicas del diseño mecánico. Segundo es la automatización de procesos donde las computadoras realizan tareas complejas y repetitivas que serían demasiado difíciles o tediosas para los humanos. Las oportunidades que la automatización proporciona son con frecuencia consideradas el principal beneficio del diseño generativo en la creación de nuevos productos. En ambos enfoques, los resultados que las computadoras generan son impulsados principalmente por una visión del diseñador, que ya tiene una idea general de cómo se vería el resultado [2].

Diseño en software de CAD

Las piezas que se diseñaron de manera clásica en el software Solid Edge fueron 3:

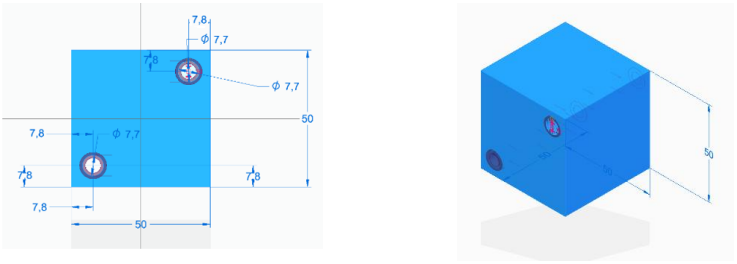


Figura 1. Cubo "A"- Dimensiones *Alto:* 50 mm *Ancho:* 50 mm *Profundo:* 50 mm.

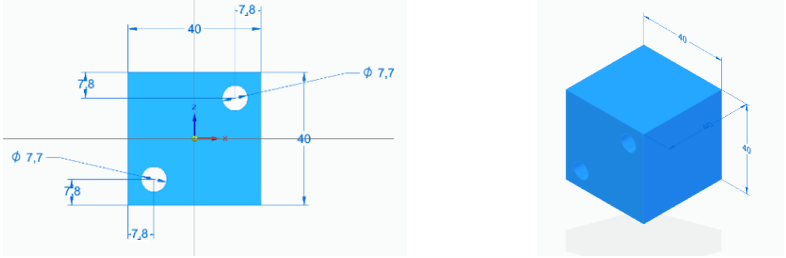


Figura 2. Cubo "B"- Dimensiones *Alto:* 40 mm *Ancho:* 40 mm *Profundo:* 40 mm.

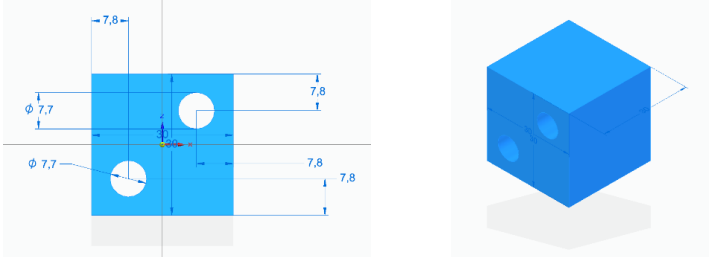


Figura 3. Cubo "C"- Dimensiones *Alto:* 30 mm *Ancho:* 30 mm *Profundo:* 30 mm.

Posteriormente se manufacturaron en la impresora 3D Makermex, como se muestran en la siguiente figura:

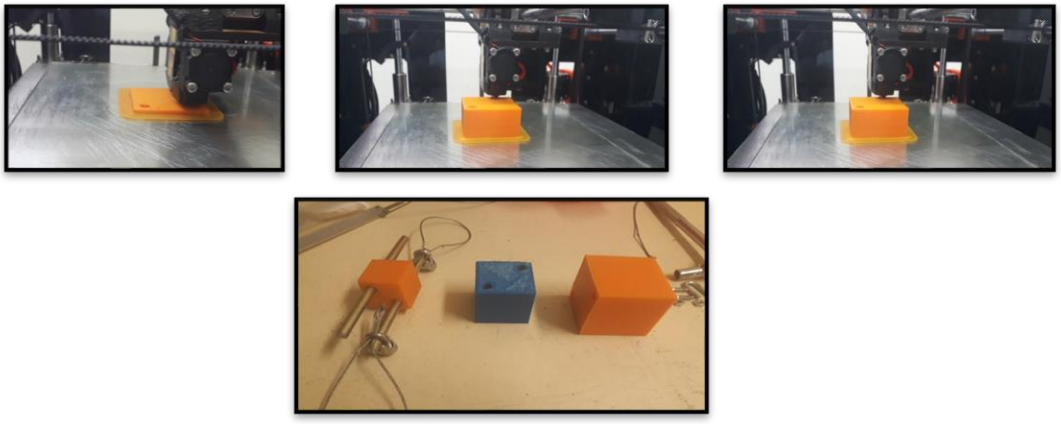


Figura 4. Cubos "A, B, y C"- Impresos.

 ISSN 2007-8102

Pruebas de Tensión a cubos iniciales



Figura 5. Realización de Pruebas mecánicas de tensión en laboratorios de la UPAEP.

Una vez obtenidos los resultados, se analizaron y se decidió únicamente aplicarle Diseño Generativo al cubo "B" ya que en los 3 cubos (A, B y C), como se muestra más adelante, soportaron el mismo esfuerzo, por lo cual se consideró innecesario optimizar los 3.

Aplicación de Diseño Generativo con base en datos obtenidos

Realizando Diseño Generativo en el ambiente virtual Solid Edge al cubo "B" se obtuvieron 3 nuevos diseños optimizados, a los cuales les llamaremos cubo B_1, B_2 y B_3. El cubo B_1 tuvo una reducción de su masa en un 30 %, el cubo B_2 una reducción de un 40 % y el cubo B_3 una reducción de un 50 %. Dichos cubos se muestran en las siguientes imágenes:

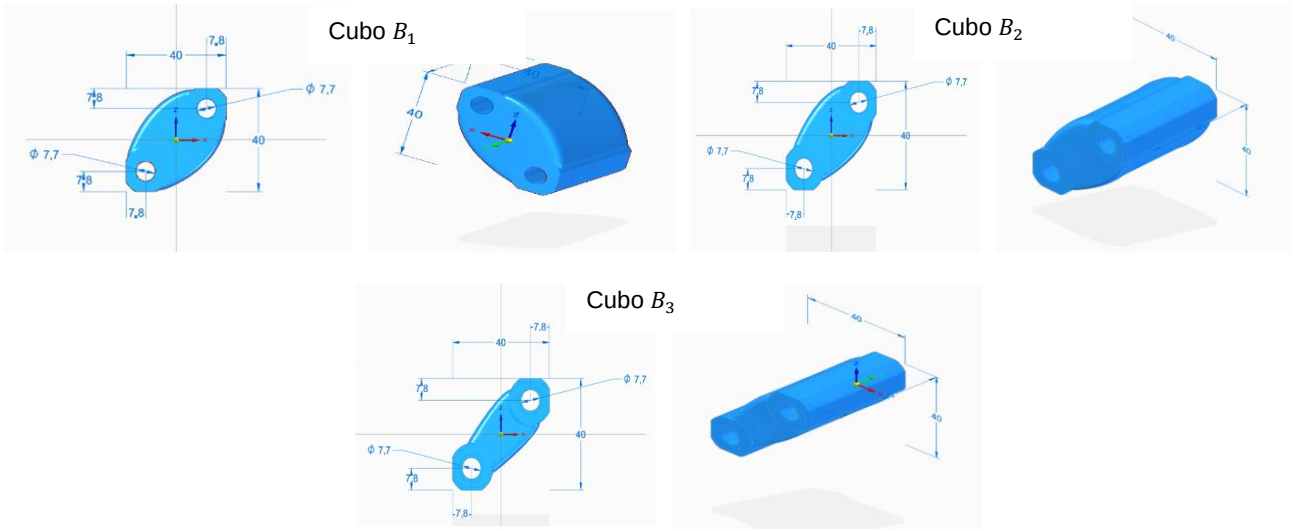


Figura 6. Diseño de Cubos B_1, B_2 y B_3.

Impresión 3D

Ya optimizados los cubos B_1, B_2 y B_3, se manufacturaron en la impresora 3D Makermex exactamente con los mismos parámetros de impresión que los cubos A, B y C.

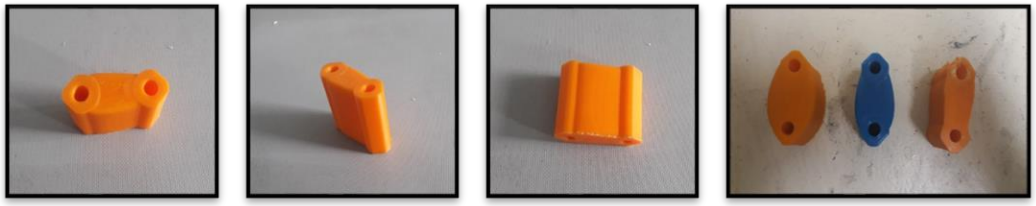


Figura 7. Cubos B_1, B_2 y B_3 impresos.

Pruebas de tensión a cubos B_1, B_2 y B_3

Obtenidos estos cubos se procedió a realizarles las pruebas mecánicas de tensión como se muestra en la siguiente figura:

 ISSN 2007-8102

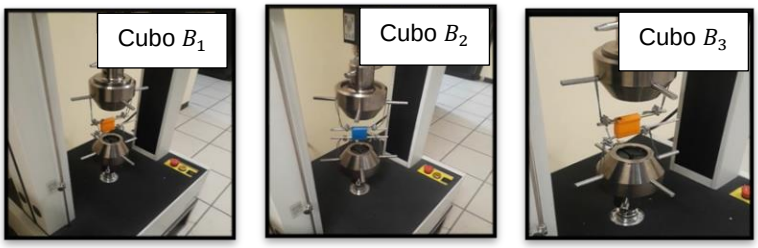


Figura 8. Realización de Pruebas mecánicas de tensión en laboratorios de la UPAEP.

Comparación de los resultados de pruebas de tensión de probetas normalizadas

El moldeo es el procedimiento más común para conformar los polímeros plásticos, en esta técnica, el plástico finamente granulado se fuerza, mediante temperatura y presión, a fluir dentro del molde, a llenarlo y a adoptar su forma. Ambas piezas de molde se calientan, pero solo una se desplaza. El molde se cierra y el calor y la presión aplicados hacen que el material plástico se convierta en viscoso y adquieran la forma del molde [10].



Figura 9. (A) Esquema de un aparato de moldeo por compresión [11]**, (B) Plástico granulado y molde utilizado con el mismo diseño que el de impresión 3D y (C) Manufacturando la probeta en laboratorios de la UPAEP.**

Diseño de probetas normalizadas en el software SolidWorks® [12]

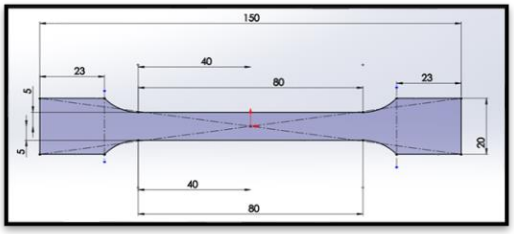


Figura 10. Dimensiones de probeta normalizada [13]**.**

A continuación, se muestran las probetas manufacturadas y listas para someterlas a pruebas de tensión.

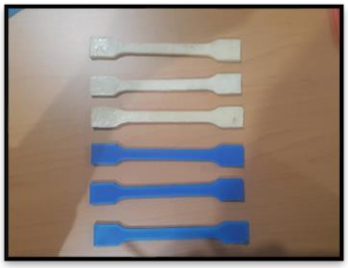


Figura 11. Probetas manufacturadas de color azul, por Impresión 3D y de color blanco, por moldeo de compresión.

Una vez obtenidas se les realizaron las pruebas de tensión en el laboratorio del CESAT (Centro de Servicios de Alta Tecnología) de la UPAEP.

 ISSN 2007-8102

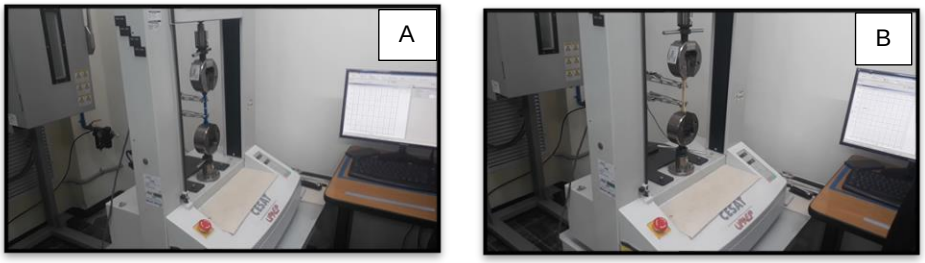


Figura 12. (A) Prueba de tensión a probeta impresa en 3D y (B). Prueba de tensión a probeta manufacturado por moldeo de compresión.

Resultados y discusión

Datos de las pruebas de tensión obtenidos del software NexygenPlus [14] de los cubos A, B y C

Tabla 2. Datos de prueba de tensión Tiempo-Carga.

	Time (s)	Load (N)
Cubo A	30.44	1645.4
Cubo B	32.91	1610.8
Cubo C	52.35	1651.2

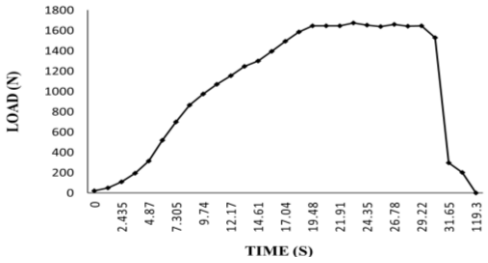


Figura 13. Load (N) - Time (S) del cubo A.

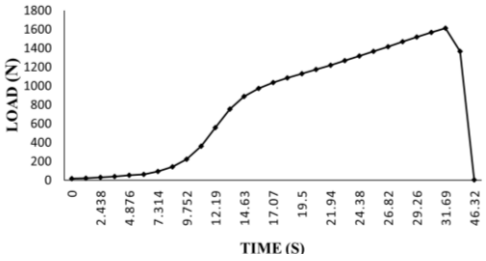


Figura 14. Load (N) - Time (S) del cubo B.

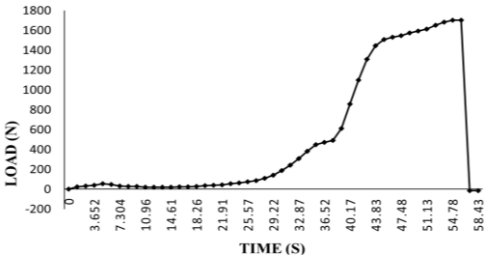


Figura 15. Load (N) - Time (S) del cubo C.

Datos de las pruebas de tensión obtenidos del software NexygenPlus de los cubos B_1, B_2 y B_3

Tabla 3. Datos de prueba de tensión Tiempo-Carga.

	Time (s)	Load (N)
Cubo B_1	52.36	1749.9
Cubo B_2	36.81	1937.2
Cubo B_3	34.08	1578.6
Promedio		1755.2

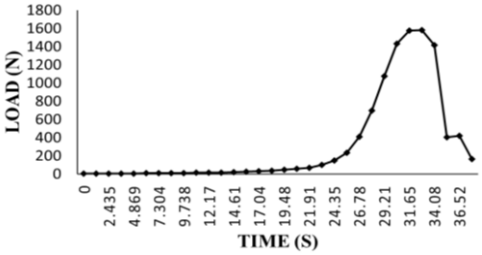


Figura 16. Load (N) - Time (S) del cubo B_1 con una reducción de material en un 30%.

 ISSN 2007-8102

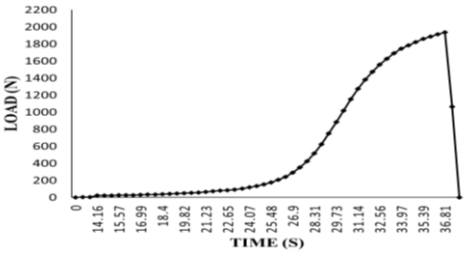


Figura 17. Load (N) - Time (S) del cubo B_2 con una reducción de material en un 40 %.

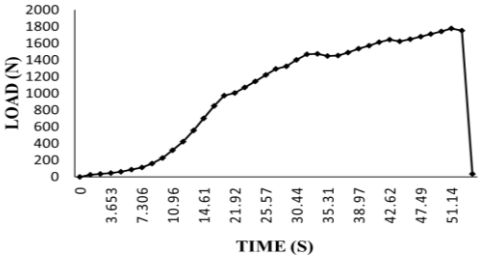


Figura 18. Load (N) - Time (S) del cubo B_3 con una reducción de material en un 50 %.

Datos de las pruebas de tensión obtenidos del software NexygenPlus para las probetas manufacturadas por moldeo de compresión

Tabla 4. Datos de prueba de tensión de probeta manufacturada por moldeo de compresión.

Prueba	Tensión	Espécimen
ID Prueba	PMU.185.19	Probeta 1
Fecha	2019.12.02	Probeta 2
Humedad	49	
Material		
Cotización		
Velocidad	50 mm/min	Max_Stress
Descartar	Units	MPa
	Probeta 1	27.2
	Probeta 2	26.9
	Promedio	**27.1**

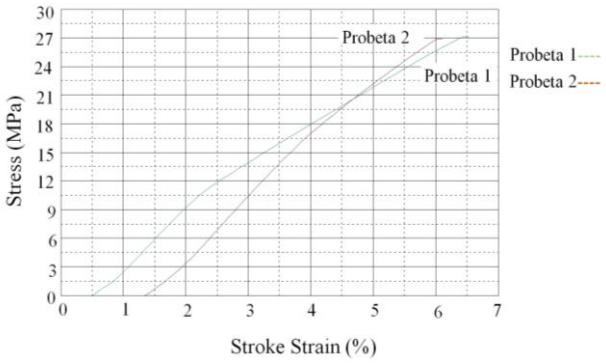


Figura 19. Load (N)- Stroke Strain (%) probeta manufacturada por moldeo de compresión.

Datos de las pruebas de tensión obtenidos del software NexygenPlus de las probetas impresas en 3D

Tabla 5. Datos de prueba de tensión de probeta impresa en 3D.

Prueba	Tensión	Espécimen
Prueba	PMU.184.19	Probeta 1
ID Prueba	2019.12.02	Probeta 2
Fecha	21.5	Probeta 3
Velocidad	50 mm/min	
	Name	Max_Stress
	Units	MPa
Descartar	Probeta 1	29.5
	Probeta 2	29.7
	Probeta 3	27.1
	Promedio	**28.8**

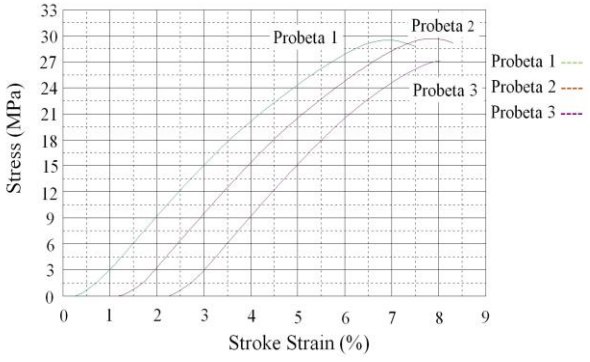


Figura 20. Load (N)- Stroke Strain (%) probeta impresas en 3D.

Como se puede apreciar, los valores promedio de los 2 tipos de probetas varían.

Trabajo a futuro

Se profundizará en el desarrollo de un mayor número de pruebas de diseño, simulación y manufactura aditiva, con la finalidad de encontrar parámetros confiables para la optimización de piezas funcionales impresas con diferentes materiales plásticos de ingeniería a través de la manufactura aditiva. Existe una amplia variedad de

requerimientos en la industria en la que una pieza de plástico juega un papel importante en un proceso, y que de fallar implica que dicho proceso se detenga o no se pueda llevar a cabo hasta recuperar dicha pieza, de modo que el uso del diseño generativo, que de entrada apoya en la optimización de la geometría y por tanto del uso de los materiales, nos deja la posibilidad de seguir explorando hasta encontrar las condiciones de diseño y manufactura para desarrollar piezas funcionales para la industria.

Conclusiones

El diseño generativo se está convirtiendo en una herramienta clave para el diseño industrial, proporcionando un amplio número de beneficios, uno de los más importantes, es la gran capacidad que ofrece para la automatización en los procesos de diseño, pero además ofrece un estilo estético único inspirado en las formas de la naturaleza.

A los diseñadores se les recomienda tomar en cuenta esta herramienta, para integrar la automatización en sus procesos, y con esto, potencializar sus diseños haciéndolos más eficientes y resistentes, utilizando geometrías intrincadas. Con ventajas en rendimiento mecánico y uso de materiales [4].

En base a los resultados obtenidos, se ha encontrado que las piezas a las que se les aplicó Diseño Generativo, ofrecieron la misma resistencia a la ruptura en comparación con las piezas diseñadas con geometrías clásicas, por ejemplo un cubo, con la ventaja que se obtiene un ahorro de material que puede ir del 30, al 50 %, para mayores porcentajes las propiedades de las piezas ya se vieron afectadas, y como ya se ha mencionado, esto se traduce en una reducción de costos y al mismo tiempo acorta el desarrollo de nuevos productos.

Por otra parte, comparando los resultados entre las probetas manufacturadas por moldeo de compresión y las probetas manufacturadas por impresión 3D, si lo que se busca es resistencia a la ruptura en esfuerzos de tensión, las probetas manufacturadas por impresión 3D ofrecerán mayor resistencia.

Agradecimientos

A CONACYT por su valioso apoyo para la realización de este trabajo, al área de Laboratorios de Ingeniería de UPAEP y al CESAT de UPAEP.

Referencias

[1] N. Webb y A. Buchanan, «Digitally aided analysis of medieval vaults in an English cathedral, using generative design tools,» *International Journal of Architectural Computing,* vol. 17(3), p. 241–259, 2019.
[2] A. Lobos, «Applying Generative Systems to Product Design,» *XXII Generative Art Conference - GA2019,* pp. 1-9, 2019.
[3] S. Krish, «A practical generative design method,» *Computer-Aided Design ,* nº 43, pp. 88-100, 2011.
[4] A. Lobos, «Finding Balance in Generative Product Design,» *In Proceedings of Norddesign Conference: Design in the era of digitalization,* pp. 14-17, August 2018.
[5] S. Gómez Gonzalez , Solidworks Simulation, Mexico D.F.: Alfaomega Grupo Editor, 2013.
[6] U. Roncoroni, Manual de diseño generativo, Lima: Editorial Universidad de Lima, 2016.
[7] Siemens, «Solid Edge 2020,» 01 01 2020. [En línea]. Available: www.solidedge.siemens.com/es/solutions/products/complete-product-development-portfolio/solid-edge-2020/.
[8] M. Forrai, «Opportunities for application of the generative engineering method in heavy machine design.,» *Acta Technica Corvinienses – Bulletin of Engineering Tome IX , Fascicule 2, ISSN: 2067 – 3809,* pp. 147-150, 2016.
[9] Makermex, «Impresora 3D modular MM1,» 01 01 2014. [En línea]. Available: http://makermex.com/shop/product/impresora-3d-modular-mm1-1?category=1.
[10] C. J. William D., Introduccíon a la Ciencia e Ingeniería de los Materiales 2, Barcelona: Reverté, 2007.
[11] F. Bilmeyer W., Text book of Polymer Science, New York: Wiley Interscience, 1984.
[12] S. Dassault, «CAD 3D,» 01 01 2020. [En línea]. Available: www.solidworks.com/es/category/3d-cad.
[13] 5.-1. ISO, «Plastics — Determination of tensile properties— Part 1: General principles,» ISO/TC 61/SC 2 Mechanical behavior, 2019.
[14] I. Technologies, «NEXYGEN Plus 3.0,» 23 10 2019. [En línea]. Available: https://nexygen-plus.software.informer.com/3.0/.

Diseño e implementación de un robot recolector de residuos sólidos en playas

G. A. García-Rodríguez[1], B. A. Aguilar-Figueroa [1] P. Argüelles- Lucho [2],
R. M Woo-García[2], F. López-Huerta[1,3]
[1]Facultad de Ingeniería de la Construcción y el Hábitat, Universidad Veracruzana, Calzada Ruiz Cortines 455, Boca del Río, Veracruz 94294, México
[2]Centro de Investigación en Micro y Nanotecnología, Universidad Veracruzana, Veracruz, 94294, Boca del Río, Veracruz, México
[3]Facultad de Ingeniería Eléctrica y Electrónica, Universidad Veracruzana, Veracruz 94294, Boca del Río, Veracruz, México
frlopez@uv.mx

***Área de participación**: Ingeniería mecánica y mecatrónica*

Resumen

Las playas mexicanas son un excelente destino turístico, sin embargo, su atractivo se encuentra mermado por la contaminación de residuos de embarcaciones, basura marítima, residuos sólidos urbanos. En este trabajo se presenta el diseño e implementación de un robot de recolección de residuos sólidos de volumen en el rango de 100 a 180cm^3 para limpieza de playas, el prototipo es desarrollado en un chasis con orugas tipo tanque para una adecuada tracción en la arena, el sistema es controlado mediante un dispositivo bluetooth a través de un teléfono inteligente y un microcontrolador ATMEGA. El sistema de recolección de residuos consiste en un sensor ultrasónico, el cual al detectar un desecho activa el motor de la barredora de 4 aspas gobernadas por un control de posición de tipo proporcional e integral, almacenando el residuo sólido dentro del robot. El sistema completo realiza la recolección de 3 objetos sólidos en un tiempo de 7 minutos y es alimentado con una fuente de 12 Volts y tiene una autonomía de 45 minutos.

***Palabras clave**: Control PI, Microcontrolador, Recolector, Robot.*

Abstract

Mexican beaches are an excellent tourist destination; however, their appeal is diminished by pollution from boat waste, marine litter, and municipal solid waste. This work presents the design and implementation of a solid waste collection robot with a volume in the range of 100 to 180cm^3 for cleaning beaches, the prototype is developed on a chassis with tank-type tracks for adequate traction in the sand. the system controlled by Bluetooth through a smartphone and an ATMEGA microcontroller. The waste collection stage consists of an ultrasonic sensor, which when detecting a waste activates the motor of a 4-blade sweeper governed by a proportional and integral position control, storing the solid waste inside the robot. The complete system collects 3 solid objects in a time of 7 minutes and is powered by a 12 Volt source and has an autonomy of 45 minutes.

***Key words**: PI Control, Microcontroller, Collection, Robot.*

Introducción

La playa es un depósito de sedimentos no consolidados que varían en su morfología conformada en su mayoría por arena y grava, se extiende desde la base de la duna o el límite donde termina la

vegetación hasta una profundidad del mar en donde los sedimentos no presentan movilidad [1]. Las playas en México son altamente visitadas debido a su diversidad: de aguas azul turquesa, fina arena blanca y peces multicolores, las playas del Mar Caribe, azul profundo ideales para la navegación, las del Mar de Cortés, de suave oleaje recomendables para nadar, las del Golfo de México, y de fuerte oleaje para actividades como el surf y esquí acuático, las de la costa del Pacífico sur [2].

Las playas proveen un hábitat para diferentes tipos de plantas y animales, también sirven como protección para los habitantes que viven cerca de océanos al desempeñarse como barreras de amortiguación de impacto para fuertes vientos y oleajes de tormentas, además este tipo de ambiente natural fomenta la actividad económica de las comunidades cercanas a ellas, sin contar el sin fin de actividades recreativas que estas ofrecen tanto a los habitantes de las zonas como a posibles turistas [3-4].

Desafortunadamente, estos atractivos sedimentos están expuestos a diversos tipos de afecciones principalmente en la arena, las causas más comunes de contaminación de las playas son: descargas de aguas residuales, drenajes deficientes, residuos de embarcaciones, arrastres de residuos por lluvias, desechos de la población y animales [5-6]. La contaminación en playas afecta en diferentes formas: daña el ecosistema, representa un riesgo para la salud de habitantes de las zonas cercanas y visitantes, teniendo como consecuencia una pérdida económica al reducir el turismo en las playas con malos cuidados y reducir las actividades como la pesca por la contaminación que también llega los océanos [7].

Los residuos son arrastrados por las lluvias y desembocan en los océanos. De acuerdo con el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, 13 millones de toneladas de plástico se vierten en océanos cada año [8], una vez ahí los plásticos son expuestos a temperaturas cambiantes, radiación ultravioleta ocasionando que se fragmenten, estas porciones de desechos pueden enredarse en pequeñas especies animales ocasionando que queden inmovilizadas o asfixien, asimismo estos plásticos son consumidos por la fauna marina, causando la muerte de diversas especies [9].

Para evitar los problemas de contaminación antes mencionados, es necesario un monitoreo constante de las playas, con el objetivo de procurar la limpieza de estas zonas, lo que motiva al desarrollo de prototipos capaces de mantener las playas saneadas de residuos sólidos.

Existen diferentes tipos de diseños de dispositivos recolectores de residuos, tipo barredora [10], con una red o brazo mecánico con una garra [11-12]. En este trabajo se opto por un diseño tipo barredora debido a que es el más fácil de ensamblar y de respuesta rápida, los otros dos tipos necesitan de un mínimo de tres motores, mientras que el tipo barredora solo necesita de un motor para el funcionamiento haciéndolo fácil de controlar.

Metodología

Materiales

El sistema completo está formado por un robot chasis T-Rex tipo tanque con orugas y motores corriente directa (DC) de 12V, dos etapas de potencia L298, dos microcontroladores ATMEGA, módulo bluetooth HC-06, sensor ultrasónico HS-SE04 y un enconder de cuadratura KY-040 acoplado a un motor DC.

Diseño del mecanismo de recolección

El dispositivo de recolección de residuos está diseñado para basura de dimensiones del 100 a 180 cm^3 aproximadamente, el cual está basado en un sistema tipo barredora de 4 aspas que al girar recolecta y almacena el desecho para posteriormente depositarlo en un acopio general. El sistema

 ISSN 2007-8102

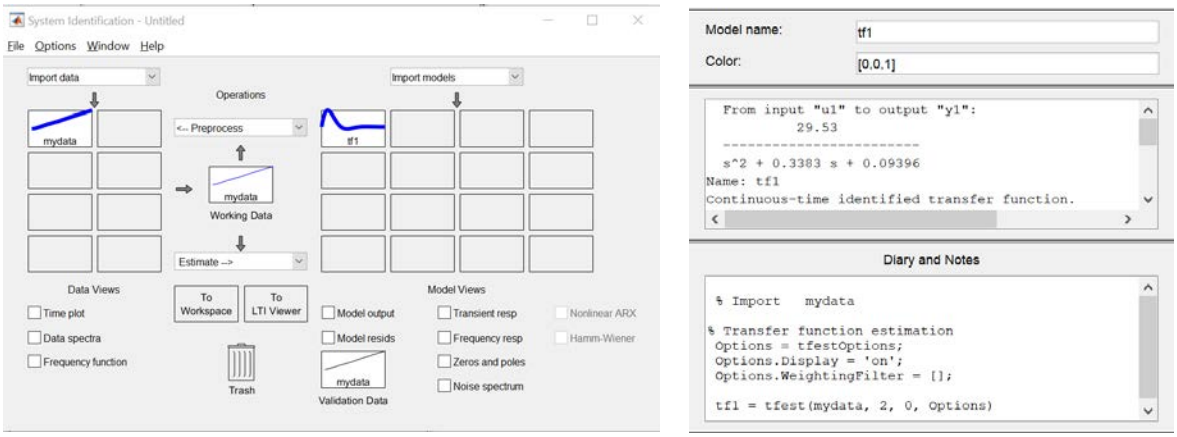
es desplazado a partir de dos orugas que se encuentran acopladas a dos motores de DC, alimentados por una batería de 12V a 4.5 Ah, interconectados a una etapa de potencia L298.

El control del robot se ha implementado en un microcontrolador ATMEGA de 8 bits, la lógica desarrollada se basa en la posición de las aspas de recolección a través de un enconder de cuadratura, este dispositivo envía la posición de retroalimentación para dictar el control del motor de acuerdo con el punto de ajuste (setpoint) establecido. El sistema es controlado por un mando tipo proporcional integral (PI) haciéndolo inmune a las fuerzas no deseadas como son algunas variables ambientales (viento, lluvia) pudiendo éstas alterar la posición de las aspas o desestabilizar el movimiento del sistema.

Al inicializar el sistema, el microcontrolador almacena la posición de las aspas, después el operador del dispositivo ubica el objetivo y coloca el robot a una distancia no mayor a 8 cm de éste, colocando al robot de frente para la recolección. Al hallarse un residuo sólido en la zona de cobertura del sensor ultrasónico quien cumple la función de ejecutor del mecanismo de recolección, se modifica el punto de ajuste, causando que las aspas giren en 180° colocando el residuo sólido entre dos aspas, el robot es capaz de almacenar residuos sólidos no mayores a 500 cm^3 o 1200 gramos en conjunto. Una vez alcanzado el límite de almacenaje en el depósito interno del robot recolector, el operador dirige el dispositivo a la zona de descarga y activa mediante el control remoto la rotación de las aspas en 90° por cada residuo para depositar los desechos en el punto de acopio.

Caracterización del motor del mecanismo de recolección

Mediante la herramienta “ident” del software de MathWorks de MATLAB® [14], se calculó la función de transferencia del motor que manipula las aspas de recolección del robot. Como dato de entrada para la función de transferencia se tomó el voltaje de alimentación con intervalos de 500 mV y como valor de salida las revoluciones por minuto del motor. Como se muestra en la Figura 1.



A) **B)**

Figura 1. A) Función “ident”. B) Cálculo de la función de transferencia del motor de recolección

Una vez obtenida la función de transferencia (Ecuación 1) se ha simulado en el entorno simulink, para realizar el cálculo de las constantes proporcional e integrativa(integral), utilizadas para la calibración del punto de ajuste en el algoritmo de control.

$$H(s) = \frac{29.53}{s^2+03383s+0.09396} \qquad (1)$$

La biblioteca PID_V1.h [15] ofrece las funciones para establecer los valores de las constantes proporcional e integral, y con ellas controlar el ancho de pulso de la salida PWM (Pulse Width

 ISSN 2007-8102

Modulation) del microcontrolador activando de manera proporcional el motor de las aspas del sistema de recolección. Los valores calculados son Ki=2.2 y Kp= 1.
Se han utilizado dos interrupciones externas conectada al sensor enconder de cuadratura para contabilizar los pulsos y mediante ello calcular la posición de las aspas, logrando ajustar su nivel de acuerdo con el punto de referencia configurado. En la Figura 2 se presenta el control del mecanismo de recolección.

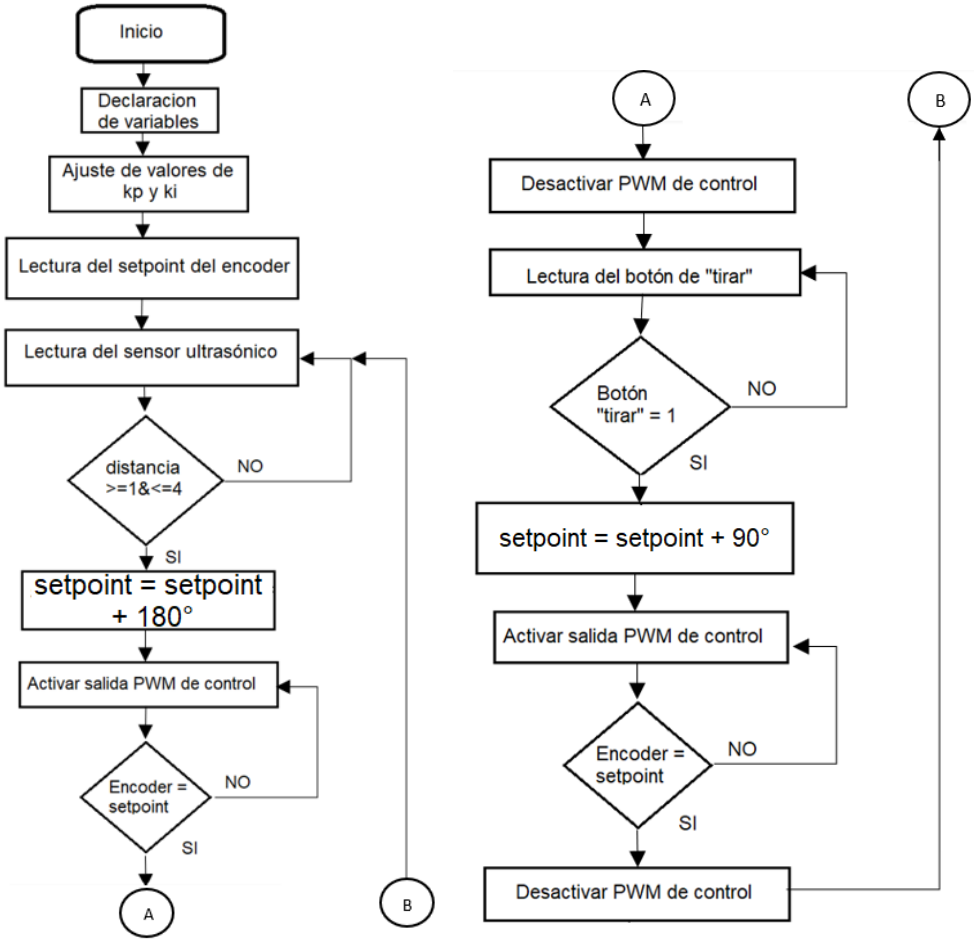


Figura 2. Diagrama de flujo del control del mecanismo de recolección

Diseño del dispositivo móvil

El robot recolector de residuos sólidos en playas fue montado sobre un chasis T-REX [16] tipo tanque con orugas para tracción en la arena, este cuenta con dos motores DC que permiten el movimiento del dispositivo. Los motores son controlados por un microcontrolador ATMEGA y una etapa de potencia L298.

 ISSN 2007-8102



Figura 3. Chasis T-REX.

El microcontrolador se conecta a un módulo bluetooth HC-06, con el cual recibe las instrucciones a ejecutar desde un teléfono inteligente mediante la aplicación Bluetooth controller®, desarrollada por XDA-Developers, adquirida desde la plataforma de distribución digital de aplicaciones móviles para los dispositivos con sistema operativo Android, Google Play. Bluetooth controller® envía diferentes variables tipo cadena para controlar el movimiento del robot y el mecanismo de recolección.

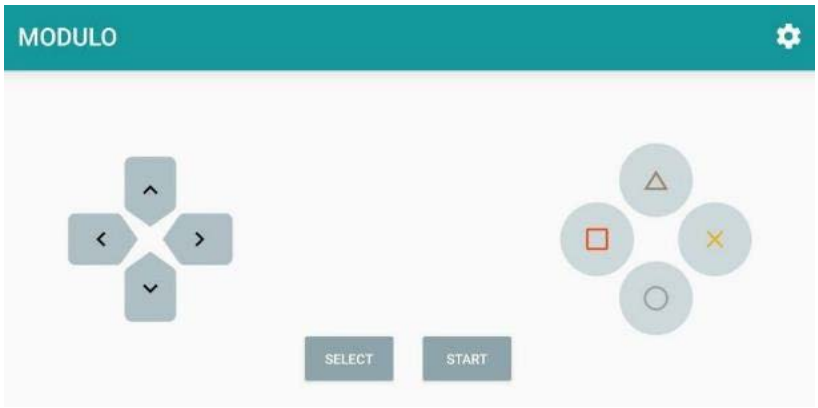


Figura 4. Interfaz del controlador bluetooth

Diseño del algoritmo de control de movimiento

El desplazamiento del robot recolector es controlado por el usuario desde un teléfono inteligente conectado vía Bluetooth al microcontrolador ATMEGA que manipula los motores de las orugas. Es mediante el envío de diferentes letras desde Bluetooth controller como se establecen las instrucciones a ejecutar en el algoritmo de movimiento. Las instrucciones de desplazamiento se representan en la Tabla 1, la Figura 5 expone la máquina de estados del movimiento del robot.

Tabla 1. Variables transmitidas por bluetooth para el control del dispositivo móvil

Variable string	Código hexadecimal	Acción
A	41	Adelante
R	52	Reversa
i	69	Giro Izquierda
D	44	Giro Derecho
S	53	Parar
T	54	Tirar

 ISSN 2007-8102

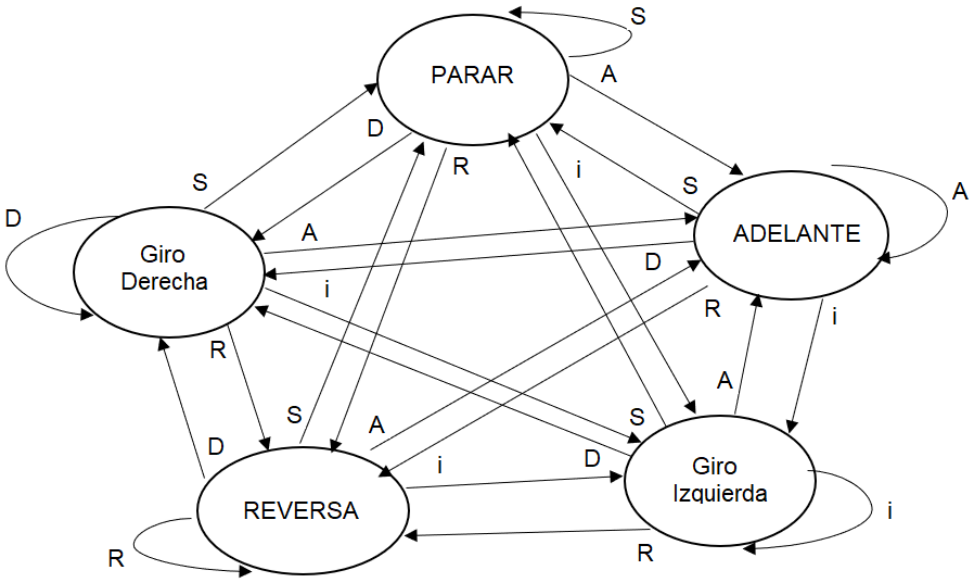


Figura 5. Máquina de estados del movimiento del robot.

Resultados y discusión

Ensamblaje robot recolector de residuos sólidos en playas

En la parte frontal del chasis es colocada la batería que alimenta los motores, creando un contra peso evitando con ello el ingreso de arena dentro del robot al avanzar, adicionalmente se realizaron tres aberturas en la base del depósito de residuos, debajo de las aspas. Los microcontroladores están ubicados en la parte trasera del mecanismo de recolección, las etapas de control se encuentran energizadas por una batería de 9V. El robot recolector ensamblado se muestra en la Figura 6.

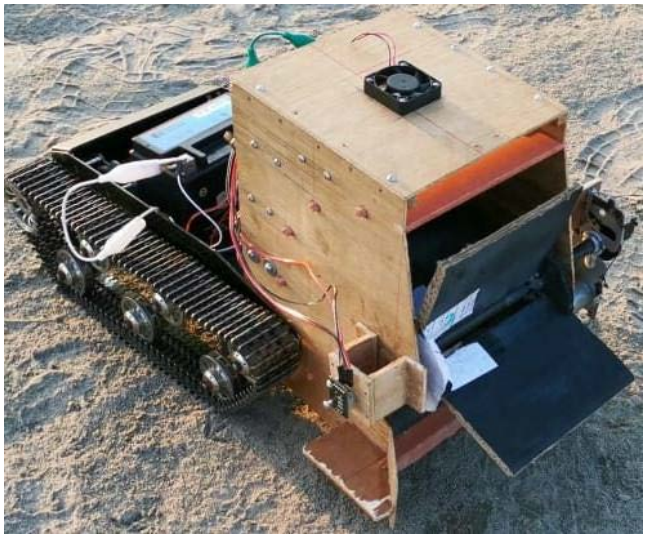


Figura 6. Robot recolector de residuos sólidos en playas

 ISSN 2007-8102

Verificación del desempeño del robot recolector de residuos sólidos

Se ha verificado el desempeño del robot recolector de residuos sólidos en un campo de pruebas [13] dentro de una playa como se muestra en la Figura 7. Se ha logrado la correcta recolección de tres objetos sólidos de 135 cm^3, 110 cm^3 y 180 cm^3 con un peso de 1100 gramos en conjunto, en un tiempo de 7 minutos.

El campo de prueba es un área 12 m por 6 m rodeada por una franja azul de seguridad de medio metro, dentro del área de prueba se colocaron una toalla de playa, una silla plegable y una sombrilla como obstáculos, asimismo se un encuentra un círculo rojo, el cual emula el área de almacenamiento de los desechos sólidos, donde son descargados los residuos recolectados por el robot.

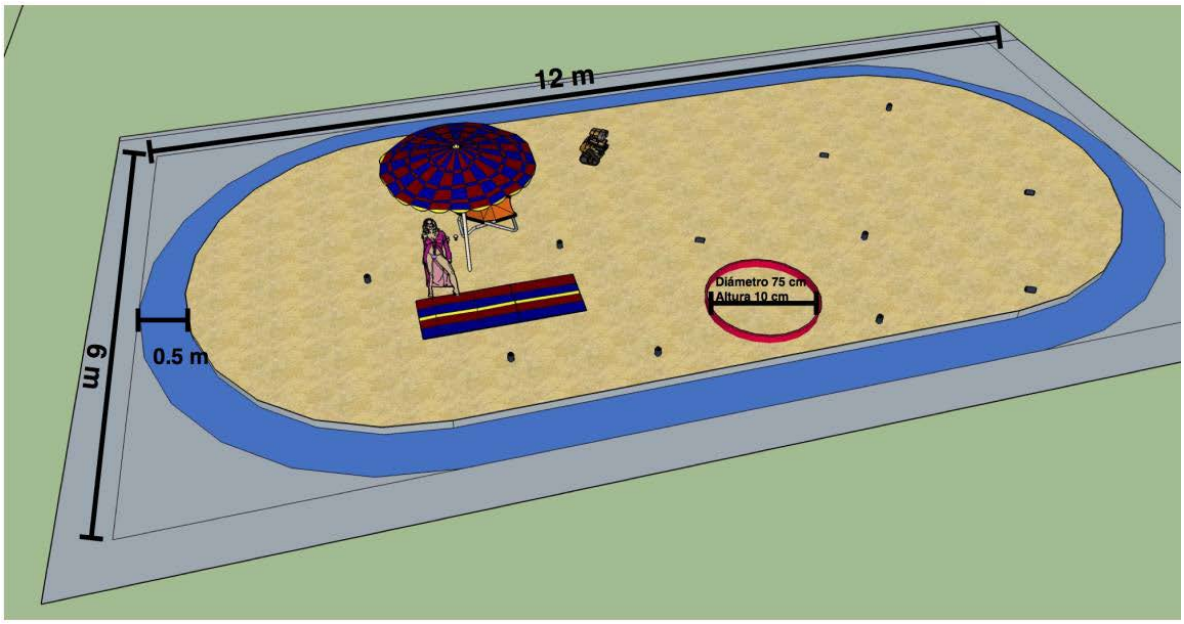


Figura 7. Arenero como campo de pruebas [13].

Conclusiones

En este trabajo se diseñó e implemento un robot móvil para la recolección de residuos sólidos en playas. El prototipo propuesto cuenta con dos dispositivos, uno para el control del robot y el otro para el sistema de recolección el cual es capaz de recolectar 3 residuos en 7 minutos de manera independiente. El prototipo es alimentado con una fuente de 12 volts y tiene una autonomía de 60 minutos. La interfaz gráfica implementada en el dispositivo inteligente es de fácil acceso y simple para el usuario final.

Como trabajo futuro se propone aumentar la eficiencia del movimiento del robot en arena con un chasis que genere mayor tracción, también se plantea el expandir el compartimiento de carga del dispositivo para poder recolectar más residuos antes de tener que regresar a depositarlos y realizar la detección de los residuos por procesamiento de imagen para obtener un funcionamiento autónomo del dispositivo.

Agradecimientos

Al CONACYT por el apoyo a través de la beca 733715 por el Programa educativo Maestría en Ingeniería Aplicada. A la Facultad de la Construcción y el Hábitat de la Universidad de Veracruz, México.

Referencias

[1] Botello, A. V. (2016). La contaminación marina y la urgencia de su legislación. *Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, UNAM*.

[2] IñIGUEZ, L. S., Corona, C. G. G., Pérez-López, R., RAMíREZ, R. C., Mendoza, A. L., & Lizarraga-Arciniega, R. (2007). La gestión integral en playas turísticas: herramientas para la competitividad. *Gaceta ecológica*, (82), 77-83.

[3] Agencia de poteccion ambiental de estados unidos, EPA (2018, jul 11). La impotancia de la proteccion de las playas [Online]. Available: https://espanol.epa.gov/espanol/la-importancia-de-la-proteccion-de-las-playas

[4] IñIGUEZ, L. S., Corona, C. G. G., Miramontes, L. G., & Mendoza, A. L. (2007). El impacto de la actividad turística en la calidad bacteriológica del agua de mar. *Gaceta ecologica*, (82), 69-76.

[5] Sánchez Domínguez, B. E. (2015). El género Enterococcus como contaminante en la zona intermareal en playas arenosas de Veracruz-Boca del Río.

[6] Márquez-Gulloso, E., & Rosado-Vega, J. R. (2011). Clasificación e impacto ambiental de los residuos sólidos generados en las playas de Riohacha, La Guajira, Colombia. *Revista Facultad de Ingeniería Universidad de Antioquia*, (60), 118-128.

[7] Mejía, E., & del Agua, C. (2008). Contaminación en playas causales y soluciones. *Comisión Nacional del Agua. México DF, México*.

[8] Ocampo, M., & Santa Catarina, C. Plásticos en los océanos.

[9] Sommer, M., & Fronteras, O. S. Océanos: la Concientización del Cambio Climático.

[10] Quintero Jurado, A. F. (2015). Diseño e implementación de un prototipo de robot recolector de basura automático para el uso interno de oficinas del departamento de gestión de desarrollo organizacional de la dirección general de registro civil identificación y cedulación del ecuador digercic-dgdo (Bachelor's thesis, Quito: Universidad Israel, 2015).

[11] Dos Reis, J., PACHECO, L., León, J., Lezama, J., Dıaz, D., & López, I. (2013). Robot autónomo de recolección de latas en arena.

[12] Bueno, S. M. I., Martínez, E. C., Juan, A. E. H., Velasco, M. D. P. S., & Orona, J. P. (2013). Open IEEE: Robot Limpiador de Playas.

[13] "System Identification ToolboxDocumentation- MathWorks América Latina", *La.mathworks.com*, 2020. [Online]. Available: https://la.mathworks.com/help/ident/. [Accessed: 01- Aug- 2020].

[14] "Improving the Beginner's PID – Introduction « Project Blog", *Brettbeauregard.com*, 2020. [Online]. Available: http://brettbeauregard.com/blog/2011/04/improving-the-beginners-pid-introduction/. [Accessed: 01- Aug- 2020].

[15] *Sandorobotics.com*, 2020. [Online]. Available: https://sandorobotics.com/wp-content/uploads/2016/11/12719-01.jpg. [Accessed: 10- Aug- 2020].

[16] "Torneo mexicano de robótica 2019" (2020). [Online]. Available: https://www.femexrobotica.org/tmr2019/wpcontent/uploads/2019/02/TMR_Reglas_Limpiadores_Playa_2019.pdf [Accessed: 01- Aug- 2020].

Determinación de la hidrodinámica de un lodo porcícola en un reactor anaerobio mediante CFD

J. Estrada-García[1], J.M. Méndez-Contreras[1], A. Alvarado-Lassman[1], E. Hernández-Aguilar[2]*
[1]División de Estudios de Posgrado e Investigación, Instituto Tecnológico de Orizaba, Oriente 9 852, Emiliano Zapata, C.P. 94320, Orizaba, México
[2]Estudio Integral de Ingeniería Aplicada, Universidad Veracruzana Facultad de Ciencias Químicas, Prol. Avenida Oriente 6 1009, Rafael Alvarado C.P. 94340, Orizaba, México
**jmendezc@hotmail.com*

***Área de participación**: Ingeniería Mecánica y Mecatrónica*

Resumen

Se determinaron las condiciones de mezclado que favorecen el intercambio de masa en un reactor agitado, considerando las características de un lodo porcícola mediante Dinámica de Fluidos Computacional, con el software SolidWorks® 2018 y el complemento Flow Simulation, aplicando el modelo de turbulencia k-ε y las ecuaciones de Navier-Stokes, tomando dos velocidades de giro 100 y 200 rpm, manteniendo calentamiento constante al interior del reactor (313.15 K) y siendo dependiente del tiempo, se obtuvieron perfiles de la hidrodinámica interna a 1, 300 y 600 segundos para cada caso. Se observó que el agitador tipo hélice forma vórtices en dos regiones del reactor bajo un régimen turbulento lo que favorecería el contacto entre los lactobacilos y el sustrato empleado, siendo a 200 rpm la que brinda mejor estabilidad en el sistema y que presenta un aparente mejor comportamiento de mezclado.

***Palabras clave**: CFD, Navier-Stokes, hidrodinámica, turbulencia.*

Abstract

The mixing conditions that favor mass exchange in a stirred reactor were determined, considering the characteristics of a pig sludge with Computational Fluid Dynamics, with the SolidWorks® 2018 software and the complement Flow Simulation, by applying the model of turbulence k-ε and the Navier-Stokes equations, taking two speeds of rotation 100 and 200 RPM, maintaining constant heating inside the reactor (313.15 K) and being dependent on time, internal hydrodynamics profiles were obtained at 1, 300 and 600 seconds for each case. It was observed that the propeller-type agitator forms vortices in two regions of the reactor under a turbulent regime, which would favor the contact between the lactobacilli and the substrate used, being at 200 RPM that provides better stability in the system and presents an apparent better behavior of mixed.

***Key words**: CFD, Navier-Stokes, hydrodynamic, turbulent.*

Introducción

La digestión anaerobia es un proceso aplicado al tratamiento y estabilización de residuos orgánicos, como lodos residuales provenientes de plantas tratadoras de aguas o lodos de los sectores agrícola y ganadero. El diseño de procesos anaerobios dependerá de las características físicas y químicas del residuo como pH, temperatura, porcentaje de sólidos, viscosidad o densidad [1]. Una alternativa sustentable es el uso de probióticos, dentro de los cuales se encuentran los lactobacilos, estos aprovechan los nutrientes (normalmente en exceso) de los residuos orgánicos como los lodos residuales [2].

Las propiedades reológicas de lodos residuales afectan considerablemente el tratamiento y disposición de estos, en especial a los procesos hidrodinámicos donde se realiza mezclado, bombeo y relleno sanitario. La reología de los lodos considera parámetros importantes en el diseño de

procesos hidrodinámicos que recientemente son necesarios para la optimización de procesos biológicos, por lo que conocer el comportamiento de los fluidos cobra mayor importancia [3].

También es importante considerar el sistema de mezclado ya que las propiedades fisicoquímicas del fluido se pueden ver modificadas o generar problemas de operación [4], y ayuda a mantener las condiciones adecuadas del sistema para que los microorganismos que intervienen en el proceso realicen la digestión anaerobia de los residuos. Además, el mezclado ayuda a homogenizar la temperatura y el pH, y puede prevenir cortos circuitos o zonas muertas [5].

Diversos estudios han demostrado que el mezclado en sistemas anaerobios brinda condiciones adecuadas para el correcto desarrollo del proceso. Este tipo de procesos se han estudiado mediante el análisis por Dinámica de Fluidos Computacional o Computational Fluid Dynamics (CFD) [6], mediante la solución de las ecuaciones de Navier-Stokes por el método del elemento finito, que a su vez implementa el uso de modelos como k-ε que se aplica a sistemas bajo régimen turbulento únicamente [7].

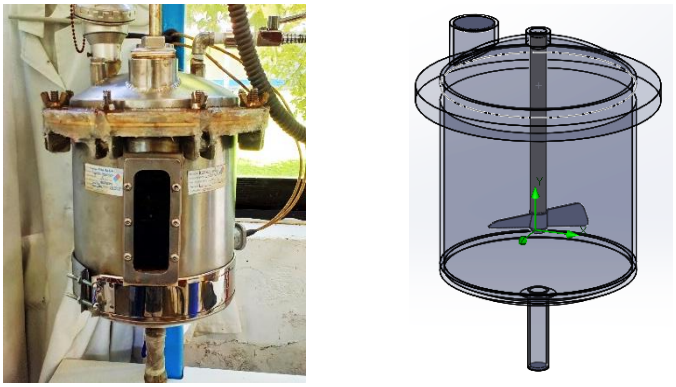
Una característica de los fluidos es que son rotacionales o su vorticidad es diferente a cero, esta es expresada debido a que las partículas rotan por esfuerzos viscosos provocados por el fenómeno de no-deslizamiento en las superficies sólidas [8]. De igual manera se relaciona con la viscosidad turbulenta o viscosidad de remolino, que es propia del flujo, más no del fluido, que explica el transporte de cantidad de movimiento mediante remolinos turbulentos, por lo que conocer la hidrodinámica de reactores anaerobios brinda la ventaja de realizar modificaciones al sistema, con el fin de obtener mejores rendimientos en el aprovechamiento de los nutrientes por los microorganismos [9].

El presente estudio se basa en el análisis de la hidrodinámica de un reactor anaerobio escala laboratorio, para determinar las condiciones de mezclado que favorezcan la bioconversión de un lodo porcícola mediante lactobacilos. Por lo que es importante establecer los parámetros de operación idóneas que permitan realizar la digestión anaerobia bajo un régimen turbulento, generado por un agitador tipo hélice de doble hoja probando dos velocidades de giro 100 y 200 rpm.

Metodología

Modelado 3D de reactor agitado

Se utilizó el software SolidWorks® 2018 para modelar en 3D un reactor cilíndrico agitado escala laboratorio con capacidad de 5L, con un agitador tipo hélice con dos hojas y con chaqueta de calentamiento (Figura 1), además de la suite Flow Simulation para el análisis CFD del mezclado del sustrato (lodo porcícola) y observar la influencia de la temperatura en la hidrodinámica del sistema. Las características generales del reactor se muestran en la Tabla 1.



a) **b)**

Figura 1. Reactor escala laboratorio con agitador tipo hélice de dos hojas a) original, b) modelado en 3D.

 ISSN 2007-8102

Tabla 1. Características generales del reactor agitado

Equipo	Características
Reactor	Acero inoxidable 312, capacidad de 5L, diámetro de 0.24 m y 0.21 m de alto. Cuenta con chaqueta de calentamiento con rango de 25 a 50 °C.
Agitador	Acero inoxidable 321, tipo hélice con dos hojas, eje 0.02 m de diámetro y 0.25 m de largo.

Condiciones de frontera y simulación CFD

Se consideró un calentamiento constante de 313.15 K (40°C), tomando como fuente de calor la superficie interna del reactor. Con el fin de observar la influencia de la temperatura en el mezclado, se tomaron dos velocidades de agitación 100 y 200 rpm, con dependencia del tiempo tomando los perfiles de velocidad a 1s, 300 s y 600 s de haber transcurrido el mezclado, esto bajo un régimen turbulento haciendo uso del modelo k-ε, en la Figura 2 se muestra un diagrama de flujo considerando lo anterior. Las ecuaciones que rigen el modelo de turbulencia k-ε son las siguientes [4]:

$$\rho\frac{\partial u}{\partial t}+\rho(u\cdot\nabla)u=\nabla\cdot[-pl+(\mu+\mu_T)(\nabla u+(\nabla u)^T)]+F \quad (1)$$

$$\rho\nabla\cdot(u)=0 \quad (2)$$

$$\rho\frac{\partial k}{\partial t}+\rho(u\cdot\nabla)k=\nabla\cdot\left[\left(\mu+\frac{\mu_T}{\sigma_k}\right)\nabla k\right]+P_k-\rho\epsilon \quad (3)$$

$$\rho\frac{\partial k}{\partial t}+\rho(u\cdot\nabla)\epsilon=\nabla\cdot\left[\left(\mu+\frac{\mu_T}{\sigma_\epsilon}\right)\nabla\epsilon\right]+C_{\epsilon1}\frac{\epsilon}{k}P_k-C_{\epsilon2}\rho\frac{\epsilon^2}{k} \quad (4)$$

$$\mu_T=\rho C_\mu\frac{k^2}{\epsilon} \quad (5)$$

$$P_k=\mu_T[\nabla u:(\nabla u+(\nabla u)^T)] \quad (6)$$

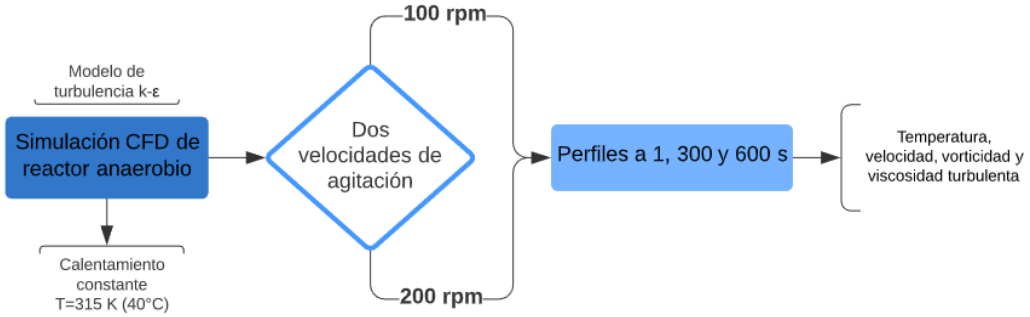


Figura 2. Diagrama de flujo de la simulación CFD del reactor anaerobio y parámetros utilizados

Además de obtener los parámetros de vorticidad (ω) y viscosidad turbulenta ($v_T(x,y)$), que se determinan con transformaciones de las ecuaciones de Navier Stokes [8].

$$\omega=\nabla xU \quad (7)$$

$$\frac{D\omega}{Dt}=v\nabla^2\omega+\omega\cdot\nabla U \quad (8)$$

$$v_T(x,y)=\frac{U_0(x)\delta(x)}{R_T} \quad (9)$$

 ISSN 2007-8102

Para el análisis se utilizó una malla de 5 puntos, el cual se lleva a cabo por el método de diferencias finitas para la resolución de las ecuaciones diferenciales parciales de Navier Stokes, considerando así, un mallado estructurado para el sistema para un total de 10,038 nodos.

Características fisicoquímicas del sustrato

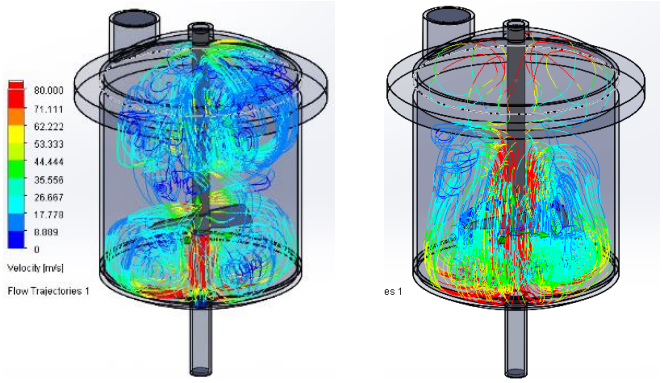
Para modelar el proceso de mezclado de un lodo porcícola se tomaron los datos reportados por Aguilar-Badillo *et al* [9], quienes obtuvieron una densidad de 1,003 kg/m^3 y una viscosidad de 0.02 Pa·s, cabe destacar que este sustrato tuvo un tratamiento térmico durante 1 h a 90°C. Por otro lado, se consideró que la operación será por lotes.

Resultados y discusión

Pruebas preliminares

De acuerdo con la Figura 3 se aprecia mayor turbulencia dentro del reactor al incrementar la velocidad de agitación, la mayor velocidad calculada es de 80 m/s la cual se puede ver en las trayectorias de flujo en tono rojo por debajo del agitador, dado que el comportamiento de este es arrojar el fluido a las paredes del sistema y a su vez al fondo, siendo así un flujo axial.

En ambos casos se genera una respuesta similar provocando trayectorias elípticas al fondo y una repulsión a la parte superior del reactor, con una trayectoria ascendente para volver a integrarse a la zona baja del sistema, tal como lo menciona Blanco [10], quien realizó un estudio en un reactor biológico para tratamiento de aguas residuales con un agitador tipo hélice de 4 hojas.



a) **b)**

Figura 3. Pruebas preliminares sin dependencia del tiempo y despreciando transferencias de calor al interior del reactor a) 100 rpm, b) 200 rpm.

Perfiles hidrodinámicos a 100 rpm

Con la finalidad de observar el comportamiento hidrodinámico del reactor se muestra en la Figura 4, diferentes perfiles de agitación generados por la hélice a tres puntos del tiempo *t*=1, 300 y 600 s a 100 rpm, en donde se observan vórtices en gran parte del reactor sin una topología definida. El perfil de temperatura muestra valores elevados respecto a la indicada para la fuente de calentamiento (313.15 K), en este caso la temperatura máxima es de 500 K y la mínima de 287.83 K, se puede deber a que se considera como el punto inicial de la operación y la fricción generada (Figura 4-a).

Transcurridos 300 s (5 min) se observa un mejor comportamiento en el reactor, la temperatura disminuyó en comparación con *t*=1 s, siendo la temperatura mayor 314.15 K y menor de 310 K, es importante mencionar que la digestión del sustrato será optimo a los 40°C por lo que mantener una temperatura estable es primordial.

 ISSN 2007-8102

En cuanto al perfil de velocidad (Figura 4-b), se observaron vórtices en todo el reactor, pasados 300 s, se observan vórtices con una topología toroidal que mantienen una velocidad entre 2.222 x10^{-4} y 6.667 x10^{-4} m/s, aumentando conforme el fluido asciende por la superficie del eje alcanzando valores de 0.002 m/s. Para los 600 s (Figura 4-j), las corrientes se estabilizan, pero son valores muy bajos por lo que se interpreta que no existe suficiente contacto en las zonas en color azul ya que tienden los valores a disminuir cuando se acercan los vórtices a la superficie del reactor.

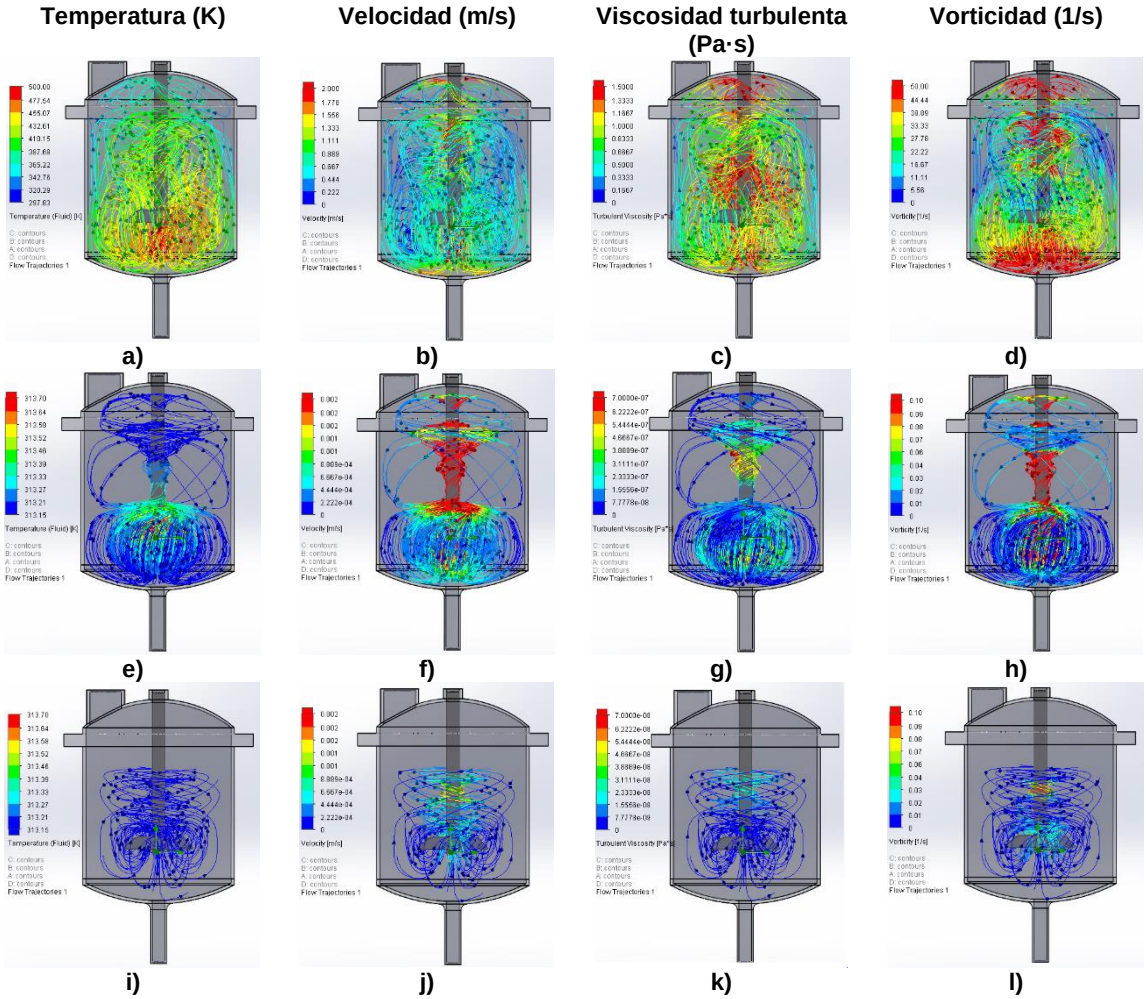


Figura 4. Perfiles hidrodinámicos del reactor anaerobio a 100 rpm, a)-d) para *t*=1 s, d)-h) para *t*=300 s, i)-l) para *t*=600 s.

Se presenta también los perfiles de viscosidad turbulenta que es una viscosidad virtual para predecir flujos con características turbulentas, pero que brinda la ventaja de conocer el comportamiento del fluido en cuestión, para *t*=1 s se observa un incremento de la viscosidad en la zona cercana a la hélice, dado que existe fricción y calentamiento el valor se incrementa, pero conforme avanza el mezclado la viscosidad turbulenta se ve reducida a valores muy bajos registrando a 300 s un valor de 7x10^{-7} Pa·s.

De igual manera, en la Figura 4-g se observa que la viscosidad disminuyó por acción del mezclado dado que los gradientes de velocidad son mayores y el esfuerzo de corte en las paredes se incrementa por la turbulencia generada. Finalmente, se observa mayor estabilidad de la viscosidad teniendo valores de 7x10^{-8} Pa·s (Figura 4-k).

Otra característica de los perfiles generados fue la vorticidad que es calculada por las mismas ecuaciones de Navier Stokes para representar el fluidos en régimen turbulento, en donde el fluido al

 ISSN 2007-8102

no poder deslizarse por las paredes del reactor tiende a generar esos anillos o vórtices que se observan en la zona inferior del sistema y a su vez es relacionada con el esfuerzo de corte al que se ve sometido el fluido [11]. Se observa en la Figura 4-d la vorticidad del sistema, siendo la parte inferior y en la zona del domo donde hay mayor generación de vórtices.

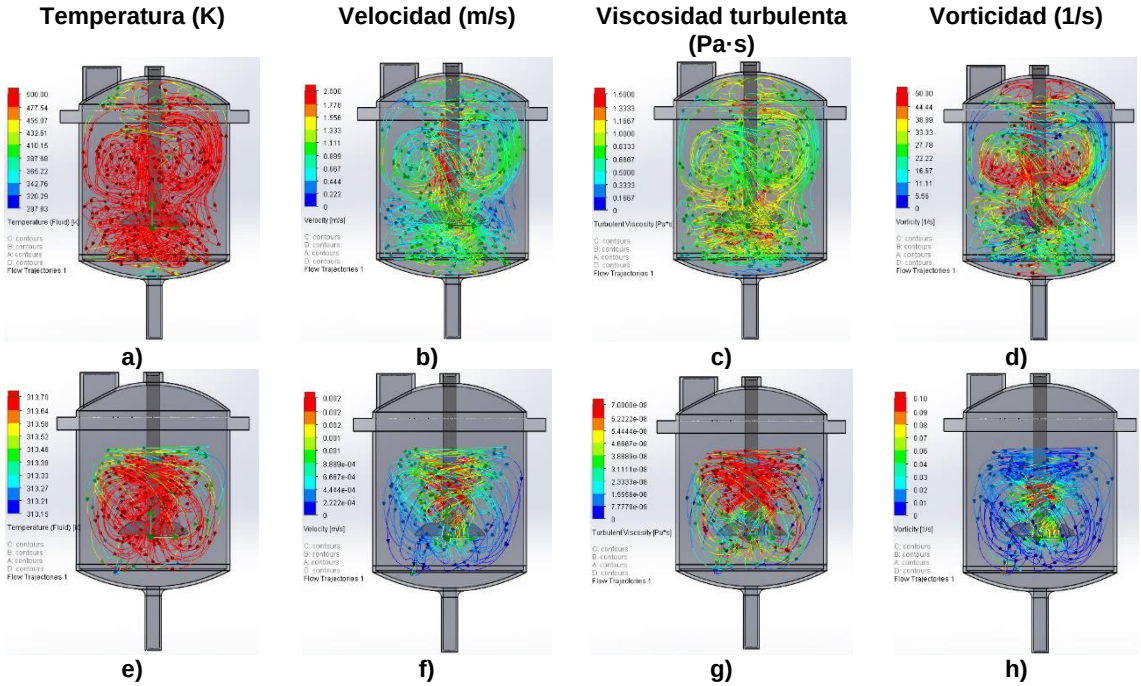
Conforme avanza el tiempo se ven distribuidos los vórtices en todo el cuerpo del reactor, teniendo mayor interacción en la parte inferior y superior (domo), incluso se observan regiones en la superficie del eje (Figura 4-h). Una vez estabilizado el sistema disminuyen las zonas con vorticidad, presentándose en la región media del reactor ascendiendo por el eje como lo muestra la Figura 4-l.

Estas condiciones de mezclado han sido estudiadas por Thakur *et al.,* [12], donde encontraron que a 150 rpm se incrementó la conversión de ácido láctico con *Lactobacillus casei,* dado que se dio una distribución eficiente del sustrato y a su vez aumentó el contacto con los microorganismos y la transferencia de masa en el reactor.

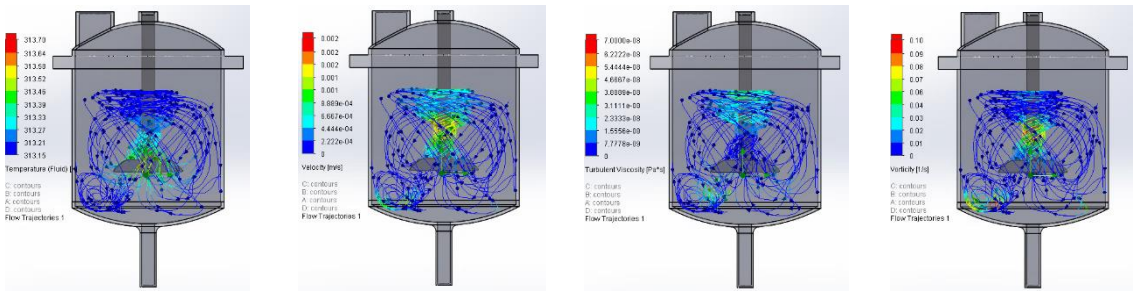
Perfiles hidrodinámicos a 200 rpm

Al aumentar la velocidad de giro se observa que la temperatura se estabiliza prácticamente al mismo tiempo que a 100 rpm como lo muestran las Figuras 5-a, e y i, ya que las corrientes de flujo muestran variaciones en los valores que van de 317.70 a 313.15 K (300 y 600 s), a pesar de que al inicio se ven temperaturas más altas ocasionadas por la turbulencia inicial y considerando fricción con las superficies del reactor (Figura 5-a).

Por otro lado, se aprecian vórtices en las mismas regiones que se mencionaron anteriormente (superior e inferior del reactor), con la diferencia de que existe un menor gradiente de velocidad que van de 2.22 $x10^{-4}$ a 2.0 $x10^{-3}$ m/s para 300 s y de 2.22$x10^{-4}$ a 1.0 $x10^{-3}$ m/s para 600 s, para este caso se ve distribuida la velocidad en la zona media del reactor, en la cual se lleva a cabo el contacto del sustrato y lactobacilos (considerando que el reactor se opera a un 70-80% de capacidad). Además, se observan menor presencia de zonas muertas a diferencia de tener una velocidad de giro de 100 rpm, dado que a 200 rpm se forman vórtices en la zona baja del reactor lo que favorecería el intercambio de materia.



 ISSN 2007-8102



i) j) k) l)

Figura 5. Perfiles hidrodinámicos del reactor anaerobio a 200 rpm, a)-d) para *t*=1 s, d)-h) para *t*=300 s, i)-l) para *t*=600 s.

Según el estudio realizado por López *et al*. [13], observaron que disminuyendo la viscosidad turbulenta aumenta la frecuencia de desprendimiento de vórtices, es decir, se incrementa la capacidad del fluido para formar anillos o vórtices tal como se muestra en las Figuras 5-c, g y k, que a menor viscosidad hay mayor interacción del fluido, constatado por las Figuras 5-d, h y l en donde se ven las corrientes en dos regiones: inferior y superior del reactor.

Se observa un campo de vórtices en la zona media del reactor, encontrando mayores valores de vorticidad en sectores donde existe contacto con la superficie del eje (al *t*=1 s), transcurridos 300 s se observa la misma tendencia encontrada a 100 rpm (600 s), con la diferencia de que se forman pequeños vórtices en la parte baja del reactor y los anillos formados se ven alargados hacia la superficie del reactor (Figura 5-l).

Por otro lado, Yılmaz *et al*. [14], evaluaron los efectos de la velocidad de agitación en la obtención de alcoholes secundarios con *Lactobacillus paracasei,* encontrando que a 100 rpm se daba una conversión del 98% y al aumentar la velocidad de giro a 200 y 250 rpm obtuvieron rendimientos del 99%, aunque en cierto punto de la fermentación el crecimiento celular decayó por acción del esfuerzo de corte generado con estos valores de agitación.

Trabajo a futuro

Se realizarán pruebas con flujo de alimentación continuo con agitación y temperatura constante y dependiente del tiempo, probando diferentes niveles de velocidad de giro y concentraciones de alimentación del sustrato. De igual manera se plantearán estudios de partículas para determinar el tiempo de residencia del sustrato en el reactor. En cuanto a la validación del modelado matemático, se realizarán pruebas físicas para observar el efecto de las condiciones de mezclado en el rendimiento de conversión.

Conclusiones

Se obtuvieron los perfiles hidrodinámicos del reactor anaerobio considerando como fluido un lodo porcícola, donde se observó que a 200 rpm se aumentan las zonas de alta velocidad lo que aparentemente incrementaría el contacto entre sustrato y lactobacilos (incrementando la bioconversión del lodo porcícola), aunque hay zonas con velocidades bajas por lo que sería conveniente incrementar la velocidad de giro para disminuir la presencia de zonas muertas y alcanzar zonas con baja velocidad.

Del mismo modo, el análisis de la viscosidad turbulenta y vorticidad dio una visión de cómo podrían verse afectadas las propiedades fisicoquímicas del fluido, dado que el estudio relaciona las características del fluido con los modelos de turbulencia que rigen este trabajo, determinando las zonas donde existe efecto de la turbulencia y fricción con las superficies del reactor. Incluso podría ser factible implementar otro tipo de agitador que brinde mejor mezclado al interior del reactor.

Aunque, incrementar la velocidad de agitación de 100 a 200 rpm el porcentaje de conversión solo aumenta 1% (según lo obtenido por Yılmaz *et al*.), y es posible que este efecto se pueda determinar en un proceso de bioconversión con lactobacilos, ya que podría reducir los costos energéticos por efecto del mezclado constante y con la implementación de un mezclador más eficiente puede contribuir a la optimización del proceso.

Agradecimientos

Al CONACYT por la beca No. 1006558 otorgada para el desarrollo de este proyecto.

Referencias

[1] A. Dutta, C. Davies, and D.S. Ikumi, “Performance of upflow anaerobic sludge reactor blanket (UASB) reactor and other anaerobic reactor configurations for wastewater treatment: a comparative review and critical updates,” *Journal of Water Supply: Research and Technology*, vol. 216, pp. 392-398, 2018.

[2] R.A.U. Orozco, K.R.G. Montenegro, W.A.M Tinoco, I.E.S. Gómez, and J.R.H. Blandón, “Identificación de *Lactobacillus sp* con potencial probiótico a partir de sustrato fermentado de yuca (*Manihot esculenta*),” *La Calera*, vol. 18, no. 31, pp. 89-94, 2018.

[3] J. Liu, D. Yu, J. Zhang, M. Yang, Y. Wang, Y. Wei, and J- Tong, “Rheological properties of sewage sludge during enhanced anaerobic digestion with microwave-H_2O_2 pretreatment,” *Water Research*, vol. 98, pp. 98-108, 2016.

[4] E. Hernández-Aguilar, A. Alvarado-Lassman, A. Osorio-Mirón, and J.M. Méndez-Contreras, "Development of energy efficient mixing strategies in egg-shaped anaerobic reactors through 3D CFD simulation," *Journal of Environmental Science and Health,* vol. 51, no. 7, pp. 536-543, 2016.

[5] F. Dai, B. Hao, H. Ma, F. Tan, C. Zhu, P. Hou, and S. Zhao, “On-line Monitoring and analysis circuit fault of reactor,” *Journal of Physics: Conference Series*, vol. 1345, no. 3, p. 032070, 2019.

[6] N. Jurtz, M. Kraume, and G.D. Wehinger, “Advances in fixed-bed reactor modeling using particle-resolved computational fluid dynamics (CFD),” *Reviews in Chemical Engineering,* vol. 35, no. 2, pp. 139-190, 2019.

[7] Y. Dong, B. Sosna, O. Korup, F. Rosowski, and R. Horn, “Investigation of radial heat transfer in a fixed-bed reactor: CFD simulations and profile measurements,” *Chemical Engineering Journal,* vol. 317, pp. 204-214, 2017.

[8] S.B. Pope, “Turbulent Flows,” *Cornell University*, pp. 22-356, 2000.

[9] J. Aguilar-Badillo, J.M. Méndez-Contreras, E. Hernández-Aguilar, and A. Alvarado-Lassman, "Determinación de parámetros biocinéticos del crecimiento de *Saccharomyces cerevisiae* en un lodo porcícola," *Química e Ingeniería verde para la Sustentabilidad,* pp. 88-93, 2019.

[10] R. Blanco, "Análisis de la hidrodinámica en un reactor biologico innovador para depuración de aguas residuales mediante modelización," *Universidad de Cantabria,* Trabajo final de master. pp. 23-25, 2016.

[11] A. Mazubert, D.F. Fletcher, M. Poux, and J. Aubin, "Hydrodynamics and mixing in continuous oscillatory flow reactors-Part I: Effect of baffle geometry," *Chemical Engineering and Processing: Process Intensification,* vol. 108, pp. 78-92, 2016.

[12] A. Thakur, P.S. Panesar, and M.S. Saini, “L(+)-Lactic Acid production by immobilized *Lactobacillus casei* using low cost agro-industrial waste as carbon and nitrogen sources,” *Waste and Biomass Valorization,* vol. 10, no. 5, pp. 1119-1129, 2019.

[13] M. López, R. Aguirre, and M.G. Coussirat, “Calibración de Modelos turbulentos para el estudio del fenómeno de desprendimiento de vórtices en un perfil Donaldson,” *Mecánica Computacional*, vol. 35, pp. 907-923, 2017.

[14] D. Yılmaz, E. Şahin, and E. Dertli, “Highly enantioselective production of chiral secondary alcohols using *Lactobacillus paracasei* BD 101 as a new whole cell biocatalyst and evaluation of their antimicrobial effects,” *Chemistry & biodiversity*, vol. 14, no. 11, e1700269, 2017.

Diseño y simulación de la estructura de una máquina tomboleadora de materiales pétreos naturales

A. M. Morales Tassinari[1], L. A. Villeraldo Fernández[2], H. Ximello Ramírez[2],*
[1]Docente de Ingeniería Mecánica, Instituto Tecnológico Superior de Tepexi de Rodríguez, Tecnológico Nacional de México, Av. Tecnológico S/N, Col. Barrio San Sebastián Sección Primera, C.P. 75690, Tepexi de Rodríguez, Puebla, México
[2]Estudiante de Ingeniería Mecánica, Instituto Tecnológico Superior de Tepexi de Rodríguez, Tecnológico Nacional de México, Av. Tecnológico S/N, Col. Barrio San Sebastián Sección Primera, C.P. 75690, Tepexi de Rodríguez, Puebla, México
**tassinari.adolfo1973@gmail.com*

***Área de participación**: Ingeniería Mecánica y Mecatrónica*

Resumen

El presente artículo tiene como propósito presentar el diseño y análisis por elemento finito mediante el software SolidWorks Simulation de la estructura de una máquina tomboleadora de materiales pétreos. Para el diseño, la estructura tiene una dimensión de 1090 mm de largo, 830 mm de ancho y 1000 mm de altura; además, la estructura tiene que soportar un peso total de 1000 kg. Los resultados obtenidos muestran que la estructura se tiene que fabricar en Acero ASTM A500 GR C con una sección transversal cuadrada hueca de 76X76 mm cuyo espesor es de 4.55 mm. La viga de carga tiene un factor de seguridad mínimo de 9.51 y la columna de apoyo tiene un factor de seguridad mínimo de 157.88; además, la estructura operará por debajo de su velocidad crítica. En conclusión, la estructura resulta segura para su funcionamiento en la máquina tomboleadora de materiales pétreos naturales.

***Palabras clave**: Diseño de estructura, máquina tomboleadora, materiales pétreos, simulación.*

Abstract

This article has the purpose to present the design and analysis by finite element using SolidWorks Simulation software of the structure of a stone materials tumbler machine. For the design, the structure has a dimension of 1090 mm long, 830 mm wide and 1000 mm high; in addition, the structure has to support a total weight of 1000 kg. The results obtained show that the structure has to be manufactured in ASTM A500 GR C Steel with a hollow square cross section of 76X76 mm whose thickness is 4.55 mm. The load beam has a minimum factor of safety of 9.51 and the supporting column has a minimum factor of safety of 157.88; in addition, the structure will operate below its critical speed. In conclusion, the structure is safe for operation in the natural stone materials tumbler machine.

***Key words**: Structure design, simulation, stone materials, tumbler machine.*

Introducción

En el municipio de Tepexi de Rodríguez en el Estado de Puebla en México, una de las principales actividades económicas es la extracción, trasformación y venta de materiales pétreos naturales, debido a que existen canteras de travertino, laja y mármol [1]. En general, las etapas del proceso de transformación de estos materiales son [2]: a) Extracción, es el corte en cartera de la piedra mediante máquinas de corte con hilo diamantado, sierras mecánicas o cuñas; b) Laminado, es el corte de los bloques mediante sierras de puente para obtener placas con dimensiones establecidas; c) Retapado, es la aplicación de un material, a base de resina epóxica, para cubrir cualquier hueco; d) Acabado, es el tratamiento final que se le da a la superficie del material; e) Segmentado, es el corte de la lámina de acuerdo con las especificaciones del cliente; f) Secado, es el secado en horno o sopleteado con aire a fin de evitar los residuos de agua; g) Empaque, consiste en utilizar cajas de cartón debidamente flejadas y guardadas en bastidores de madera recubiertos con plástico.

Cabe mencionar que, en la industria marmolera de Tepexi de Rodríguez se realizan diferentes tipos de acabados en los materiales pétreos naturales que procesan, uno de ellos es el acabado Tomboleado que es una superficie semipulida y ligeramente alterada, obtenida a través de un proceso de exposición a golpeteo de otras piedras [3].

Para obtener este acabado, se requiere de una máquina tomboleadora en la que una tómbola, que contiene el material pétreo a tombolear, agua y arena, gira a velocidad constante para que con la rotación de la tómbola se obtenga el acabado tomboleado en el material. Generalmente, el material tomboleado es cuadrado con tamaños de 15X15 cm, 10X10 cm, 5X5 cm, 3X3 cm y 1X1 cm con espesores de 1 cm; algunas veces, el material a tombolear no tiene forma. En la Figura 1a), se muestra una fotografía de una máquina tomboleadora; mientras que en la Figura 1b), se muestra una fotografía de dos piezas con acabado tomboleado:



Figura 1. a) Máquina tomboleadora; b) Piezas con acabado tomboleado.

Considerando que, el Diseño en Ingeniería es el proceso de aplicar técnicas y principios científicos con el propósito de definir un dispositivo, un proceso o un sistema, para su fabricación [4]; por lo tanto, el Diseño Mecánico es la acción de dar figura, tamaños, elementos, tecnología de producción y colocar en marcha una máquina para que desempeñe determinadas funciones o requerimientos [5]. El proceso de diseño tiene las siguientes etapas [6]: 1ro) Reconocer la necesidad, es que los productos creados por el diseño de ingeniería son una respuesta directa a las necesidades específicas de la sociedad; 2do) Crear un diseño, es comenzar a crear ideas de diseño que satisfagan la necesidad; 3ro) Preparar un modelo, es usar un modelo real o matemático que describa el comportamiento físico de la parte a diseñar; 4to) Probar y evaluar el modelo, es asignar valores al modelo para registrar los resultados y asignar juicios de valor; 5to) Mejorar el diseño, proporciona información considerable sobre donde deben efectuarse las mejorar, así este 5to paso condiciona el regreso al 2do paso; 6to) Comunicar el diseño, es dar a conocer el producto a los que lo van a implementar.

De lo antes mencionado, en el segundo paso del diseño es importe que se realice el diseño del concepto, que es un esquema que conecta los elementos posibles del sistema o máquina [7]. En la Figura 2a), se muestra una imagen del diseño conceptual de la máquina tomboleadora de materiales pétreos naturales; mientras que en la Figura 2b), se muestra el diseño conceptual de la estructura de la máquina tomboleadora de materiales pétreos naturales cuya dimensión es de 1090 mm de largo, 830 mm de ancho y 1000 mm de altura, además debe de soportar un peso total de 1000 kg:

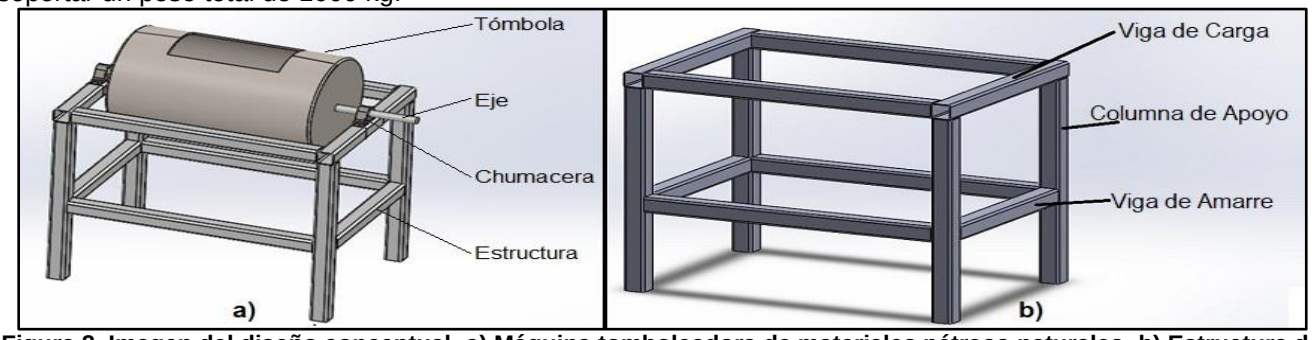


Figura 2. Imagen del diseño conceptual: a) Máquina tomboleadora de materiales pétreos naturales; b) Estructura de la máquina tomboleadora de materiales pétreos naturales.

En la actualidad, la simulación ha cambiado la manera de realizar el diseño de maquinaria convirtiéndose en una herramienta esencial para dicho propósito. En este sentido, el Método de Elemento Finito (MEF) es un método muy usado debido a la evaluación cuantitativa de esfuerzos en problemas estructurales [8]; además, aporta ventajas significativas en las fases de diseño y prueba de productos [9]. Cabe mencionar que, el Método de Elemento Finito se basa en dividir la geometría del elemento mecánico en pequeños elementos en los cuales se resuelven las ecuaciones diferenciales en forma discreta, tomando en cuenta las propiedades físicas de los materiales empleados, los elementos del entorno de vecindad, las condiciones de contorno y las fuentes generadoras de campo [10].

Sin duda alguna, el Método de Elemento Finito puede acercarse bastante a un buen diseño siempre y cuando se tomen en mayor número las condiciones reales [11]. Mediante el Método de Elemento Finito se realizan análisis estáticos que requieren de la configuración geométrica y las condiciones de frontera, propiedades físicas y mecánicas de los materiales (densidad, resistencia, elasticidad); por lo que, el resultado del análisis estático son las deformaciones y, mediante las relaciones cinemáticas y constitutivas, se obtienen los esfuerzos y el factor de seguridad. En este sentido, el desarrollo de programas computacionales permite que el modelado numérico sea más accesible en ingeniería y diseño [12]. Existen muchos softwares para modelado y diseño de mecánico los cuales utilizan el Método de Elemento Finito, una de ellos es el software SolidWorks que es un software de diseño asistido por computadora (CAD) para modelar piezas y ensamblajes en 3D y planos en 2D.

Por este motivo, el presente trabajo presenta el diseño y la simulación por elemento finito utilizando el software SolidWorks de la estructura para una máquina tomboleadora de materiales pétreos naturales para el Taller de Mármol del Centro de Competitividad y Tecnología para la Industria del Mármol en el Estado de Puebla (CECOTIMEP) perteneciente al Instituto Tecnológico Superior de Tepexi de Rodríguez (ITSTR) del Tecnológico Nacional de México (TecNM).

Metodología

Análisis de la viga de carga

Se propone que la viga de carga sea de Acero ASTM A500 GR C tipo PTR con sección transversal cuadrada hueca de 76X76 mm con espesor de pared de 4.55 mm. Para el análisis de las fuerzas internas de la viga de carga de la estructura, la carga en la chumacera es de 4919.16 N a lo largo de 176 mm; por lo que, el peso por unidad de longitud en la chumacera se calcula mediante la ecuación (1):

$$W_1 = \frac{F}{L} = \frac{4919.16}{0.176} = 27949.77\,\frac{N}{m} \tag{1}$$

Ahora se realiza un diagrama de cuerpo libre de dicha viga mediante el Software MDSolid; en este sentido, el mismo software proporciona el diagrama de fuerzas cortantes y de momentos flexionantes. En la Figura 3, se muestra el diagrama de cargas, el diagrama de fuerzas cortantes y el diagrama de momentos flexionantes:

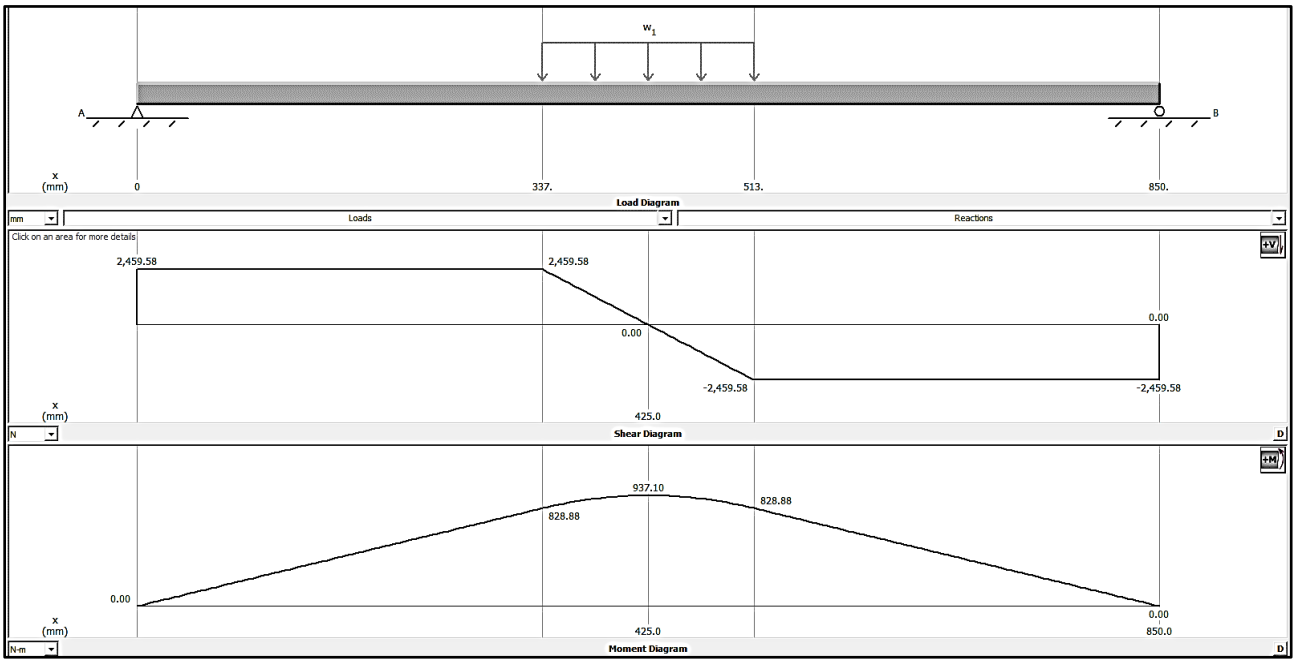


Figura 3. Diagrama de cargas, de fuerzas cortantes y de momentos flexionantes de la viga de carga.

En la Figura 3, se muestra que en el diagrama de fuerzas cortantes (*Shear Diagram*) la fuerza cortante máxima es de 2459.58 N y se encuentra en el extremo izquierdo y derecho de la viga de carga. Además, en el diagrama de momentos flexionantes (*Moment Diagram*) el momento máximo es de 937.10 N·m y se encuentra en el centro de la viga de carga.

Ahora, con base en la sección transversal de la viga de carga se calcula el momento de inercia mediante la ecuación (2):

$$I = \frac{1}{12} b_M^4 - \frac{1}{12} b_m^4 = \left[\frac{1}{12}(76)^4\right] - \left[\frac{1}{12}(66.9)^4\right] = 1110924.26\ mm^4 \quad (2)$$

Por lo tanto, el esfuerzo de flexión máximo en la viga de carga se obtiene mediante la ecuación (3):

$$\sigma = \frac{Mc}{I} = \frac{937.10(1000)(38)}{1110924.26} = 32.05\ MPa \quad (3)$$

Para el material propuesto, la resistencia de fluencia es de 317 MPa; por lo tanto, el factor de seguridad estático en la viga de carga se da mediante la ecuación (4):

$$FS = \frac{S_{yp}}{\sigma} = \frac{317}{32.05} = 9.89 \quad (4)$$

Análisis de la columna de apoyo

Para la columna de apoyo, también se propone un material de Acero ASTM A500 GR C tipo PTR con sección transversal cuadrada hueca de 76X76 mm cuyo espesor de pared es de 4.55 mm. Con base en la sección transversal de la columna de apoyo se calcula el momento de inercia (I) mediante la ecuación (5):

$$I = \frac{1}{12} b_M^4 - \frac{1}{12} b_m^4 = \left[\frac{1}{12}(76)^4\right] - \left[\frac{1}{12}(66.9)^4\right] = 1110924.26\ mm^4 \quad (5)$$

También se calcula el área (A) de la sección transversal mediante la ecuación (6):

$$A = A_{max} - A_{min} = (76)^2 - (66.9)^2 = 5776 - 4475.61 = 1300.39\ mm^2 \quad (6)$$

Ahora, el radio de giro (r) se determina mediante la ecuación (7):

$$r = \sqrt{\frac{I}{A}} = \sqrt{\frac{1110924.26}{1300.39}} = 29.22\ mm \quad (7)$$

Por lo que, la relación de esbeltez real (SR) se obtiene mediante la ecuación (8):

$$SR = \frac{KL}{r} = \frac{1(1000)}{29.22} = 34.22 \quad (8)$$

También se calcula la relación de esbeltez de transición (C_C) mediante la ecuación (9):

$$C_C = \sqrt{\frac{2\pi^2 E}{S_{yp}}} = \sqrt{\frac{2\pi^2(207000)}{313}} = 114.25 \quad (9)$$

En este sentido, como la relación de esbeltez real (SR) es menor que la relación de esbeltez de transición (C_C) entonces se tiene una columna corta; por lo tanto, se aplica la fórmula de J. B. Johnson para calcular la carga crítica de pandeo mediante la ecuación (10):

$$P_{cr} = A\, S_{yp}\left[1 - \frac{S_{yp}\left(\frac{KL}{r}\right)^2}{4\pi^2 E}\right] = 1300.39(317)\left[1 - \frac{317(34.22)^2}{4\pi^2(207000)}\right] = 393498.62\ N \quad (10)$$

Como la carga que debe de soportar la columna de apoyo es de 2459.88 N es menor que la carga crítica de pandeo (P_{cr}) entonces la columna de carga no fallará por pandeo. Ahora, se calcula el esfuerzo de compresión en la columna de apoyo mediante la ecuación (11):

$$\sigma = \frac{P}{A} = \frac{2459.88}{1300.39} = 1.89\ MPa \quad (11)$$

Para el material propuesto, la resistencia de fluencia de 317 MPa; por lo tanto, el factor de seguridad (FS) se determina mediante la ecuación (12):

$$FS = \frac{S_{yp}}{\sigma} = \frac{317}{1.89} = 167.72 \quad (12)$$

 ISSN 2007-8102

Resultados y discusión

Resultados de la simulación estática en la viga de carga

En la Figura 4a), se muestran los resultados del campo de esfuerzos en la viga de carga; además, en la Figura 4b), se muestran los resultados del campo de deformaciones en la viga de carga. También en la Figura 4c), se muestran los resultados del campo del factor de seguridad en la viga de carga:

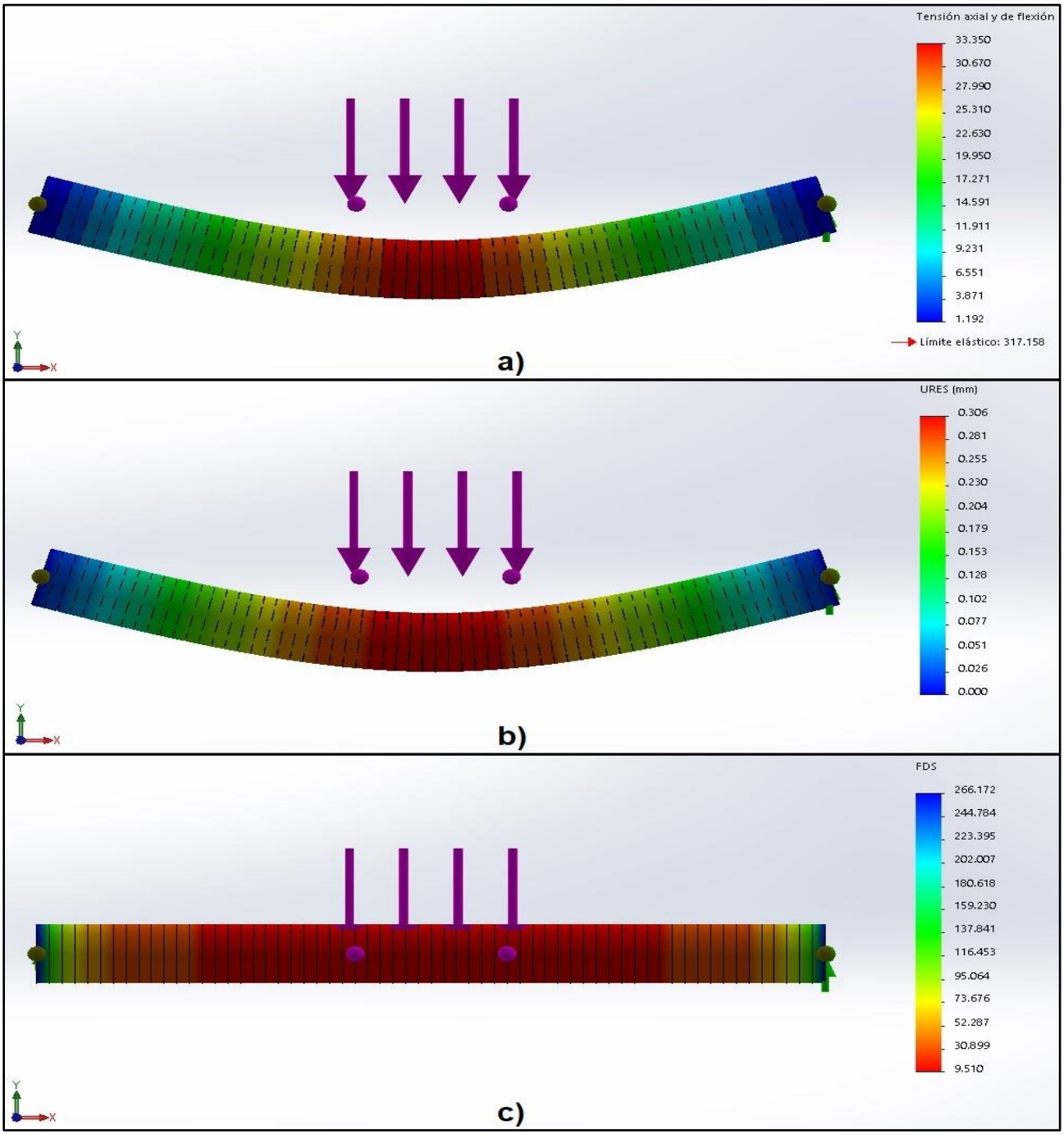


Figura 4. Resultados en la viga de carga: a) Esfuerzos; b) Deformaciones; c) Factor de Seguridad.

Como se muestra en la Figura 4a), el esfuerzo máximo en la viga de carga es de 33.35 MPa; además en la Figura 4b), se observa que la viga de carga tiene una deformación máxima de 0.306 mm. También, en la Figura 4c), se evidencia que el factor de seguridad mínimo en la viga de carga es de 9.51.

 ISSN 2007-8102

Resultados de la simulación estática en la columna de apoyo

En la Figura 5a), se muestran los resultados del campo de esfuerzos en la columna de apoyo; además, en la Figura 5b), se muestran los resultados del campo de deformaciones en la columna de apoyo. También en la Figura 5c), se muestran los resultados del campo del factor de seguridad en la columna de apoyo:

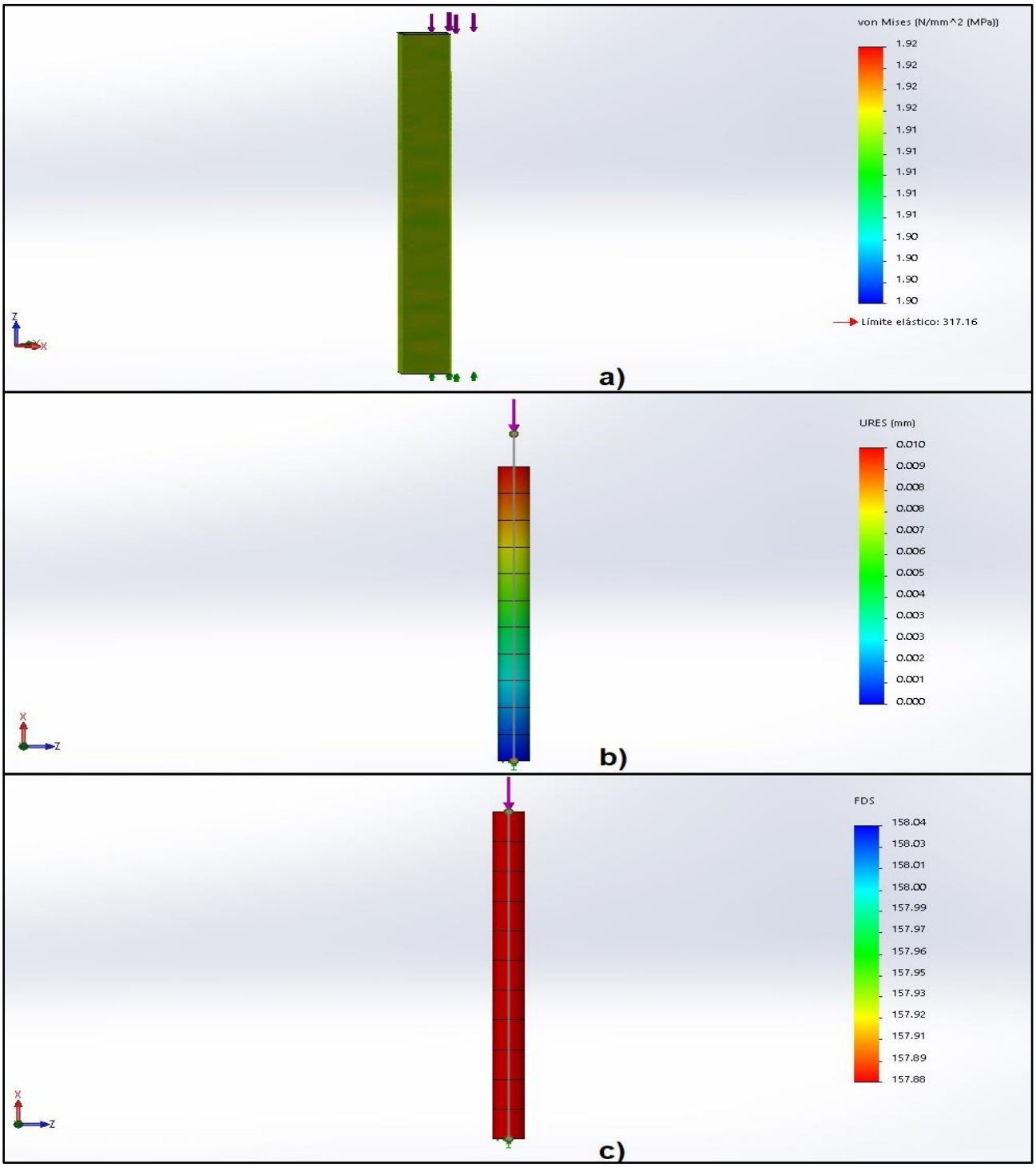


Figura 5. Resultados en la columna de apoyo: a) Esfuerzos; b) Deformaciones; c Factor de Seguridad.

Como se muestra en la Figura 5a), el esfuerzo máximo en la columna de apoyo es de 1.92 MPa; además en la Figura 5b), se observa que la columna de apoyo tiene una deformación máxima de 0.010 mm. También, en la Figura 5c), se evidencia que el factor de seguridad mínimo en la columna de apoyo es de 157.88.

 ISSN 2007-8102

Resultados de la simulación de frecuencias de la estructura

En la Figura 6a), se muestra el resultado de la frecuencia en el primer modo de vibración; mientras que en la Figura 6b), se muestra el resultado de la frecuencia en el segundo modo de vibración:

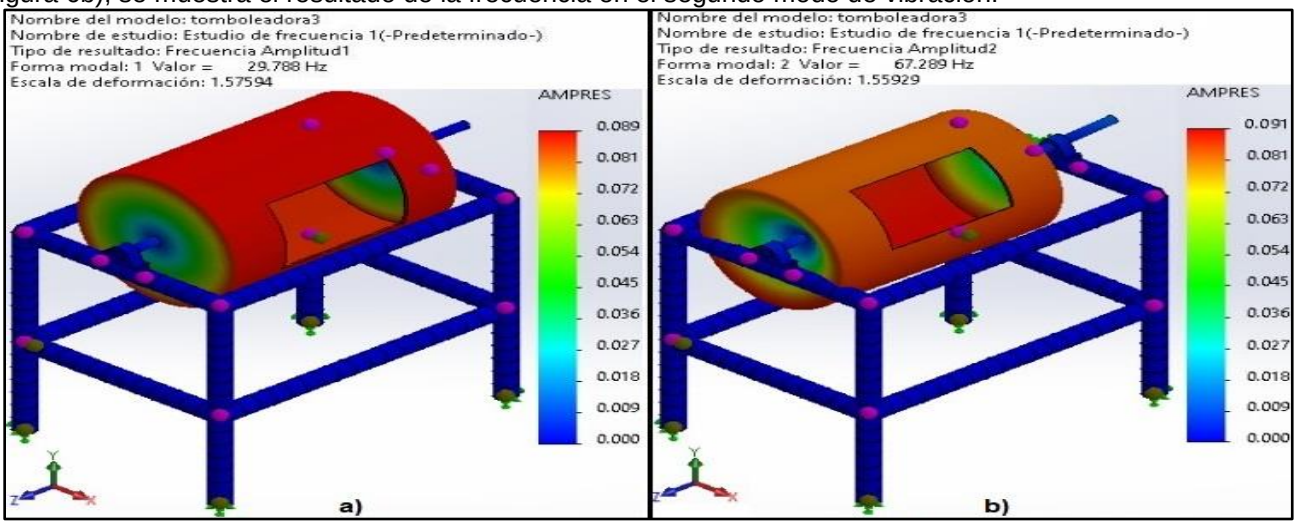


Figura 6. Resultados de la vibración: a) Primer modo de vibración; b) Segundo modo de vibración.

Como se muestra en la Figura 6a), en el primer modo de vibración se obtiene que la estructura tiene una frecuencia de 29.788 Hz; mientras que en la Figura 6b), se observa que en el segundo modo vibración se obtiene que la estructura tiene una frecuencia de 67.289 Hz. Cabe mencionar que, la máquina tomboleadora operará a una velocidad de 60 rpm, esto es a una frecuencia de 1 Hz; por lo tanto, las frecuencias obtenidas en el primer y segundo modo están muy por arriba de la velocidad de operación. Esto significa que, la máquina tendrá una operación dinámica por debajo de su velocidad crítica; por lo que, no se tendrá resonancia estructural.

Comparación de resultados de cálculo y de simulación

En la Tabla 1, se muestra la comparación de los resultados de cálculo y de la simulación obtenida, cabe mencionar que se realizaron dos simulaciones una cuya sección transversal de 76X76 mm con un espesor de 4.55 mm y otra cuya sección transversal de 51X51 mm con un espesor de 1.2 mm:

Tabla 1. Resultados de los estudios de la viga de carga y de la columna de apoyo

Elementos	Parámetros	Resultados			
		Cálculo	Simulación 51X51 con 1.2 mm de espesor	Simulación 76X76 con 4.55 mm de espesor	% de Error Entre Cálculo y Simulación 76X76 con 4.5 mm de espesor
Viga de Carga	Esfuerzo máximo	32.05 MPa	269.82 MPa	33.35 MPa	3.90 %
	Deflexión máxima	-	3.596 mm	0.306 mm	-
	Factor de seguridad	9.89	1.17	9.51	3.84 %
Columna de Apoyo	Esfuerzo máximo	1.89 MPa	10.51 MPa	1.92 MPa	1.56 %
	Deformación máxima	-	0.053 mm	0.010 mm	-
	Factor de seguridad	167.72	30.20	157.88	5.87 %
Estructura	Primer Modo de Vibración	-	24.038	29.788 Hz	-
	Segundo Modo de Vibración	-	468.711	67.289 Hz	-

Fuente: Elaboración propia

Como se muestra en la Tabla 1, la viga de carga con una sección transversal de 51X51 mm tiene un factor de seguridad de 1.17 que resulta muy bajo; mientras que, con una sección transversal de 76X76 mm tiene un factor de seguridad de 9.51 que resulta ser alto. En este sentido se prefiere hacer la selección tanto de la viga de carga como de la columna de apoyo con una sección transversal de 76X76 mm cuyo espesor sea de 4.55 mm. También en la misma Tabla 1, el porcentaje de error entre los cálculos realizados y la simulación estática, con una sección transversal de 76X76 mm con espesor de 4.55 mm, es baja; por lo tanto, la simulación realizada en SolidWorks Simulation es adecuada.

Trabajo a futuro

Uno de los aspectos importantes que se requieren para que la máquina tomboleadora pueda funcionar de la manera adecuada es la selección del eje de la máquina tomboleadora; en este sentido, es importante que se realice un análisis estático, dinámico y de vibraciones del eje de la máquina. Además, se requiere seleccionar las chumaceras adecuadas que permitan soportar las condiciones de carga. Por otro lado, se necesita escoger el sistema banda-polea para que pueda realizar una buena transmisión de la velocidad.

Conclusiones

Los resultados obtenidos en los estudios estáticos de los elementos de la estructura muestran que el Acero ASTM A500 GR C tipo PTR con sección transversal cuadrada hueca de 76X76 mm con espesor de pared de 4.55 mm es adecuado para utilizarse en la viga de carga y la columna de apoyo. Además, la viga de carga de acuerdo con la simulación estática tendrá un esfuerzo de flexión máxima de 33.35 MPa, una deflexión máxima de 0.306 mm y un factor de seguridad de 9.51; mientras que, la columna de apoyo tendrá un esfuerzo de compresión de 1.92 MPa, una deformación de compresión de 0.010 mm y un factor de seguridad de 157.88. También, de acuerdo con el resultado obtenido en el estudio de frecuencia se obtuvo que el primer modo de vibración de la estructura es de 29.788 Hz, de esta forma la estructura operará por debajo de su velocidad crítica; por lo tanto, no tendrá resonancia.

Finalmente, el surgimiento de la simulación computarizada se ha convertido en una herramienta de gran ayuda para el diseño; por lo que, las simulaciones han sido masivamente empleadas para el análisis estático y dinámico de sistemas estructurales [13]. En este sentido, utilizar un software de simulación para el diseño de estructuras resulta en la disminución de tiempos y los costos del diseño.

Agradecimientos

Los autores agradecen al Instituto Tecnológico Superior de Tepexi de Rodríguez por haber prestado las instalaciones, el equipo de cómputo y de simulación para la realización de este estudio.

Referencias

[1] Servicio Geológico Mexicano, *Panorama minero del Estado de Puebla*. México: Servicio Geológico Mexicano, 2018.
[2] Dirección General de Desarrollo Minero, *Estudio de la cadena productiva del mármol*. México: Dirección General de Desarrollo Minero, 2015.
[3] CATEMAR, “Glosario de Términos”. [En línea]. Disponible en: http://www.catemar.com.ve/glosario.html
[4] Robert L Norton, *Diseño de Maquinaria: Síntesis y análisis de máquinas y mecanismos*. México: McGraw-Hill, 2005.
[5] J. I. García, *Fundamentos del diseño mecánico*, Colombia: Universidad del Valle, 2004.
[6] M. F. Spotts y T. E. Shoup, *Elementos de Máquinas*. México: Pearson Education, 2002.
[7] Richard G. Budynas y J. Keith Nisbett, *Diseño en Ingeniería Mecánica de Shigley*. México: Editorial McGraw-Hill, 2008.
[8] L. Pérez, F. Briones, S. Lascano y C. Aguilar, “Análisis de esfuerzos mediante el método de elementos finitos de implantes dentales de titanio poroso”, *Ingeniería y Desarrollo*, vol. 33, no. 1, pp. 80-97, 2015.
[9] J. Cárdenas-Oliveros, J. Cárdenas-Caña y J. Silva, “Tornillo intrapedicular y prisionero. Análisis por el Método de Elementos Finitos”, *Ingeniería Mecánica*, vol. 20, no. 3, pp. 129-135, 2017.
[10] M. Escribano, “El análisis por elementos finitos: Una metodología muy reciente en economía”, *Revista Electrónica de Comunicacioines y Trabajos de ASEPUMA*, vol. 14, no. 1, pp. 1-11, 2006.
[11] J. Atonal-Sánchez, A. Reyes-Cruz y R. Vázquez-Machorro, “Determinación de esfuerzos entre dos piezas en contacto utilizando el Método de Elementos Finitos”, *Científica*, vol. 19, no. 1, pp. 37-41, 2015.
[12] J. Sotomayor-Castellanos y V. López-Garza, “Determinación experimental y verificación por el método del elemento finito de la frecuencia natural de vibración de barras de madera”. *Investigación y Ciencia de la Universidad Autónoma de Aguascalientes*, vol. 27, no. 76, pp. 32-40, 2019.
[13] L. Guerra-García, F. Costa-Baeta, H. Ferreira-Tinoco, J. Osorio-Saraz y F. Osorio-Hernández, “Evaluación del comportamiento mecánico de tres clases de placas tipo sándwich de ferrocemento para la construcción de vivienda rural” *Dyna*, vol. 80, no. 181, pp. 210-218, 2013.

Sistema de navegación para mapeo de redes hidráulicas subterráneas

*D.S. Labastida, E. Rincón Y, C. Hernández-Santos**
Tecnológico Nacional de México/I. T. de Nuevo León, Av. Eloy Cavazos 2001, Guadalupe, N.L, México.
*carlos.hernandez@itnl.edu.mx

***Área de participación**: Ingeniería Mecánica y Mecatrónica*

Resumen

Este articulo presenta el sistema de navegación para un grupo de robots móviles dedicados a la producción de mapas para catastro de infraestructura hidráulica subterránea, que operan internamente en redes de ductos desconocidos y sin soporte GPS, integrando los principios de Tarry de búsqueda profunda, discriminación de Pledge modificada y trasferencia de orientación topográfica, en la construcción temporal de una red de referencia independiente de la navegación inercial periférica. La adquisición de los objetivos topográficos para mapeo se hace por colimación laser y sincronización por radiofrecuencia con una precisión angular y longitudinal de rango sigma II, los mapas producidos contienen las poligonales de los ejes de los ductos de la red.

***Palabras clave**: robótica, topografía, navegación, subterránea.*

Abstract

This paper presents the navigation system for a group of mobile robots dedicated to the production of maps for underground hydraulic infrastructure. The system can operate internally in unknown pipeline networks without GPS support, integrating Tarry's principles of deep search, Pledge modify discrimination, and topographic orientation transfer, in the temporary construction of a reference network independent of peripheral inertial navigation. The acquisition of topographic objectives for mapping is done by laser collimation and radio frequency synchronization with an angular and longitudinal precision of sigma II range. The maps produced contain the polygonal axes of the network pipelines.

***Key words**: robotics, survey, navigation, underground.*

Introducción

Para producir mapas de precisión catastral prescindiendo del soporte GPS este algoritmo de navegación incorpora el método de trasferencia de orientación topográfica sobre poligonales de geo-referencia, Contreras [1], extendida a una red temporal de triángulos en cullos vértices, se colocan estadales optoelectrónicos controlados por una cuadrilla mínima de tres robots móviles colaborativos que se ligan para transferirse la georreferencia utilizando un sistema de adquisición de objetivos óptico compuesto de un distanciómetro laser, un nodo de foto-resistores, un colimador de radiofrecuencia y una mesa de Stewart autonivelante. La navegación coordinada maestro-esclavo de la cuadrilla de unidades robot, tiene dos rangos de alcance gestionados respectivamente por un sistema de navegación periférica (SNP) y otro de extensa (SNE). El primero es para aproximación grosa a objetivos y para evasión de obstáculos, mediante la detección de fronteras con percepción ultrasónica, y odometría, Wang [2]. El segundo rango se aplica a la planeación de rutas por búsqueda profunda, Kumar [23]. La medición de ángulos y distancias se obtiene por reiteración para cumplir el criterio sigma II, Costa [4], Wolf [5].

 ISSN 2007-8102

Navegación y sistema operativo

El software del sistema de navegación es una aplicación que corre sobre un sistema operativo que funciona como una máquina virtual creado exprofeso para el hardware de las unidades robot, que es instalada sobre un sistema operativo base que puede ser una distribución Linux, o equivalente IOT. La aplicación gestiona ocho subsistemas de hardware, conforme al algoritmo de mapeo que integra de los principios de Tarry, Pledge, Adamatzky [6], y de trasferencia de orientación topográfica (TORT), para transformar los parámetros geométricos producidos por el sistema de metrología, en grafos eulerianos, que son la base para la búsqueda profunda con la que la navegación extensa debe agotar la prospección de la red. El kernel del SO, gestiona los comandos clientes mediante agentes de subproceso para interpretar, validar, ejecutar y administrar los hilos entre funciones. Mediante un agente Intérprete recibe las peticiones cliente, las segmenta, revisa su sintaxis, las busca en el diccionario, revisa los tipos y rangos de los parámetros, los empaca y los entrega como entradas para las funciones, según la conformación los guiones de tarea definidos por el kernel. Enseguida son entregadas a un agente ejecutor, que a su vez llama a cada función implicada con sus respectivos parámetros. Paralelamente el contenido de los reportes de recepción, comienzo, término y suspensión de la ejecución de órdenes tanto de software como de hardware son seguidos por un agente Seguidor de hilos.

Transferencia de orientación topográfica y metrología

El TORT es un método convencional estático de referencia entre puntos y ejes, basado en radiación y triangulación topográfica, no requiere soporte GPS y en longitudes cortas no necesita corrección geodésica. En campo este método se puede ejecutar con herramientas mecánico-ópticas en condiciones estáticas de colimación (visibilidad entre las referencias), Velasco [7], Salinas [8]. El procedimiento TORT es lento en comparación con algunos sistemas lidar, pero alcanza la precisión de normatividad regulable. La propuesta de incorporación de TORT en paralelo a la navegación inercial, separa la incertidumbre de la aproximación grosa a los objetivos, independizando el producto del proceso de metrología. Para comenzar el procedimiento de TORT se requieren dos puntos de geo-referencia validados, como estaciones para los estadales de las unidades esclavo. El procedimiento consiste en extender la red de referencia gradualmente agregando nodos por triangulación. Durante esa operación dos de las tres unidades robot deben mantenerse estáticas sobre puntos de geo-referencia validada, mientras que la tercera cambia de posición hasta un objetivo topográfico (surveying landmark). Para triangular se deben determinar tres parámetros: el ángulo azimutal de los vectores formados entre los dos nodos validados y el objetivo y sus distancias, Wolf [5], las mediciones radiales y de longitud deben ejecutarse en una condición asintótica respecto del plano tangente en los puntos de referencia. Ver Figuras 2 y 4. Conocidos el ángulo y las distancias se pueden calcular las coordenadas del objetivo y procesarlo en la base de datos de mapa. Para garantizar la referencia asintótica del sistema de metrología topográfica se utiliza una plataforma Stewart, autonivelante que, mediante dos cadenas cinemáticas, ortogonales e independientes regulan la inclinación de la plataforma de metrología, controlando un servomotor con la retroalimentación de un acelerómetro, Hernandez S. [9]. Ver Figura 3.

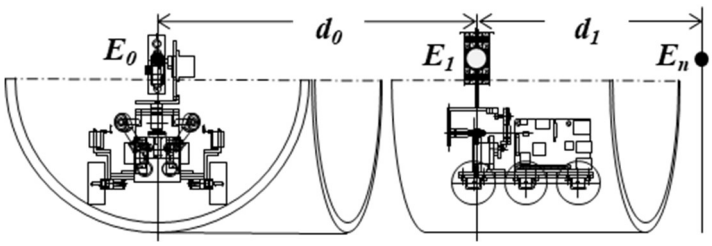
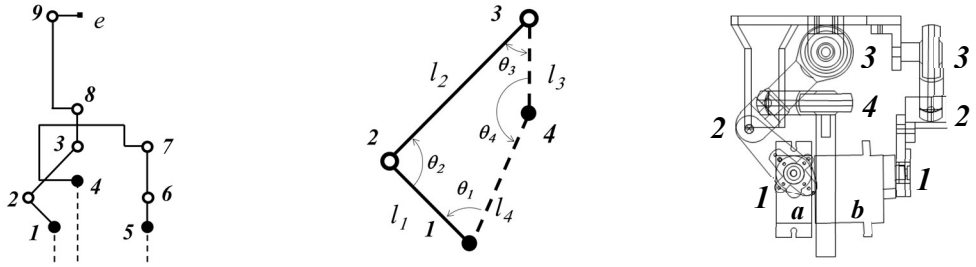


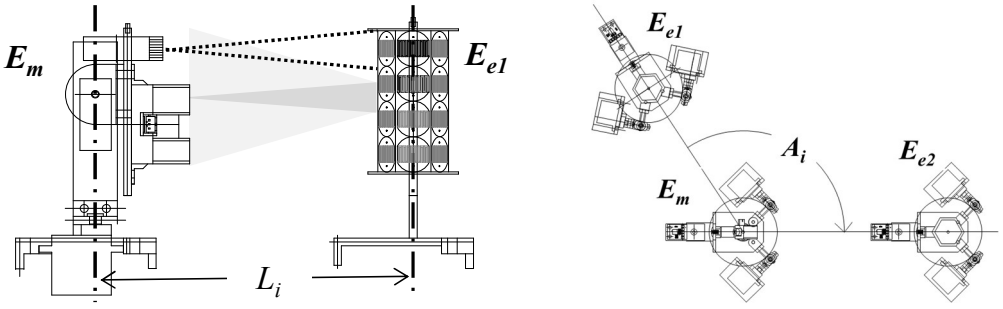
Figura 2. Unidad robot maestra (E_0) y esclavo (E_i), dentro un ducto 12" de diámetro.

 ISSN 2007-8102



(3.a) (3.b) (3.c)

Figura. 3, (3.a) Cadenas cinemáticas del robot, (3.b) Cadena cinemática de la plataforma autonivelante (3.c) Implementación mecánica.



(4.a) (4.b) (4.c)

Figura 4. Sistema de metrología (4.a) Emisor colimador, (4.b) Estadal receptor, (4.c) Disposición para medición de un ángulo azimutal.

Algoritmo de Tarry-Pledge

Existen estrategias que optimizan diversos aspectos de la búsqueda profunda, sin embargo, su aplicación en este caso es limitada, debido a que no se puede asumir que inicialmente se conocen suficientes características de la red para por poder construir un grafo adecuado, no obstante, la complejidad de tiempo y de mensaje del algoritmo de Tarry es competitivo. Se enuncian sus tres reglas: 1) Al partir de un nodo se hará un registro de paso en la conexión con la arista que se recorrerá. 2) Al arribar a un nodo se hará un registro de paso en la conexión con la arista que se ha recorrido. 3) En la selección de las aristas a recorrer se avanzará primero por las aristas inexploradas, en segundo por las recorridas en un solo sentido, en tercero por la arista por la que se llegó al nodo. Al adicionar el criterio de peso de selección según la orientación radial de Pledge modificada al algoritmo, se logra diferenciar las aristas asociadas a un nodo, preparándolas para ligarlas a la referencia absoluta mediante TORT. La elección del sentido radial de Pledge produce circuitos parciales diferentes, pero con resultados finales equivalentes.

Adquisición de objetivos topográficos

El SNE ordena la adquisición de objetivos topográficos, para la identificación de los puntos donde se enfocará la colimación durante la medición de distancias y ángulos, que definirán los nodos y aristas. Mientras que la aproximación de las unidades robot a los objetivos es guiada por el SNP. Considerando una cuadrilla compuesta de una Unidad Robot Maestra (URM) y dos Unidades Robot Esclavas (URE1) y (URE2. Durante el proceso de adquisición de objetivos el envío de órdenes y reportes se hace por el canal de radio frecuencia de cuadrilla. La definición del vector desplazamiento y velocidad las unidades robot, se hace en función del rango de alcance de los sensores de distancia, conforme al orden del levantamiento en ejecución de la unidad maestro. Cada aproximación de las unidades robot a un punto nuevo es iterativa. Cuando un comando de desplazamiento es recibido por el kernel, es tomado el parámetro de distancia y con base en la velocidad de crucero, se calcula el tiempo que deberán rotar los mores del sistema de tracción para desplazarse a la distancia requerida. Luego la unidad robot activa sus motores, cronometrando el lapso para su desactivación. Simultáneamente los sensores del sistema de percepción periférica le permiten al microcontrolador

 ISSN 2007-8102

comprobar continuamente el libre paso de la trayectoria pretendida. Si los sensores ultrasónicos encuentran obstáculos, la aplicación del microcontrolador evalúa la opción de cambio de dirección buscando en sentido sincrónico, áreas periféricas libres. Si no se detectan alternativas de tránsito, la URM retorna con la cuadrilla hasta el anterior nodo y vuelve a evaluar la dirección de avance. Excepcionalmente, si la unidad maestra no puede detectar una ruta de avance o no puede moverse, procede a apagar los sistemas secundarios de toda la cuadrilla, salvo el de comunicación y manda repetidamente un reporte de estación forzada a la unidad de supervisión y queda en espera de un nuevo comando.

Algoritmo de navegación

Alternando las funciones del SNE y del SNP, el algoritmo de navegación orienta el avance de las unidades y procesa el grafo de red, siguiendo el diagrama de flujo de la Figura 5.

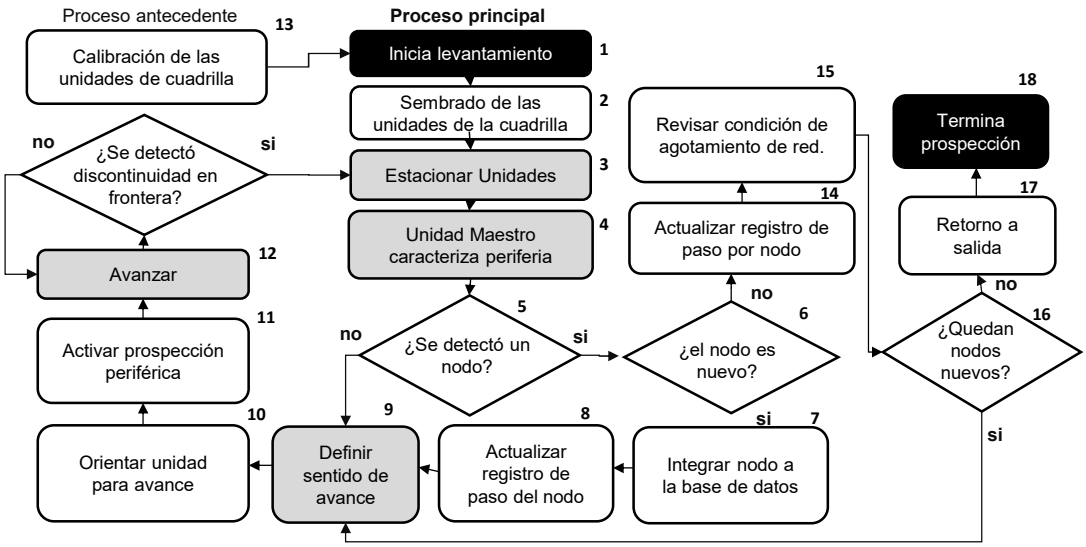


Figura 5. Proceso de navegación y mapeo de red

Metodología

Considerando los aspectos fundamentales de la hipótesis, se ejecutaron dos experimentos: el, primero con el objetivo de cuantificar la calidad de los datos producidos, comparando una red de control física de dimensiones conocidas y geometría representativa, contra los datos producidos por el sistema de mapeo de la misma red. Toda vez que esta prueba física es de extensión limitada respecto de las redes de infraestructura promedio en campo (de escala kilométrica), por lo que se ejecutó una segunda etapa de escala extensa de ensayos con réplicas virtuales de redes reales de áreas metropolitanas conocidas, esta vez enfocando el desempeño de la lógica del algoritmo, al tratar bases de datos mayores y complejas. Para la prueba de validación física del sistema de navegación se manufacturó un grupo de tres prototipos de unidades robot dedicadas, (dos URE y una URM) diseñados para las condiciones de indisponibilidad del servicio GPS, (ver Figura. 4) y el confinamiento en diámetros de 10” o mayores representativos de conducciones de escala municipal y estructuras auxiliares típicas. Las unidades se equiparon con todos los recursos requeridos por el sistema de navegación, para producir mapas, sin la protección hermética. Los prototipos incluyen un procesador principal Broadcom a 2.1 GHz de 64 bits con una red SPI para cinco microcontroladores de 16 bits ATmega328P a 16MHz, con un bootloader versión STK500, que gestionan ocho subsistemas de actuadores y sensores conectados. Ver Figura 5. La máquina virtual del S.O. se instaló sobre una distro Linux Raspbian 3.2, 01-2020, Las unidades tienen un peso aproximado de 1,1 kg incluyendo baterías y una envolvente total de 148x170x176 mm. Ver Figura 2.

 ISSN 2007-8102

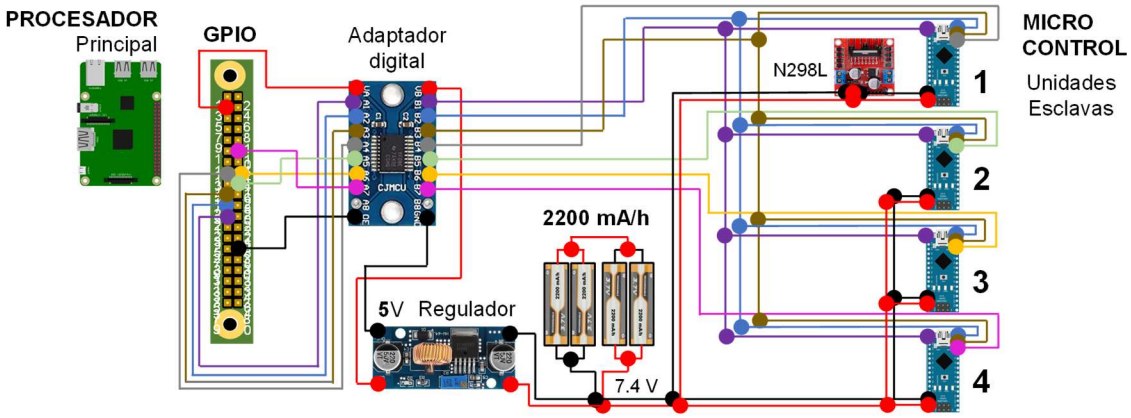


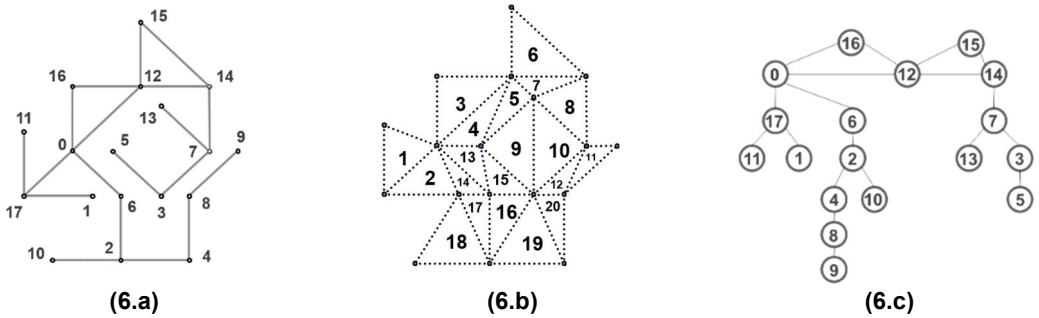
Figura 5. Diagrama de la red SPI de los prototipos de las unidades robot.

La dirección del sistema de tracción de las unidades es de deslizamiento, Singh [10], con seis rodamientos de rotación independiente, no direccionable, Ahmed [11]. La operación de las unidades robot es autónoma hasta por 4 horas sin requerir de líneas de comunicación o control, ni de suministro de energía.

Pruebas

Red para validación por prueba física

La red de pruebas de mapeo se construyó siguiendo la configuración típica de la geometría de las redes hidráulicas de distribución secundaria (uniones de mallas abiertas y cerradas, Figura. 6.a) topológicamente se compone de tres árboles y dos ciclos (Figura 6.c), con 18 nodos y 19 aristas, todas orientadas a doble sentido. El diámetro de sus ductos es de 12", para facilitar el acceso manual y el sembrado de las unidades robot. Con 19.8 m de desarrollo longitudinal, cubre una superficie 15m^2. Se instaló sobre un firme de concreto, de pendiente uniforme. El desplante de la red de pruebas se trazó por triangulación sobre una malla de control redundante con 25 triángulos (Figura 7.b), la medida de cada arista fue reiterada cinco veces, su cuadro de construcción está en la Tabla 2.



(6.a) **(6.b)** **(6.c)**

Figura 6. (6.a) Diagrama de la red 00, (6.b) Malla triangular de control para el trazo (6.c) Grafo de la red de prueba

Para la segunda etapa de pruebas, se prepararon nueve modelos de redes, de diferente densidad y conectividad. Estas se muestran en la Figura 7, junto son la cuantificación de sus nodos y aristas. Siendo la mayor la R05 con 730 aristas. La red R01 es una extensión de la red física de control (R00) que mantiene deflexiones rectas y de 45° para facilitar la comparativa de ángulos. Las redes R02, R08 y R09 representan áreas rurales, la primera de baja densidad y las otras dos son interconexiones de varios sistemas menores. La red R07 es una interconexión de redes secundarias en Quito Ecuador. Las redes restantes provienen de zonas conurbadas de México: la R05 es una red secundaria de una ciudad del noreste, la red R04 es un sector de control hidrométrico de alta

 ISSN 2007-8102

densidad en una ciudad del centro. La red R03, corresponde a un sector de alto consumo en una ciudad del noreste. Por último, la R06 es similar a un laberinto de pruebas mini-mouse.

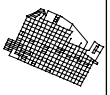
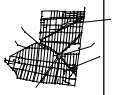
	R01	R02	R03	R04	R05	R06	R07	R08	R09
									
Nodos	31	96	355	390	511	118	220	226	575
Aristas	34	117	600	591	730	98	264	493	597

Figura 7. Redes de prueba extensa para la validación del algoritmo de navegación.

Resultados y discusión

La primera prueba permite evaluar la calidad de los datos producidos por el mapeo en función del error de desfasamiento de sus nodos, esto se muestra en la Figura 8, donde se han superpuesto las coordenadas de los nodos de la malla de control y los del mapa. Para interpretar el error entre ellos, se revisa el circuito más largo sin ramificaciones en la red de prueba, este corresponde a la secuencia de nodos (10,2,6,0,16,12,15,14,7,3,5), que se reporta en la Tabla 1. En ella se aprecia cómo gradualmente la distancia entre los nodos de control y los del mapa crece, hasta hacerse máximo en el nodo 5. Esto se ha graficado en la Figura 9, donde se muestran tres líneas correspondientes a los deltas del error en el sentido del eje X y Y separadamente y de una resultante R, que es la magnitud del vector conformado por los deltas.

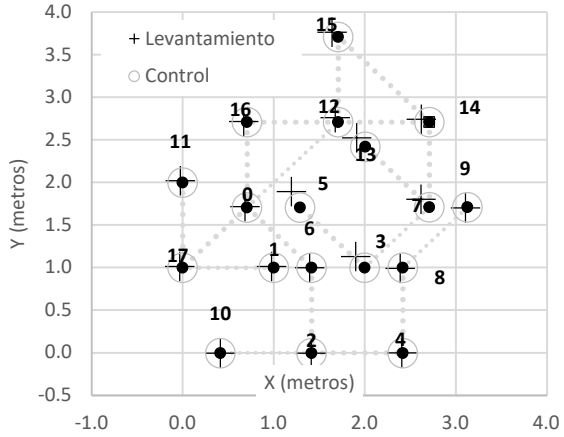


Figura 8. Error de desfasamiento geométrico de nodos, Malla de control versus Sistema de mapeo.

Tabla 1. Error de desfasamiento geométrico de nodos, Axial (X) y (Y).

Nodo	Control		Mapa		Desarrollo Longitudinal (m)	Error		
						Axial		Resultante
	X	Y	X	Y		X	Y	R
10	414.9	0.0	414.9	0.0	0	0.00	0.00	0.00
2	1415.8	0.0	1411.8	0.0	996.90	-4.00	0.00	4.00
6	1415.8	1000.6	1396.1	1000.5	1997.50	-19.72	-0.12	19.72
0	2416.4	0.0	2408.4	3.1	3007.13	-23.28	9.04	24.97
16	708.3	2709.2	673.2	2719.2	4009.13	-35.08	9.97	36.47
12	1708.9	2709.2	1674.8	2764.0	5011.73	-34.09	54.84	64.57
15	1708.9	3710.0	1640.9	3767.3	6015.53	-67.98	57.27	88.89
14	2709.7	2709.2	2622.2	2743.4	7433.71	-87.47	34.23	93.93
7	2709.7	1711.9	2616.4	1806.8	8421.31	-93.27	94.93	133.08
3	1998.3	1001.2	1899.3	1134.7	9418.85	-98.95	133.48	166.16
5	1290.6	1708.1	1193.5	1897.2	10418.12	-97.08	189.11	212.57

 ISSN 2007-8102

El error longitudinal acumulado en los nodos del trayecto, no se corresponde con el error angular definido por la diferencia entre los ángulos de deflexión de la poligonal de control y del mapa, graficado en la Figura 10, que es notoriamente oscilante, porque no está asociado a una medición directa, sino a un cálculo derivado de los azimuts. Al enfocar las magnitudes del error resultante de desfasamiento (R), graficado en la Figura 11, se nota un patrón senoidal suave, teniendo como eje la recta de aproximación lineal, con una pendiente de 2.3%. Si tal error de desarrollo longitudinal se conserva al operar en redes de mayor escala, y se extrapola con base a la longitud de la poligonal más extensa sin derivaciones, dentro de las nueve redes modelo, se obtienen las magnitudes lineales del error resultante que se muestra en la Tabla 2, y que se grafica en la Figura 12. Esta extrapolación tiene en paralelo el crecimiento del número ordinario de las operaciones por estación y las derivadas de la extensión de nodos por el rebasamiento del rango de alcance del sistema de metrología.

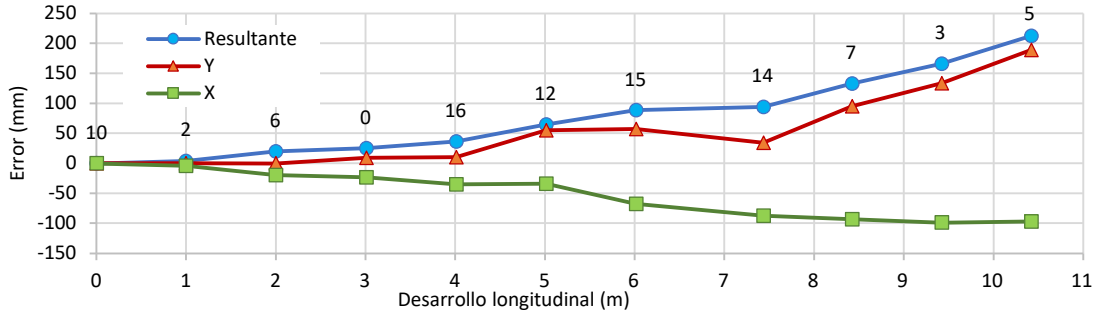


Figura 9. Error de desfasamiento geométrico de nodos, Axial (X), (Y) y Resultante (R).

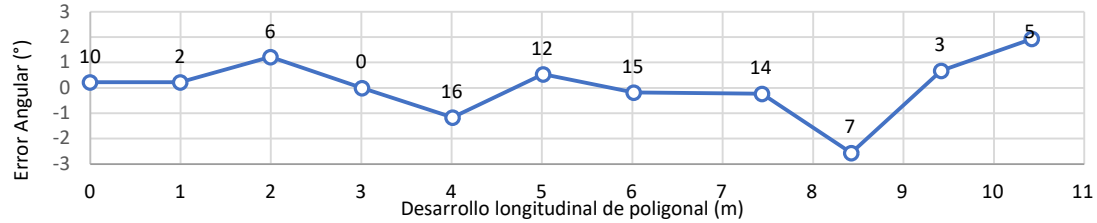


Figura 10. Error de desfasamiento angular en los vértices de poligonal más larga sin islas.

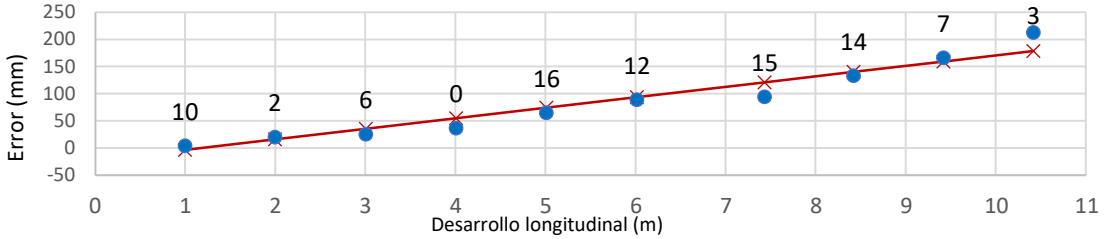


Figura 11. Error de desfasamiento geométrico de nodos resultante (R), aproximación lineal

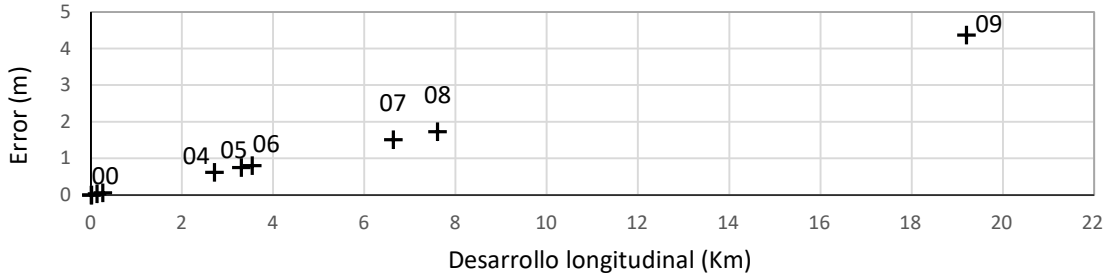


Figura 12. Extrapolación del error de desfasamiento a modelos de redes mayores

Tabla 2. Error de desfasamiento geométrico, extrapolación a redes mayores

	Aristas		Nodos		Desarrollo Longitudinal (m)		Operaciones		Error
Red	Total	Trayectoria	Total	Trayectoria	Total	Trayectoria	Total	Trayectoria	(m)
00	19	10	18	11	19.8	10.4	114	60	0.2
01	34	21	31	22	35.8	17.9	204	126	0.4
02	117	42	96	43	21,183.0	7,604.1	702	252	172.7
03	600	70	355	71	30,336.7	3,539.3	3,600	420	80.4
04	591	47	390	48	241,476.6	19,203.7	3,546	282	436.1
05	730	70	511	71	69,181.4	6,633.8	4,380	420	150.6
06	98	38	118	39	8,518.1	3,302.9	588	228	75.0
07	264	46	220	47	1,536.4	267.7	1,584	276	6.1
08	493	38	226	39	1,786.2	137.7	2,958	228	3.1
09	597	92	575	93	17,592.1	2,711.0	3,582	552	61.6

Conclusiones

La prueba física muestra que el error de desarrollo longitudinal es acumulativo, sin embargo su tasa de crecimiento está dentro de los parámetros aceptables para los procedimientos convencionales de topografía.

La fuente de error más significativa está en el proceso de medición de longitud, con dos líneas de mejora: a) Ajustar el alcance del sensor de distancia, al promedio de las longitudes de las aristas de la red, con el fin de disminuir el número de operaciones por reposicionamiento por rebasamiento del alcance del sensor. B) Calibrar el sensor considerando la luminosidad ambiental in situ, implementando un sensor y una rutina exprofeso.

La navegación periférica podría reducir sus operaciones aumentando el número de sensores ultrasónicos con una disposición octagonal, lo que permitiría mejorar la detección de las discontinuidades asociadas a las locaciones de los nodos, y mejorar el reposicionamiento.

El algoritmo pude contemplar una estación esclava más, para aumentar la redundancia y mejorar la confiabilidad de las iteraciones.

La redistribución de los componentes de hardware podría reducir el espacio ocupado por las baterías y reducir la altura total de las unidades robot.

Agradecimientos

Esta investigación fue patrocinada por el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), localizado en la Av. Insurgentes 1582, Coyoacán, C. de México. Cp. 03940.

Referencias

[1] Contreras Rivera M.A., Control de velocidad y dirección de un vehículo terrestre autónomo, U. de Alicante, España 2018.

[2] Wang C., C. Wang, L. Meng, S. She, M. Mitchell, T. Li, Autonomous mobile robot navigation in uneven and unstructured indoor environments, 2017 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent robots and systems. Canada, 2017.

[3] Kumar R., Jitoko P., Kumar S., et al, Maze solving robot with automated obstacle avoidance, 2016 IEEE International Symposium on Robotics and Intelligent Sensors, IRIS 2016, 17-20 December Tokyo, Japan 2016.

[4] Costa, Claudio E., El Álgebra lineal en la resolución de problemas altimétricos de topografía. U. de la Plata, Argentina, 2016.

[5] Wolf, Ghilani, Topografía, 14 Edición, Alfaomega, México 2016. Pág. 73, 81, 94, 10, 133, 145, 146, 147,150.

[6] Adamatzky Andrew, Physical maze solvers, All twelve prototypes implement 1961 Lee algorithm, University of the West of England, Bristol, UK, 2016.

[7] Velasco, J., Prieto, J.F., Herrero, T.R. Metodología de diseño, observación y cálculo de redes geodésicas interiores en túneles de ferrocarril de alta velocidad, Ed. Informes de la construcción, España, 2015. Pág. 78.

[8] Salinas González, Trabajos Topográficos en la Ejecución de Túneles para Carreteras y Ferrocarriles, España, 2017. Pág. 99.

[9] Hernández S., Labastida D., Rincón E., Stewart robotic platform for topographic measuring system, Advances in Soft Computing, 18th Mexican International Conference on Artificial Intelligence, MICAI 2019, Xalapa, Mexico, October 27 - November 2, 2019, Lecture Notes in Computer Science, vol 11835. Springer. Pág. 633-645.
[10] Singh A., E. Sachdeva, A. Sarkar, K. M. Krishna, Compliant omni-crawler In-pipeline robot, Robotics Research Center, India, 2017.
[11] Ahmed W., Amer R. A., Fatima S., Steering strategy for a multi-axle wheeled vehicle, Proceedings of the ASME 2018, International Mechanical Engineering Congress and Exposition, IMECE2018-86323, November 9-15, Estados Unidos, 2018.

Análisis y modelado de motores de combustión interna utilizando mezclas de combustibles fósiles con biocombustibles

J. A. Larrea Ordoñez[1], J. C. Prince Avelino[2], M. Díaz Gonzalez[1], G. E. Ovando Chacón[1],A. Rodríguez León[1],*
[1]Instituto Tecnológico de Veracruz, M. A. de Quevedo 2779, Veracruz, Ver., C. P. 91860, México
[2]Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey, Campus Puebla, Atlixcáyotl 5718, Puebla, Puebla. C.P. 72453, México
[*]m19020015@veracruz.tecnm.mx

***Área de participación**: Ingeniería Mecánica y Mecatrónica*

Resumen

En este trabajo se estudia tres tipos de motores de combustión interna, SI (Spark Ignition), CI (Compression Ignition) y HCCI (Homogeneous Charge Compression Ignition): su rendimiento termodinámico asociado a una menor generación de contaminantes, así como su modelado y simulación con mezclas de combustibles fósiles (gasolina o diésel) con biocombustibles (metanol, etanol o dimetil éter). Uno de los objetivos de esta investigación radica en comparar el rendimiento y las emisiones contaminantes de cada motor usando su correspondiente combustible fósil con las mezclas anteriormente mencionadas, así como mostrar la aplicación del software Diesel-RK para simular motores de combustión interna. Los resultados de las simulaciones muestran que el uso de biocombustibles no afecta el rendimiento termodinámico, sin embargo, reduce las emisiones contaminantes en la mayoría de las simulaciones.

***Palabras clave**: Combustión, mezcla, combustible fósil, biocombustible.*

Abstract

In this work, three types of internal combustion engines are studied, SI (Spark Ignition), CI (Compression Ignition) and HCCI (Homogeneous Charge Compression Ignition): their thermodynamic performance associated with a lower generation of pollutants, as well as their modeling and simulation with blends of fossil fuels (gasoline or diesel) with biofuels (methanol, ethanol or dimethyl ether). One of the objectives of this research lies in the performance and polluting emissions of each engine using its corresponding fossil fuel with the previous mixtures, as well as showing the application of Diesel-RK software to simulate internal combustion engines. The results of the simulations show that the use of biofuels does not affect the thermodynamic performance, however, it reduces the polluting emissions in most of the simulations.
***Key words**: Combustion, Mixture, fossil fuel, biofuel.*

Introducción

Los motores de combustión interna se clasifican en tres tipos de encendido: encendido por chispa (SI), encendido por compresión (CI) y encendido por combustión a baja temperatura LTC (Low Temperature Combustion, por sus siglas en inglés) [1]. El motor SI, se basa en el ciclo Otto, así como en propagación de llamas a alta temperatura. Este motor entrega aproximadamente un 20% de la energía del combustible a la transmisión [1]. El motor CI tiene un 20–40% más de eficiencia de combustible que el motor SI. El proceso de combustión también es menos complejo, ya que no depende de la propagación de llamas. En cambio, se forma una llama de difusión, y los límites de inflamabilidad determinan el grosor de la llama. La combustión en un motor se controla mediante la mezcla de aire/combustible, a menos que se usen altos niveles de recirculación de gases de escape EGR (Exhaust Gas Recirculation, por sus siglas en ingles), ya que, si la combustión se presenta a altas temperaturas, ocasionaría un alto nivel de NOx. Además, debido a que la carga está estratificada, las regiones ricas en combustible pueden generar alta emisión de hollín [1]. Los motores tipo LTC funcionan con poco combustible, lo que produce relaciones de calor específicas

más altas y, por lo tanto, una mayor cantidad de trabajo [1]. Entre los motores LTC, se encuentra el motor de ignición por compresión de carga homogénea (HCCI) [2]. El concepto inicial de la combustión HCCI se basa en una combinación de las ventajas de los motores de encendido por chispa (SI) y encendido por compresión (CI), evitando al mismo tiempo sus desventajas [2-5].

En las últimas dos décadas, investigaciones a nivel mundial en las industrias del motor y del automóvil se han dedicado a encontrar una mayor eficiencia del combustible y menores emisiones, así como el desarrollo de combustibles alternativos renovables (biocombustibles) debido a la cantidad finita de combustibles fósiles. Es por eso que la investigación de motores abarca tanto motores de encendido por chispa (SI), encendido por compresión (CI) y combustión a baja temperatura (LTC). Incluso, se han realizado mejoras en la eficiencia térmica, la cual tiene un gran impacto positivo en la economía y la contaminación [1].

Los biocombustibles funcionan bien en los motores de combustión existentes, ya sea como aditivos combinados con combustibles de petróleo o como reemplazos puros "directos" [2]. Los biocombustibles de primera generación se producen a partir de aceites o azúcares comestibles provenientes de plantas como maíz, caña de azúcar, girasol o soja, los de segunda generación se obtienen con materias primas no aprovechables para alimentación humana, como residuos forestales y agrícolas, los de tercera generación se producen de organismos que pueden producir su propio alimento a partir de energía solar o CO_2 y cuarta generación se producen a partir de organismos genéticamente modificados para que capturen más dióxido de carbono del ambiente [6]. Los biocombustibles pueden generar un ciclo neutro del CO_2 (ver Fig. 1), a diferencia de los combustibles fósiles tradicionales (gasolina y diésel) que no generan un ciclo neutro, sin embargo, los biocombustibles de primera generación compiten con producción de alimentos. Los biocombustibles de segunda, tercera y cuarta generación también hacen el ciclo neutro sin el inconveniente de los de primera generación. [3-5].

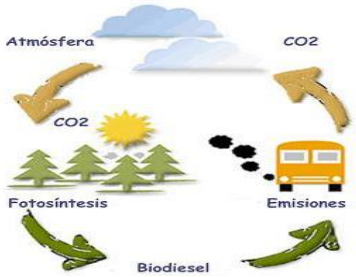


Figura 1: Ciclo neutro del dióxido de carbono (CO_2) [7].

Algunos investigadores han indicado que utilizar mezclas de combustibles fósiles con biocombustibles no hay una variación significativa en cuestión del rendimiento en los motores que se encuentran en el mercado (SI y CI), sin embargo, reduce las emisiones contaminantes, y esto se puede consultar en [8-11].

Recientes investigaciones en temas de energía han prestado gran atención a los modos de combustión avanzada, como en el caso de la referencia [1-3]. Entre estos, los motores HCCI que tienen un modo de combustión de baja temperatura (LTC). Debido a sus emisiones extremadamente bajas de NOx y hollín, así como a su eficiencia térmica relativamente alta, estos tipos de encendido se reconocen comúnmente como modos de combustión de próxima generación separados de los modos de combustión de encendido por chispa (SI) y de encendido por compresión (CI) [1-3].

La combustión HCCI (ver Fig. 2) se logra controlando la temperatura, presión y composición de la mezcla homogénea de aire/combustible para que se auto-encienda en múltiples puntos y posteriormente reaccione homogéneamente a medida que es comprimido por el movimiento hacia arriba del pistón. Para una combustión limpia de HCCI, la reacción de liberación de calor es distribuida por toda la cámara de combustión sin propagación de llama y por las zonas de alta temperatura o zonas ricas en combustible. Dando como resultado, una mezcla uniforme y baja producción de NOx y materia particulada (PM) [2]. En este modo de combustión, la temperatura de la mezcla es el parámetro más importante, y desempeña un papel significante, determinando las características de combustión y las emisiones contaminantes. En los motores HCCI no existe un mecanismo de control de encendido directo como la chispa en un motor SI o el tiempo de inyección

 ISSN 2007-8102

de combustible en un motor CI, por lo tanto, la combustión a baja temperatura controla la ignición y tiene una fuerte influencia en la estabilidad del motor.

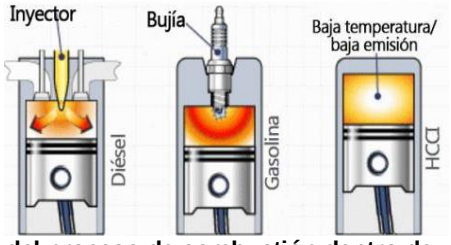


Figura 2: Ilustración del proceso de combustión dentro de un motor HCCI [5].

Con el software Diesel-RK [12] se han realizado diversos modelados, enfocados a la adición de biocombustibles, estudiando el rendimiento del motor o sus emisiones contaminantes, y se pueden consultar en [13,14].

El objetivo de la presente investigación es para demostrar la efectividad de mezclar biocombustibles con combustibles fósiles en los motores de combustión interna, en especial con motores de encendido tipo SI, CI y HCCI, sin afectar el rendimiento termodinámico y principalmente reducir emisiones contaminantes.

Metodología en el modelado usado en Diesel-RK

El software Diesel-RK utiliza el modelo termodinámico basado en primera ley de la termodinámica, para analizar las características de rendimiento de los motores de combustión interna. La presión, la temperatura y otras propiedades requeridas se evalúan con respecto al ángulo del cigüeñal, en otras palabras, con respecto al tiempo.

Balance de masa y energía

El proceso de combustión dentro del motor se simula utilizando el modelo multizona. El modelo tiene en cuenta ecuaciones de conservación, las cuales utiliza el software Diesel-RK que implícitamente lleva la parte termodinámica.

La combustión es un proceso de conversión de masa y energía durante el cual la energía de enlace químico se transforma en energía térmica. El combustible reacciona con el oxígeno del aire para formar productos como el dióxido de carbono (CO_2) y agua (H_2O), que tienen una energía de enlace químico más baja que los reactivos.

Conservación de masa

La tasa de cambio de la masa dentro de cualquier sistema abierto, es el flujo neto de la masa a través de los límites del sistema y matemáticamente se puede expresar como:

$$\frac{dm}{dt} = \sum_j \dot{m}_j \tag{1}$$

donde $\dot{m}_j$ es el flujo másico de la especie j.

Conservación de especies

La ecuación de conservación de especies considera la evaluación y destrucción de cada especie dentro de la cámara de combustión, la ecuación se considera en base a la fracción de masa, y esta se define como:

$$Y_i = \frac{m_i}{m} \tag{2}$$

donde m_i es la masa de la especie i y m es la masa total dentro del cilindro de control. Las ecuaciones de las especies se deducen de sus contrapartes multi-dimensionales, despreciando los términos de difusión de especies, de acuerdo con el supuesto 0-dimensional y se escriben como:

$$\frac{d(mY_i)}{dt} = \sum_j \dot{m}_j Y_i^j + \dot{S}_{gen} \tag{3}$$

donde j son los coeficientes estequiométricos de los productos y $\dot{S}_{gen}$ es la rapidez de generación neta de la especie i y está dada por

$$\dot{S}_{gen} = \Omega_i M_i \quad (4)$$

donde Ω_i es la rapidez de producción molar.
Combinando la Ec. (3), Ec. (4) y la ecuación de continuidad, la ecuación de conservación de especies finalmente puede reescribirse como:

$$Y_i = \sum_j \left(\frac{\dot{m}_j}{m}\right)\left(Y_i^j - Y_i^{cyl}\right) + \frac{\Omega_i M_i}{\rho} \quad (5)$$

donde $\dot{m}_j$ es el flujo másico de la especie j, cyl son los coeficientes estequiométricos del lado de los reactivos y ρ es la densidad

Conservación de energía

La ecuación generalizada de energía para un sistema termodinámico por un cilindro de combustión interna se escribe como:

$$\frac{d(mu)}{dt} = -p\frac{dv}{dt} + \frac{dQ_{ht}}{dt} + \sum_j \dot{m}_j h_j \quad (6)$$

Aquí $d(mu)/dt$ es el cambio de energía interna, $-p\,dv/dt$ es el trabajo de desplazamiento, dQ_{ht}/dt es la transferencia de calor del sistema, y h_j es el flujo de entalpía.

Es necesaria información adicional, en forma de submodelos, para cerrar las ecuaciones anteriormente mencionadas. La ecuación de conservación de energía se escribe para el volumen del cilindro, desde el tiempo de cierre de la válvula de admisión hasta el tiempo de apertura de la válvula de escape. Dentro de Diesel-RK hay varios sub-modelos que utiliza la mecánica de fluidos, para el proceso inyección del combustible, pulverización y evaporación del mismo, fricción y liberación de calor del motor, formación de NOx, hollín y materia particulada, período de retraso de auto-encendido para combustión de alta y baja temperatura, cuya cantidad de ecuaciones se sale del propósito de este trabajo de investigación, sin embargo, se pueden consultar en [14-18].

Resultados y discusión de las simulaciones de los motores SI, CI y HCCI

Las simulaciones de los tres tipos de encendido (SI, CI y HCCI) se llevó acabo con el apoyo del software Diesel-RK [12], el cual requiere, el ciclo de trabajo, tipo de combustible, método de ignición, diseño del motor, numero de cilindros, tipo de enfriamiento, especificaciones internas del motor (diámetro del cilindro, carrera, velocidad nominal y relación de compresión), datos ambientales (temperatura y presión atmosférica), aplicación del motor (por tierra y a nivel del mar, aviación o submarino) y especificar si es un motor de aspiración natural, super cargado o turbo cargado.

Cuando se hace un análisis termodinámico de un motor real, hay que considerar: tiempo de ignición o inyección, relación aire/combustible (A/F), dimensiones y tiempos de apertura o cierre de las válvulas (admisión y escape), fricción y trasferencia de calor del motor, material del pistón, sistema de enfriamiento etc. Diesel-RK logra determinar por default la mayoría de los factores anteriormente mencionados, sin embargo, estos se pueden modificar por el usuario, siempre y cuando sea posible en las ventanas de trabajo del software.

Los bio-combustibles usados para este estudio son: Etanol, Metanol y Dimetil éter (DME). Para la simplificación de las mezclas se realizó una simbología, como por ejemplo E10; la letra inicial indica el biocombustible, el número especifica en este caso, que el 10% de la mezcla es de Etanol, por lo que el otro 90% es de gasolina (90%G-10%E). La suma de las mezclas tiene que dar el 100%. El motivo de las mezclas es analizar el comportamiento de la eficiencia térmica (η), potencia indicada ($\dot{W}_i$), temperatura de combustión y las emisiones contaminantes producidas por el motor.

Resultados y discusión en el motor SI

El motor SI analizado es de cuatro tiempos, a gasolina, de aspiración natural, enfriado por agua, las especificaciones del motor son: diámetro del pistón (D) 79 mm, carrera (S) 81.5 mm, número de cilindros (n_c) 4 en línea, número de válvulas por cilindro (v) 2, relación de compresión (r_c) 9.4:1 y relación aire/combustible (A/F) 1. Los datos de este motor fueron obtenidos del manual de propietario de un vehículo Chevrolet Chevy, el manual especifica que la potencia máxima (65.7 kW) del motor

 ISSN 2007-8102

se obtiene a 5600 rpm usando gasolina como combustible, esta información se pudo corroborar con Diesel-RK, realizando simulaciones a diferentes rpm con un rango de 5400 a 5800 rpm. El estudio de este motor se llevó a cabo a una velocidad constante de 5600 rpm, pero esta vez utilizando como combustible, gasolina mezclada con un bio-combustible, Las mezclas utilizadas son las siguientes: (E10, E20, E50, M10, M20, M50, DME10, DME20 y DME50).

En el diagrama p-V (ver Fig. 3) se logra apreciar las cuatro etapas de un motor de cuatro tiempos (compresión, explosión, expansión y escape).

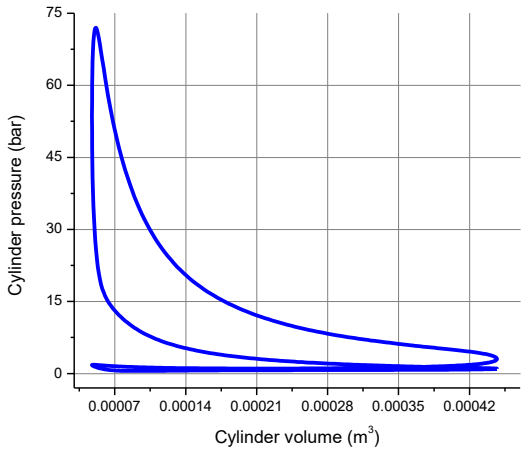


Figura 3: Diagrama p-V del motor SI, usando solo gasolina como combustible. Este diagrama fue elaborado con las demás mezclas anteriormente mencionadas, sin embargo, no se logró apreciar una diferencia significativa, con respecto a la gasolina pura (100%) como combustible.

Lis resultados de la simulación nos indica que la potencia del motor disminuye 1.2%, con respecto al manual de propietario, sin embargo, es un valor insignificante en comparación con la reducción del óxido de nitrógeno (NOx, ver Fig. 4). La eficiencia térmica (η) también se muestra en la Fig. 4. La eficiencia térmica (línea naranja) aumenta conforme se sustituye por más biocombustible a la mezcla, lo contrario sucede con el óxido de nitrógeno (línea azul). En los motores SI la combustión se presenta a alta temperatura, por lo regular superior a 2300 K, lo que ocasiona que estos motores generen un alto nivel de NOx, sin embargo, el uso de biocombustibles ayuda a disminuir la temperatura de combustión, así como también el NOx, esté disminuye hasta un 11% o más, conforme se agrega biocombustible a la mezcla (ver Fig. 4).

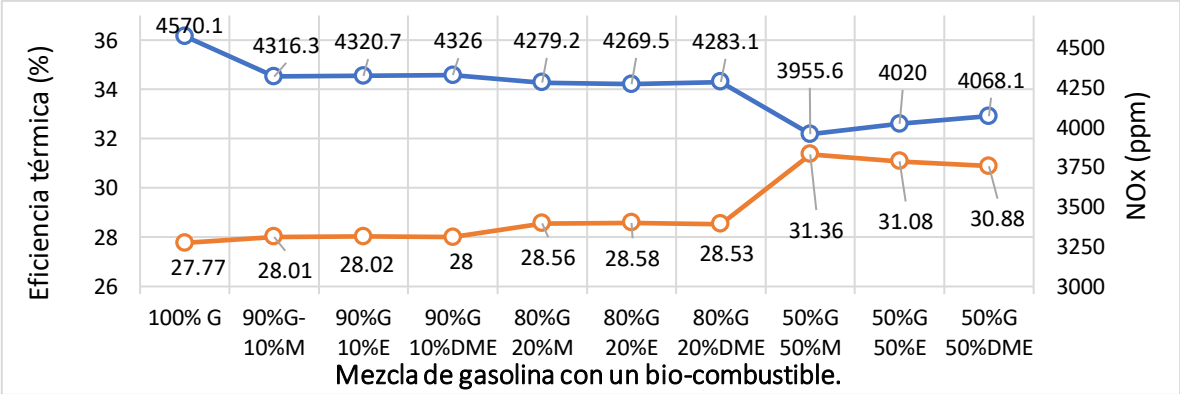


Figura 4: Eficiencia térmica (línea naranja) y óxido de nitrógeno (línea azul) del motor SI, con respecto a la mezcla seleccionada.

 ISSN 2007-8102

Resultados y discusión en el motor CI

El motor CI analizado es de cuatro tiempos, enfriado por agua, con un turbo-cargador y las especificaciones del motor son las siguientes: diámetro del pistón (D) 79.5mm, carrera (S) 95.5 mm, número de cilindros (n_c) 4 en línea, número de válvulas por cilindro (v) 2, relación de compresión (r_c) 19:1 y relación aire/combustible (A/F) 2. Los datos de este motor fueron obtenidos del manual de propietario del vehículo (VW Jetta TDI), el manual especifica que la potencia máxima (77 kW) del motor se obtiene a 4000 rpm usando diésel como combustible, esta información se pudo corroborar con Diesel-RK, realizando simulaciones a diferentes rpm con un rango de 3800 a 4200 rpm. Se utilizó como combustible el diésel mezclado con un biocombustible. Las mezclas utilizadas son: (E5, E10, E20, M5, M10, M20, DME5 DME10 y DME20), no se le puede agregar más por problemas de solubilidad.

Los resultados indican que en el motor CI, la potencia y la eficiencia térmica disminuyen 0.4% y 2.2% cuando se agrega de 5-10% y 20% de un biocombustible a la mezcla, respectivamente.

Al igual que el motor SI, el motor CI produce NOx, sin embargo, este es bajo, esto se debe a que la temperatura de combustión de estos motores es inferior a 2000K. En la Fig. 5 se muestra el dióxido de carbono (línea amarilla) y el óxido de nitrógeno (línea naranja) del motor CI. El NOx (línea naranja) incrementa un 4.7%, 12% y 22.5% cuando se mezcla el diésel con un biocombustible en un 5%, 10% y 20% de las mezclas, a excepción de la mezcla 95%D-5%M, en esta disminuye un poco. El CO_2 (línea amarilla) se mantiene estable cuando se le sustituye el diésel por un bio-combustible entre el 5-10%, sin embargo, aumenta 2.2% al sustituir por un 20% de la mezcla.

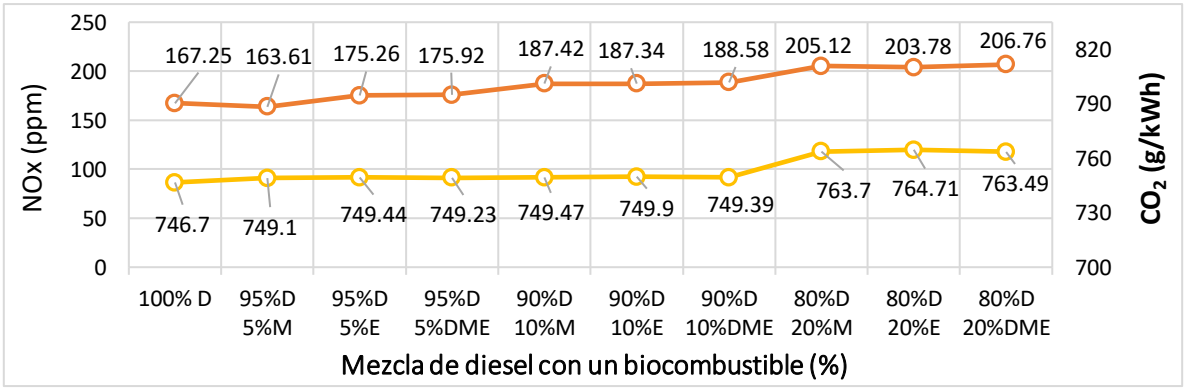


Figura 5: Dióxido de carbono (línea amarilla) y óxidos de nitrógeno (línea naranja) del motor CI, con respecto a la mezcla seleccionada.

Resultados y discusión en el motor con encendido HCCI

Para este caso y corroborando los datos del estudio previo, el motor HCCI es un diésel de dos tiempos, enfriado por agua con un proceso de compresión dividida. La primera etapa de la compresión de aire fresco tiene lugar en un turbocompresor, la segunda parte de la compresión tiene lugar en el compresor de pistón de accionamiento mecánico [19].

El motor fue previamente simulado en base al estudio del profesor Kuleshov [19], esta simulación se realizó a 1500 rpm con las siguientes especificaciones del motor: diámetro del pistón (D) 72mm, carrera (S) 70 mm, longitud de biela (B) 115 mm, número de cilindros (n_c) 2, número de válvulas por cilindro (v) 4, relación de compresión (r_c) 15.5:1, relación aire/combustible (A/F) 2.5. Los resultados obtenidos fueron comparados con los resultados publicados en [19], sin embargo, por lo mismo este motor se analizará a otros valores de rpm. El análisis será realizado en dos fases; como primera fase fue para encontrar la potencia indicada máxima, la segundo fase es utilizar mezclas del combustible diésel con los bio-combustibles utilizados en los motores (SI y CI) anteriormente mencionado, esto es para comparar la eficiencia térmica y las emisiones contaminantes. Las mezclas son :(E5, E10, E20, M5, M10, M20, DME5 DME10 y DME20). Los motores HCCI son conocidos por ser motores de alta eficiencia térmica. La Fig. 6 muestra la eficiencia térmica (línea azul) y la temperatura de combustión (línea naranja) del motor HCCI, la eficiencia térmica no varía mucho cuando se mezcla el diésel con algún biocombustible. La temperatura de combustión disminuye un poco con las mezclas 5 y 10%, sin embargo, con las mezclas del 20% aumenta (ver Fig. 6).

 ISSN 2007-8102

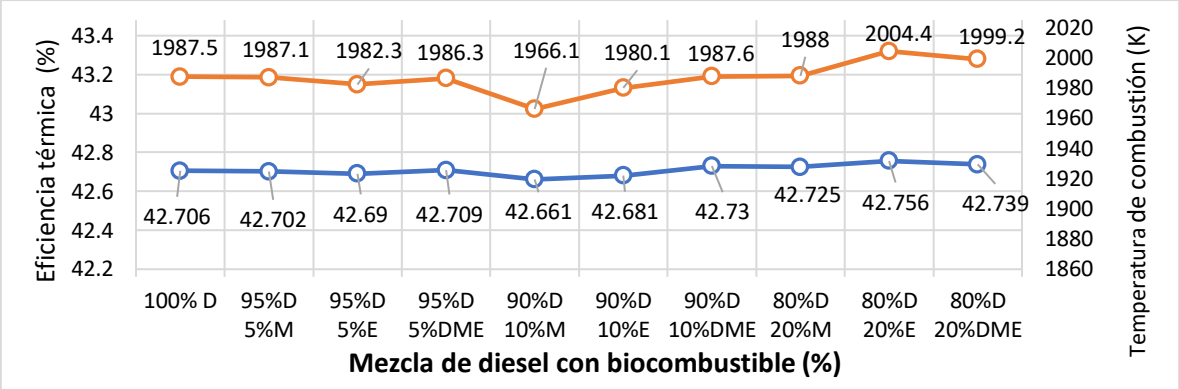


Figura 6: Eficiencia térmica (línea azul) y temperatura de combustión (línea naranja) del motor HCCI, con respecto a la mezcla seleccionada.

En la Fig. 7 se nota que el NOx es insignificante debido a que la temperatura de combustión del motor HCCI es inferior a la del motor SI (ver Fig. 6). La Fig. 7 muestra los NOx (línea naranja) y el CO_2 (línea amarilla) del motor HCCI. El CO_2 disminuye con la mayoría de las mezclas, pero cabe recordar que como se están utilizando biocombustibles en la mezcla, el CO_2 expulsado por el escape del motor, una parte es el CO_2 neutro que se muestra en la Fig. 1.

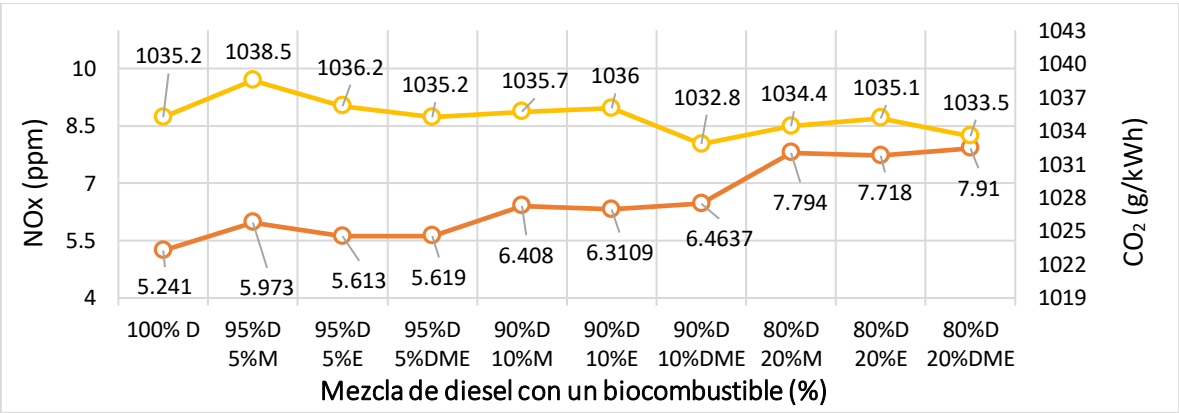


Figura 7: Dióxido de carbono (línea amarilla) y óxidos de nitrógeno (línea naranja) del motor HCCI, con respecto a la mezcla seleccionada.

Conclusiones

Este trabajo permitió comprobar la efectividad de realizar mezclas de combustibles fósiles con bio-combustibles en diferentes tipos de motores de combustión interna. Haciendo uso del programa Diesel-RK para la simulación, se logró estudiar las emisiones contaminantes producidas por los motores de combustión interna, así como el rendimiento termodinámico, el cual se demostró que no es afectado por las mezclas. De igual manera se logró comprobar que los biocombustibles utilizados en este trabajo de investigación (metanol, etanol y dimetil éter) son grandes candidatos para mezclarlos con la gasolina y con el diésel. De igual manera se logra colaborar en la investigación de motores de combustión interna conocidos y de nueva generación (HCCI), para lograr un proceso paulatino de cambiar de combustibles fósil a bio-combustibles, esto pasa por un proceso más suave en el cual se pueda ir aprovechando la infraestructura de motores que existen (SI y CI), y a su vez reduciendo el consumo de combustibles fósiles para aumentar el consumo de bio-combustibles.

Agradecimientos

Los autores agradecen el apoyo otorgado por el Tecnológico Nacional de México y al CONACYT por el desarrollo de esta investigación. De igual manera se agradece al profesor Andrey Kuleshov y a su grupo de apoyo, por permitir utilizar su software Diesel-RK, el cual es una gran herramienta para el estudio de motores de combustión interna.

Referencias

[1] Reitz, R. D. “Directions in internal combustion engine research,” *Combustion and Flame*,; 1(160): 1-8, 2013.

[2] Bergthorson, J. M., & Thomson, M. J. “A review of the combustion and emissions properties of advanced transportation biofuels and their impact on existing and future engines,” *Renewable and sustainable energy reviews*, 42: 1393-1417, 2015.

[3] Prince, Juan C., Díaz, Mario, Ovando, Guillermo, Rodríguez, Abelardo. “Análisis de motores tipo HCCI y su modelado con biocombustibles,” *Memorias del XXIV Congreso Internacional Annual de la SOMIM*, Campeche, Camp., México., pp. TF 191-198, 19-21 de Septiembre de 2018.

[4]. Bucio, J. M., Prince, J. C., Rodríguez, A., & Ovando, G. “Mecanismo químico reducido del n-propanol y su implementación en el modelado de motores tipo HCCI,” *Memorias del XXIII Congreso Internacional Anual de la SOMIM*, Cuernavaca, Morelos., México., pp. TF 58-65, 20-22 de Septiembre de 2017.

[5]PRINCE-AVELINO, Juan C, OVANDO-CHACÓN, Guillermo y RODRÍGUEZ-LEÓN, Abelardo. “Análisis y modelado de motores tipo HCCI usando biocombustibles,” *Revista de Sistemas Experimentales*, 5-17: 26-35, 2018.

[6] Ramos, Fernando Daniel; Díaz, María Soledad; Villar, Marcelo Armando; “Biocombustibles.” *Asociación Civil Ciencia Hoy*; Ciencia Hoy; 147; 69-73, 1-1-2016.

[7]http://quimorg7.blogspot.com/2009/01/blog-post_15.html

[8]Uslu, S., & Celik, M. B. “Combustion and emission characteristics of isoamyl alcohol-gasoline blends in spark ignition engine,” *Fuel*, 262:116496, 2020.

[9]Elfasakhany, A. “Experimental study on emissions and performance of an internal combustion engine fueled with gasoline and gasoline/n-butanol blends,” *Energy conversion and management*, 88: 277-283, 2014.

[10] Lliev, S. “A comparison of ethanol and methanol blending with gasoline using a 1-D engine model,” *Procedia Engineering*, 100: 1013-1022, 2015

[11]Galloni, E., Fontana, G., Staccone, S., & Scala, F. “Performance analyses of a spark-ignition engine firing with gasoline–butanol blends at partial load operation,” *Energy Conversion and Management*, 110: 319-326, 2016

[12]. DIESEL-RK.BMSTU. Software

[13]Datta, A., & Mandal, B. K. “Numerical investigation of the performance and emission parameters of a diesel engine fuelled with diesel-biodiesel-methanol blends,” *Journal of Mechanical Science and Technology*, 30(4): 1923-1929, 2016.

[14] Datta, A., & Mandal, B. K. “Impact of alcohol addition to diesel on the performance combustion and emissions of a compression ignition engine,” *Applied thermal engineering*, *98*, 670-682, 2016.

[15] A.S. Kuleshov, “Model for Predicting Air-Fuel Mixing, Combustion and Emissions in DI Diesel Engines over Whole Operating Range,” *SAE Technical Paper No. 2005-01-2119*, 2005.

[16]Kuleshov, A.S. Use of Multi-Zone DI “Diesel Spray Combustion Model for Simulation and Optimization of Performance and Emissions of Engines with Multiple Injection,” *SAE Paper No 2006-01-1385*, 2006

[17] A.S. Kuleshov, “Multi-Zone DI Diesel Spray Combustion Model and its application for Matching the Injector Design with Piston Bowl Shape,” *SAE Technical Paper No. 2007-01-1908*, 2007.

[18] A.S. Kuleshov, “Multi-Zone DI Diesel Spray Combustion Model for Thermodynamic Simulation of Engine with PCCI and High EGR Level*,” SAE Technical Paper No. 2009-01-1956*, 2009

[19] Kuleshov, A., Mahkamov, K., Janhunen, T., Akimov, V., & Kuleshov, A. “New Downsized Diesel Engine Concept with HCCI Combustion at High Load Conditions” (No. 2015-01-1791). *SAE Technical Paper*, 2015.

Diseño y Análisis por MEF de herramental para engargolado por rodillo de láminas metálicas.

P. A. Limon Leyva[1]*, R. A. Figueroa Diaz[1], A. Soto Cota[1], M. Herrera Sarellano[1], I. Murillo Verduzco[1].
[1]Instituto Tecnológico de Sonora, Campus Nainari, Departamento de Eléctrica y Electrónica. Calle Antonio Caso S/N y E. Kino, Colonia Villa ITSON. C.P. 85130, Ciudad Obregón, Sonora, México.
*pablo.limon@itson.edu.mx

***Área de participación**: Ingeniería Mecánica y Mecatrónica*

Resumen
Se realizó el diseño y análisis por el Método del Elemento Finito (MEF) en Ls -Dyna de un herramental didáctico para el engargolado por rodillo conducido de láminas metálicas, la propuesta de diseño para satisfacer la necesidad considera seis elementos: base de apoyo, celda de carga, resorte, soporte principal, porta rodillos y elementos rodantes, el análisis por elemento finito se enfoca en los porta rodillos tanto del pre - engargolado como del engargolado final, considerando dos configuraciones de material acero – acero, acero - aluminio, a fin de determinar la combinación con mayor eficiencia en el proceso de engargolado y la calidad de producto final.

***Palabras clave**: Análisis, Herramental, Engargolado por Rodillo, Elemento Finito*

Abstract
The design and analysis was carried out by the Finite Element Method (FEM) in Ls-Dyna of a for the didactic roller hemming of metal sheets, the design proposal to satisfy the need considers six elements: support base, cell of load, spring, main support, roller carrier and rolling elements, the finite element analysis focuses on the roller carriers of both the pre-hemming and the final hemming, considering two material configurations steel - steel, steel - aluminum, in order to determine the most efficient combination in the hemming process and the quality of the final product.

***Key words**: Analysis, Tooling, Roll Hemming, Finite Element.*

Introducción
Dentro de los procesos de producción de la industria metalmecánica encontramos aquellos denominados procesos de conformado, el conformado de metales comprende una amplia variedad de procesos de manufactura, los cuales consisten en la deformación plástica de una pieza inicialmente plana (comúnmente una lámina), a la cual se le aplica una configuración final deseada por medio de múltiples herramientas [1]. Los principales procesos de conformado de metales incluyen laminado, forjado, doblado, embutido, engargolado, entre otros. Actualmente, debido a que el engargolado (hemming) es utilizado ampliamente en la industria automotriz en cierres y uniones de carrocería, este ha sido ampliamente estudiado en la literatura [2-4].

El engargolado es un proceso utilizado en las etapas finales de producción de cierres de automóviles, por ejemplo: puertas, cofres, cajuela, etc. Por tal motivo tiene una influencia crítica en la apariencia final y calidad del vehículo. Este proceso de formado sirve para aumentar la rigidez de la parte engargolada, para optimizar los bordes de las estructuras y, por último, para unir los paneles interiores y exteriores.



Fig. 1.- Representación del proceso de engargolado, la ceja de la lámina exterior (naranja) se dobla alrededor de una parte interior (negro).

 ISSN 2007-8102

Hasta la fecha el proceso de engargolado se realiza en tres pasos, que consisten en doblar el extremo de una lámina sobre si misma o sobre otra lámina, inicialmente se lleva a cabo la etapa de doblado, la cual consiste en generar un doblez a 90° en el borde del panel exterior, lo que se denomina ceja. Posteriormente, se realiza un segundo doblez en la etapa de pre-engargolado, el cual puede variar entre los 30° y 60° a partir del doblez inicial de la ceja. Finalmente, en la etapa de engargolado final se realiza el doblado de la ceja a 180° con respecto a la posición original del panel exterior [3,4].

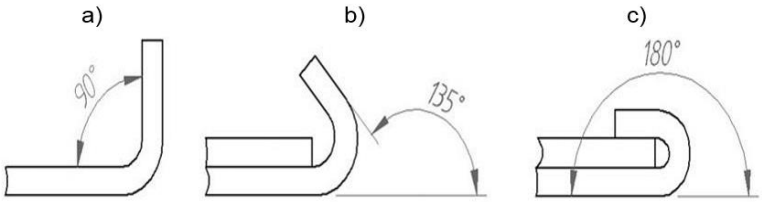


Fig.2.- Etapas del engargolado, a) doblado, b) pre -engargolado y c) engargolado final.

Existen tres métodos para llevar a cabo el proceso de pre-engargolado y engargolado final. El engargolado con dados de movimiento vertical (Die Hemming), que se realiza utilizando una prensa complementada con herramentales con un patrón de movimiento vertical. De manera similar, el engargolado de mesa con dados de movimiento vertical y horizontal (Table Hemming) también se realiza empleando una prensa, sin embargo, el movimiento de los herramentales puede ser horizontal, vertical o una combinación de ambos. Por otro lado, el método de engargolado por rodillo (Roll Hemming) emplea un rodillo conducido a lo largo de una trayectoria dada [3 -7]. Cabe mencionar que los tres procesos requieren de mecanismos complementarios para la generación de la pestaña inicial.

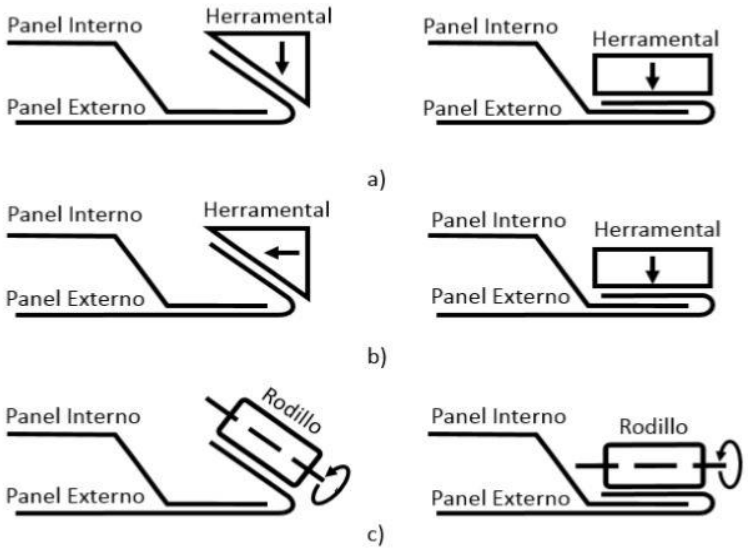


Fig.3.- Proceso de pre-engargolado (izquierda) y engargolado final (derecha): a) engargolado con dados de movimiento vertical; b) engargolado de mesa con dados de movimiento vertical y horizontal; c) engargolado por rodillo.

El engargolado ha sido foco de estudio por ser un método que en general se aplica a láminas de pequeño espesor (generalmente menores de un milímetro) y es un proceso rápido y de bajo costo, sin embargo, lograr y mantener la calidad del producto engargolado aun es un desafío y requiere un continuo desarrollo para adaptarse a la inclusión de nuevos materiales y requerimientos de diseño. Para dar solución a esta problemática diversos autores han reportado el uso de software computacional que utiliza el método de los elementos finitos, (MEF) el cual ha adquirido una gran

importancia en la solución de problemas ingenieriles y físicos. Ya que permite resolver casos que hasta hace poco eran prácticamente imposibles de resolver por métodos matemáticos tradicionales. Esta circunstancia obligaba a realizar prototipos, someterlos a las condiciones reales de esfuerzos e ir realizando mejoras sobre la marcha, lo que traía consigo un elevado costo de tiempo y desarrollo. Por su parte el MEF permite realizar un modelo matemático del sistema real, más fácil y económico que un prototipo. Que, si bien no deja de ser un método aproximado de cálculo, este método ofrece diseños óptimos muy cercanos a la realidad [8 -12].

Metodología

Para el desarrollo del presente trabajo, se requirió el uso de herramientas de diseño mecánico, metodologías de diseño, herramientas de diseño asistido por computadora, (CAD) y software de simulación por el Método del Elemento Finito (MEF), específicamente el análisis numérico se realizó en el software Ls-Dyna [13] utilizando la interfaz del Ls-Prepost.

El proceso de engargolado es estudiado debido a que generalmente es utilizado en la industria automotriz en las etapas finales de los componentes de carrocería por lo que la apariencia del vehículo se ve severamente influenciada por la calidad del producto final. En el presente trabajo se analiza el herramental didáctico propuesto mediante el MEF, a fin de comparar dos configuraciones acero – acero y acero – aluminio de dos puntos críticos del herramental diseñado. El propósito es comprobar la capacidad del aluminio de soportar las cargas del acero sin comprometer la resistencia estructural durante el proceso de doblez de lámina.

Se realizo el diseño de un herramental para el proceso de engargolado por rodillo conducido para el cual se consideraron las siguientes premisas:

1. Que el herramental sea capaz de realizar el doblez de lámina tanto a 45º como a 90º grados respecto a la horizontal, sin la necesidad de cambiar componentes.
2. Lograr un acoplamiento seguro al robot manipulador.
3. Capacidad para doblar laminas metálicas calibre 24.
4. El herramental tendrá uso didáctico.

El diseño del herramental propuesto se compone de los siguientes elementos (Figura 4 a):

1. **Base de apoyo:** Placa metálica que sujeta el cuerpo del herramental al robot manipulador industrial por medio de tornillos.
2. **Celda de carga:** Encargada de medir las micro deformaciones que por medio de análisis de señal permite medir la fuerza aplicada durante el proceso de engargolado.
3. **Resorte:** Elemento encargado de absorber carga excedente o fuera de los parámetros de carga del robot con la finalidad de evitar daños al manipulador.
4. **Soporte principal:** Elemento metálico donde se ensamblan los porta rodillos de pre engargolado y engargolado final, este mismo tiene la función de evitar rotación y permitir un desplazamiento lineal al aumentar la carga aplicada.
5. **Porta rodillos:** Elemento que soporta rodamientos, flecha y rodillos encargados del proceso de pre engargolado y engargolado final.
6. **Elementos rodantes:** A fin de evaluar variables de calidad en el engargolado se consideraron dos diámetros para cada una de las etapas del proceso, es decir, el herramental cuenta con dos rodillos orientados a 45º respecto a la horizontal uno con diámetro de 38.1 mm y otro de 50 mm. para realizar la etapa de pre engargolado. Así mismo cuenta con dos rodillos orientados a 90º respecto a la horizontal uno con diámetro de 38.1 mm y otro de 50 mm. para realizar el engargolado final.

El análisis por elemento finito se centró en dos secciones del herramental, específicamente en los soportes de los rodillos tanto de pre-engargolado como en el engargolado final, debido a que son puntos críticos del herramental ya que soportan la carga aplicada durante el proceso de doblez de lámina. Las simulaciones realizadas consistieron en analizar el comportamiento de estas dos secciones considerando combinaciones de Acero - Acero, Acero- Aluminio. Las secciones mencionadas se indican de color azul en la figura 5 donde puede observarse tanto el soporte para

 ISSN 2007-8102

el pre – engargolado como el engargolado final, ambas secciones constan de dos partes, el soporte (parte que se sujeta al soporte principal) y el eje (flecha donde se ensambla el rodillo).

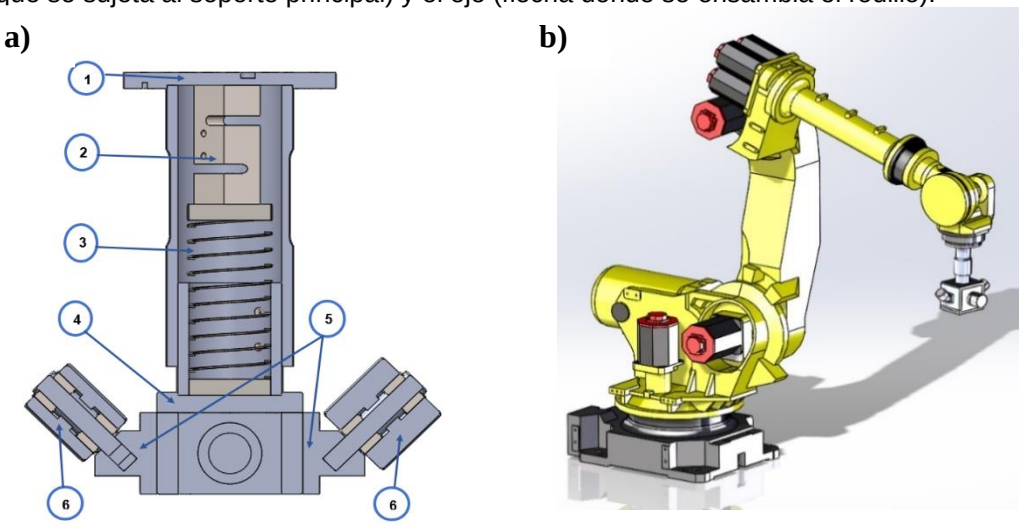


Fig.4 a) Componentes de la propuesta de herramental para engargolado por rodillo conducido. b) Herramental acoplado al robot manipulador.



Fig. 5.- Secciones analizadas; a) Soporte del rodillo de Pre-Engargolado, b) Soporte del rodillo Engargolado-Final.

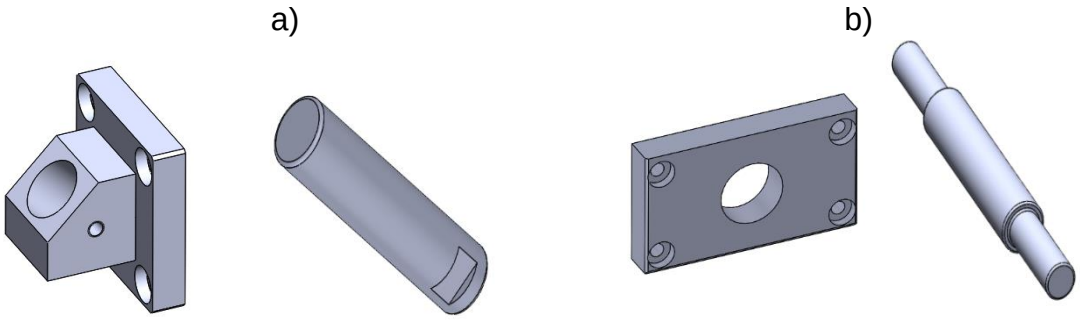


Fig. 6.- Componentes de las secciones analizadas; a) soporte y eje de pre- engargolado, b) soporte y eje de engargolado final.

El modelo geométrico para el análisis se realizó en el software comercial Solidworks de donde se importó al software de análisis por elemento finito Ls-Dyna en la interfaz del Ls-Prepost. Una vez importada la geometría se diseñó el modelo de elemento finito, considerando para el análisis el elemento Solid 185 para el mallado de las partes críticas del herramental (porta rodillos) y un modelo

 ISSN 2007-8102

de material elástico isotrópico [8]. Las condiciones de frontera están indicadas en la figura 7 donde la sección que está en color azul (A) representa la superficie que se considera fija, y la sección marcada de color rojo (B) indica el lugar donde se aplica la carga, para los casos de estudio inicialmente se consideró una fuerza de 5000 N en dirección de X y 2500 N en dirección de Y, dichas cargas son propuestas por el equipo de diseño para analizar el comportamiento del herramental.

Para el análisis numérico se consideraron las siguientes propiedades para los materiales utilizados.

Tabla 1.- Propiedades del material.

	Acero Estructural	***Aleación de Aluminio***
Densidad	$7.88E^{-6}$ Kg mm^{-3}	$2.77E^{-6}$ Kg mm^{-3}
Módulo de Young	$2E^{5}$ MPa	71000 MPa
Módulo de Poisson	0.3	0.33
Esfuerzo de Cedencia	250 MPa	280 MPa
Esfuerzo Ultimo	460 MPa	310 MPa

a) b)

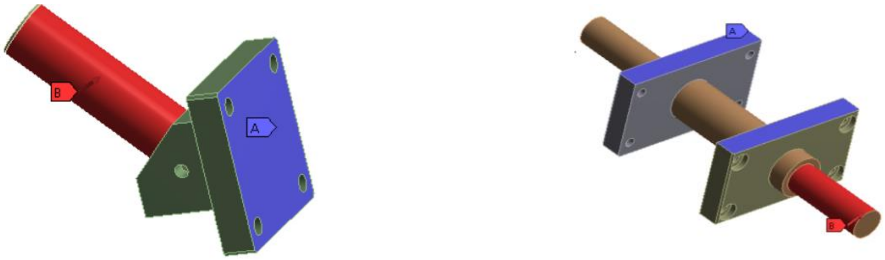


Fig. 7.- Condiciones de frontera; a) Soporte del rodillo de Pre-Engargolado, b) Soporte del rodillo Engargolado-Final.

Resultados y discusión

Considerando el modelo de elemento finito planteado se procedió al análisis mediante el software LS -Dyna, los datos obtenidos se describen a continuación:

Del soporte del rodillo para el pre engargolado en la configuración Acero - Acero se obtuvo como resultado que los esfuerzos generados por la carga aplicada de 5000N son de 250.13 MPa, deformación direccional en X de .1103 mm y 0.1138 mm para la deformación direccional en Y. Para el mismo soporte considerando configuración Acero – Aluminio los datos recopilados son, 230.20 Mpa para esfuerzo equivalente de Von – Mises, 0.1513 mm para la deformación direccional X y 0.1620 mm para la deformación direccional Y, (Ver tabla 2). Considerando el herramental sometido a carga estática se encontró que el esfuerzo equivalente se ubica por debajo del límite de cedencia, sin embargo, al realizar un análisis considerando un factor de fatiga .8 y una carga totalmente reversible se observó un bajo factor de seguridad, .27 para la configuración acero – acero y 0.29 para la configuración acero -aluminio, lo que representa un factor de seguridad inadecuado y una vida útil muy corta debido a la baja cantidad de ciclos que la configuración analizada puede soportar.

Tabla 2. Resultados del soporte del rodillo de Pre - engargolado.

Condición de Estudio	*Esfuerzo equivalente de Von-Mises (MPa)*	*Deformación Direccional X (mm)*	*Deformación Direccional Y (mm)*	*Factor de Seguridad*	*Ciclos de Trabajo (carga completa)*
Acero-Acero	250.13	0.1103	0.1138	0.27	6000

 ISSN 2007-8102

Acero-Aluminio	230.20	0.1513	0.1620	0.29	7000

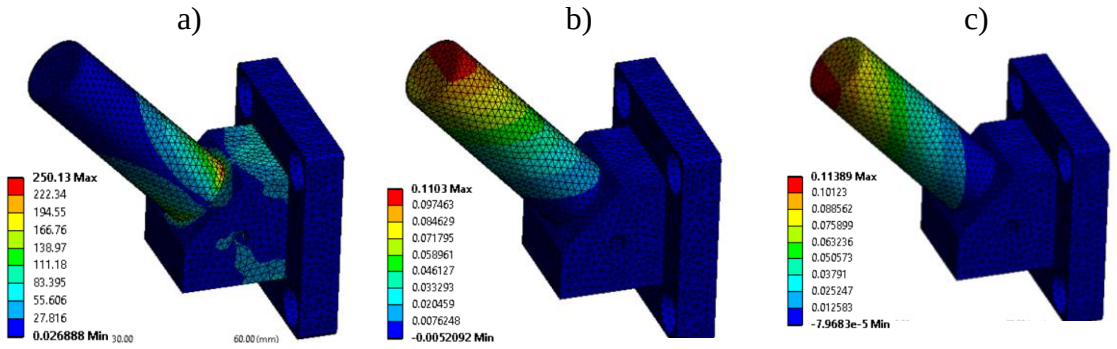


Fig. 9.- Soporte del rodillo de pre-engargolado; a) Esfuerzo equivalente de Von-Mises, b) Deformación Direccional X, c) Deformación Direccional Y.

En el caso del soporte del rodillo para engargolado final la configuración Acero – Acero los esfuerzos generados por la carga aplicada de 5000N son de 254.21 MPa, deformación direccional en X de .1536 y 0.0785 mm para la deformación direccional en Y. Mientras que considerando la configuración Acero – Aluminio los datos recopilados son, 254.31 Mpa para esfuerzo equivalente de Von – Mises, 0.1822 mm para la deformación direccional X y 0.0892 mm para la deformación direccional Y (Ver tabla 3). Del análisis estático se encontró que, bajo las condiciones anteriormente descritas, el esfuerzo de Von Mises se mantienen cercano al límite de cedencia. Sin embargo, al realizar un análisis dinámico considerando un factor de fatiga .8 y una carga totalmente reversible se obtuvo para ambas configuraciones .27 para el factor de seguridad, mientras que el valor máximo obtenido para los ciclos de trabajo fue de 5 000, lo que representa un factor de seguridad y ciclos de trabajo inadecuado.

Tabla 3. Resultados del soporte del rodillo de Engargolado final.

Condición de Estudio	*Esfuerzo equivalente de Von-Mises (MPa)*	*Deformación Direccional X (mm)*	*Deformación Direccional Y (mm)*	*Factor de Seguridad*	*Ciclos de Trabajo (Carga completa)*
Acero-Acero	254.21	0.1536	0.0785	0.27	5000
Acero-Aluminio	254.31	0.1822	0.0892	0.27	4500

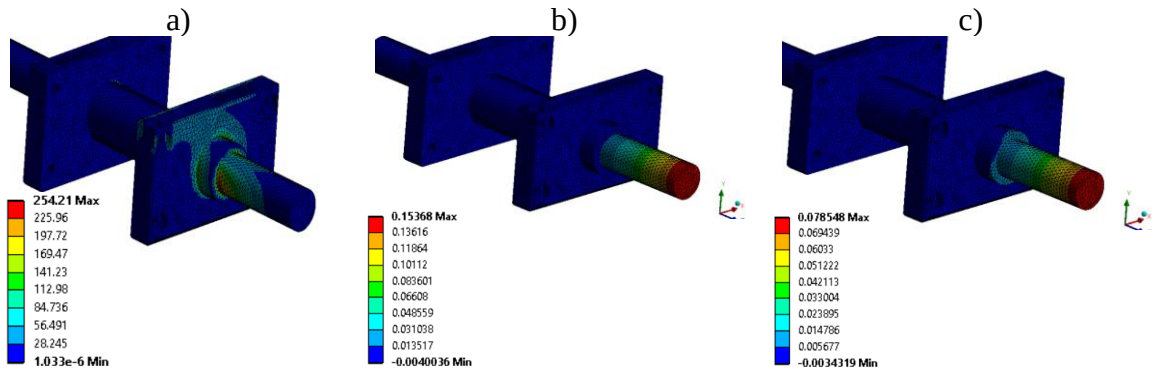


Fig. 10.- Soporte del rodillo de Engargolado-Final; a) Esfuerzo equivalente de Von-Mises, b) Deformación Direccional X, c) Deformación Direccional Y.

Del análisis de resultados para el soporte de pre engargolado se puede observar que la configuración Acero – Acero excede el límite de cedencia con 0.13 Mpa mientras que la configuración Acero – Aluminio se mantiene dentro del límite de cedencia por - 49.8 Mpa, sin embargo, la configuración Acero – Aluminio registra mayor deformación direccional tanto en X como en Y. Para ambos casos el factor de seguridad se encuentra por debajo del indicador aceptable registrando .27 y .29 para las configuraciones metálicas y de carga considerada.

En el caso del soporte del rodillo de engargolado final, la configuración Acero – Acero excede el límite de cedencia con 4.21 Mpa mientras que la configuración Acero – Aluminio se mantiene dentro del límite de cedencia por – 25.69 Mpa, sin embargo, se observa el mismo comportamiento, en la configuración Acero – Aluminio ya que registra mayor deformación direccional tanto en X como en Y. Del mismo modo que los resultados del soporte de pre engargolado en este caso los valores del factor de seguridad se encuentran por debajo del estándar aceptable registrando en ambas configuraciones .27.

Utilizando la herramienta de análisis por Elemento Finito, se determinaron los valores para una carga de trabajo segura que permita a la configuración propuesta alcanzar el factor de seguridad superior a la unidad y una cantidad de ciclos de trabajo superiores a 1×10^6. Considerando la carga de trabajo segura que corresponde a 1300 N en X y 700 N en Y, para la configuración Acero – Acero en el soporte de pre engargolado los valores de esfuerzo equivalente de Von Mises disminuyen 73.42% por ciento, 73.35 % los valores de deformación direccional en X y 73.29% la deformación en Y. En esta misma configuración metálica para el soporte de engargolado final, el esfuerzo equivalente disminuye 73.62%, deformación en X 74.02% y 72.10% deformación en Y.

En el caso de la configuración Acero – Aluminio considerando la carga de trabajo segura, los valores de esfuerzo equivalente disminuyen 73.41%, 73.30% deformación en X y 73.21% la deformación direccional en Y para el soporte de pre engargolado. En el caso del soporte de engargolado final, el esfuerzo equivalente disminuye 73.62%, 74.04% la deformación direccional en X y 72.09% la deformación direccional en Y. Los resultados del análisis considerando la carga segura pueden observarse en la tabla 4.

Tabla 4. Resultados del análisis considerando Fuerza en X 1300N, 700N en Y

Condición de Estudio	*Esfuerzo equivalente de Von-Mises (MPa)*	*Deformación Direccional X (mm)*	*Deformación Direccional Y (mm)*	*Factor de Seguridad*	*Ciclos de Trabajo (carga completa)*
Pre - engargolado					
Acero-Acero	66.49	0.0294	0.0304	1.03	$<1 \times 10^6$
Acero-Aluminio	61.21	0.0404	0.0434	1.12	$<1 \times 10^6$
Engargolado Final					
Acero-Acero	67.06	0.0399	0.0219	1.02	$<1 \times 10^6$
Acero-Aluminio	67.09	0.0473	0.0249	1.02	$<1 \times 10^6$

Conclusión

De los resultados descritos se puede concluir que la configuración Acero – Aluminio tanto en el soporte para pre – engargolado como en engargolado final, en el análisis estático, es capaz de resistir la carga inicial propuesta, así como la carga segura determinada, en ambos casos los esfuerzos resultantes de Von - Mises se encuentran dentro del límite de cedencia. Sin embargo, en ambas configuraciones de carga se observa mayor desplazamiento tanto en X como en Y comparada con los resultados de la configuración Acero – Acero, aunque en la carga segura los desplazamientos

en X disminuyen 73.30% para el pre engargolado y 74.04% para el engargolado final, se presentan .011mm diferencia entre la deformación más baja de Acero - Acero contra la deformación más baja en Acero – Aluminio. De la misma forma se observo un patrón de comportamiento similar para la deformación direccional en Y. Debido a esto se considera la fabricación del herramental utilizando la configuración metálica Acero – Acero como la más adecuada para el proceso estudiado, debido a que diversos estudios han mencionado la influencia de variables de entrada de interés en el proceso. Entre las variables consideradas se encuentran el desplazamiento, diámetro de rodillo, angulo de ataque del rodillo sobre la lámina engargolada, velocidad del rodillo, fuerza de sujeción, fuerza de aplastado, entre otras.

En el presente estudio se observó que en todos los casos si se considera únicamente el análisis estático los valores encontrados indican que el diseño planteado se encuentra dentro del límite de cedencia, sin embargo, al realizar el análisis dinámico se encontró que el factor de seguridad y los ciclos de trabajo se encontraban fuera del indicador aceptable, por lo que se considera de suma importancia para el diseño mecánico incluir tanto el análisis estático como el dinámico, ya que, de no hacerlo podrían omitirse criterios de evaluación que comprometan la funcionalidad del diseño.

Trabajo a futuro

Realizar el análisis experimental para comparar los resultados de elemento finito, utilizando la celda carga incluida en el diseño del herramental.

Referencias

[1] ProMexico. “La Industria Automotriz Mexicana” (2016). ISBN 978-607-97294-2-4.
[2] Le Maout N., Thuillier S., Manach P., (2009) Aluminum alloy damage evolution for different strain paths – Application to hemming process. Engineering Fracture Mechanics 76 1202 - 1214.
[3] M. Sigvant, K. Mattiasson, FE-Simulation Of Hemming In The Automotive Industry. In AIP Conference Proceedings, 778 (2005) 675.
[4] B.S. Cacique, G. Capilla, N.I. Aguilera, R.B. Arroyo, M.H. Orozco, Metodología para el análisis del proceso de engargolado por rodillos en una probeta especializada. Memorias del XIX congreso internacional anual de la SOMIM (2013).
[5] J.G. Lin, G.R. Zhou, J.Q. Wang, Y.W. Huang, Q.H. Wang, MEF-Simulation of Automobile Sheet Metal Hemming Process. In Applied Mechanics and Materials, 602 (2014) 86-89.
[6] H. Livatyali, A. Muderrisoglu, M.A. Ahmetoglu, N. Akgerman, G.L. Kinzel, T. Altan, Improvement of hem quality by optimizing flanging and pre-hemming operations using computer aided die design. Journal of Materials Processing Technology, 98 (2000) 41-52.
[7] Parsa M., Nasher al ahkami S., Pishbin H., Kazemi M., (2012); Investigating spring back phenomena in doublé curved metals forming, Materials and Design 41326 – 337.
[8] Muderrisoglua A., Muratab M., Ahmetoglua M., Kinzel G & Altan T., (1996) Bending, flanging, and hemming of aluminum sheet-an experimental study, Journal of Materials Processing Technology 59 10-17.
[9] Serope, K., & Schmid Steven, R. (2002). Manufactura, ingeniería y tecnología. Editorial Pearson educación.
[10] Chandrupatla, T. R., Belegundu, A. D., Ramesh, T., & Ray, C. (1997). Introduction to finite elements in engineering (pp. 279-300). Upper Saddle River: Prentice Hall.
[11] Manual, L. D. K. U. S. Version R7.0. Livermore Software Technology Corporation. (2013).
[12] Hutton, D. V., & Hutton, D. (2003). Fundamentals of finite element analysis.
[13] J.Q. Hallquist, LS-DYNA Keyword User’s Manual. Volume II, Material Models, Version 971, Livermore Software Technology Company, Livermore, CA, August (2006b).

 ISSN 2007-8102

Diseño e implementación de un control adaptivo para pH y temperatura en la hidrólisis enzimática

J. De la Cruz Alejo[1,2], N.I. Hernández Rico[1], A. Mora Ortega[2], A.E. Márquez Ortega[3] y M.B. Arce Vazquez[2]*

[1]Maestría en Ciencias en Ingeniería Mecatrónica, Tecnológico de Estudios Superiores de Ecatepec, Av. Tecnológico S/N, Valle de Anáhuac, C.P. 55210, Ecatepec de Morelos, Estado de México

[2]Maestría en Eficiencia Energética y Energías Renovables, Tecnológico de Estudios Superiores de Ecatepec, Av. Tecnológico S/N, Valle de Anáhuac, C.P. 55210, Ecatepec de Morelos, Estado de México

[3]División de Ingeniería Química, Tecnológico de Estudios Superiores de Chimalhuacán, 56330, Chimalhuacán, México.

**mariaarce@tese.edu.mx*

***Área de participación**: Ingeniería Mecánica y Mecatrónica*

Resumen

En la actualidad existe una gran variedad de procesos que requieren mantener ciertas condiciones de operación, es decir, controlar uno o varios tipos de variables físicas, como temperatura, presión, humedad, tiempo, pH, entre otras. El control de dichas variables debe ser lo más exacto posible, ya que de esto depende el correcto funcionamiento del proceso. Este problema puede solucionarse con el uso de los filtros adaptivos que son sistemas que se adaptan automáticamente a los cambios en su entorno; por ello son utilizados para minimizar el error. En este trabajo se realizó el diseño e implementación de un filtro adaptivo para el control de temperatura y pH en un biorreactor donde se realizó el proceso de hidrolisis enzimática sobre biomasa lignocelulósica de amaranto, obteniendo hasta 533.6±2.2 mgG/mL de azúcares fermentables significando un aumento del 16% con respecto a condiciones sin control.

***Palabras clave**: control adaptivo, hidrólisis enzimática, control de pH, control de Temperatura*

Abstract

There are currently a wide variety of processes that require maintaining certain operating conditions, in other words, controlling one or more types of physical variables, such as temperature, pressure, humidity, time, pH, among others. The control of these variables should be as accurate as possible because this depends on the correct functioning of the process. This problem can be solved with the use of adaptive filters that are systems that automatically adapt to changes in your environment; this is why they are used to control and adjust the level of a physical variable to the desired level or expected by the process with the slightest mistake. This work the design and implementation of an adaptive filter for temperature and pH control was carried out in a bioreactor where the enzymatic hydrolysis process was carried out on lignocellulosic amaranth biomass, obtaining up to 533.6 ± 2.2 mgG/mL of fermentable sugars, meaning a 16% increase over uncontrolled conditions.

***Key words**: adaptive control, enzymatic hydrolysis, pH control, temperature control*

Introducción

En la actualidad, la catálisis enzimática es una práctica común en donde se busca mejorar la velocidad en las reacciones, donde, es importante la selectividad de sustratos y productos. Este tipo de procesos a nivel industrial se prefieren por simplificar los procesos, por reducir el impacto ambiental y por ser más sostenible [1] que la síntesis química, por lo que la industria alimentaría, farmacéutica, agrícola y química están incluyendo la biocatális en sus procesos [2]. Específicamente en el área de biocombustibles a partir de biomasa lignocelulósica, se busca la aplicación de procesos

biocatalíticos para tener un control sobre la ruptura de la matriz de lignina-celulosa-hemicelulósa, que libere azúcares fermentables como un pretratamiento, en una etapa subsecuente se utilizan como sustrato para la producción de bioetanol. Existen diferentes tipos de reactores para llevar acabo la hidrólisis enzimática, los cuales deben ser capaces de mantener las condiciones de temperatura, pH, volumen, presión, espuma, velocidad de agitación, velocidad de flujo gaseoso, flujo líquido, O_2 disuelto, CO_2 disuelto, O_2 fase gaseosa, CO_2 fase gaseosa y el tiempo [3]. En todos ellos, se busca controlar estas variables de manera que se optimice la hidrólisis catalítica. Este tipo de reactores llegan a tener costos muy elevados, ya que se convierten en máquinas automáticas que controlan minuciosamente cada una de estas características, son reprogramables e incluso en algunas de ellas sólo se deben elegir ciertos valores para cada proceso [4]. Para la operatividad de estos reactores se deben contar con todos los módulos de control, sin embargo, en diversos laboratorios se tiene la dificultad de adquisición de dichos módulos, por que la mayoría se importa y además al costo unitario se suman gastos de envío entre otros, con lo que aumenta su costo de venta, por lo que se buscan alternativas que sean accesibles y aplicables para llevar acabo el proceso de manera controlada y a bajo costo.

Existen diferentes teorías de control que pueden implementarse a los reactores biológicos, las cuales establecen una organización de las variables de tal manera que se optimice el proceso y sea más accesible que las máquinas actuales. A través de sensores y actuadores, se supervisan estas variables, que van cambiando con el paso del tiempo; el control por filtro adaptivo (CFA), tiene la capacidad de detectar este cambio o error relativo en la señal de salida en comparación con la señal deseada. Y se repite tantas veces como sea necesario para llevar este valor del error a cero, de tal forma que se obtenga una señal de salida lo más cercana a la señal deseada. El funcionamiento de un filtro adaptivo LMS depende de ciertos factores, los cuales son el número de pesos (coeficientes) y el tamaño de paso μ. Estos factores determinan la velocidad de convergencia y el tamaño del error que se debe eliminar del sistema. Las señales de error y de salida del filtro modifican la cantidad de pesos (coeficientes) y provocan el aumento o reducción en el tamaño de paso, es decir, modifican la velocidad en que el sistema converge. El tamaño del paso μ, este factor determina la velocidad de convergencia (tiempo en que se la señal de salida del filtro $y(n)$ y la señal deseada $d(n)$ se parecen lo más posible), y la cantidad de error que se elimina en un sistema. [3] Los filtros adaptivos tienen diferentes aplicaciones dentro del área de control de cualquier sistema o proceso que necesite estar bajo condiciones especiales, es decir, mantener en un valor las variables físicas. En los procesos de hidrólisis enzimática sobre biomasa lignocelulósica donde las variables que se deben controlar principalmente son el pH y la temperatura [5], se puede implementar un sistema de control usando un filtro adaptivo para regular dichas variables. Este tipo de aplicación sobre los filtros adaptivos ha sido poco explotado a lo largo de su creación, por esta razón, en este trabajo se tuvo por objeto realizar el diseño de un CFA que permitirá controlar las variables de pH y Temperatura en un cierto tiempo, para que el proceso de hidrólisis enzimática sea el óptimo dentro de un reactor biológico, para la liberación de azúcares fermentadas.

Metodología

Caracterización de las variables pH y Temperatura

Para la caracterización de los cambios en el pH, se realizaron las soluciones reguladoras de trabajo HCL y NaOH 1M respectivamente valoradas. Para la caracterización del potenciómetro se utilizó el medidor de pH /Mv de mesa SM-25CW adaptado al biorreactor, un medidor de pH del laboratorio Oakton PC2700 y un multímetro digital, se realizó la medición de el cambio en el pH y su respectivo valor de diferencia de potencial (volts) en cada punto de 1 a 9 utilizando las soluciones amortiguadoras. Posteriormente se registraron las lecturas de pH en una solución buffer de fosfatos pH 4.5, donde se adicionó 10μL de la solución reguladora de NaOH, con una pipeta RadWag 0.5 μL-10 μL, se repitió hasta alcanzar 9 de pH. En otro ensayo se utilizó solución buffer de fosfatos pH 4.5 y se adicionó 10μL de la solución reguladora de HCl, con la pipeta RadWag registrando cada punto hasta un pH de 1.5. Se utilizó agua destilada como control. Las pruebas se realizaron por triplicado y los datos obtenidos fueron analizados mediante StatGraphics.

Para la caracterización de la temperatura y los cambios que registra se utilizó el sensor DS18B20, de sonda impermeable. Su rango de medición es -55° a 125° C, la resolución o variación mínima entre cada valor medido es de 1°C, para ello se utilizó la resolución de 12 bits. Se realizaron pruebas con las soluciones puestas a calentamiento de $T_{ambiente}$ hasta 65ºC, registrando la temperatura con un termómetro de mercurio y se determinó los valores de la señal de salida que proporciona el sensor. Se repitió el experimento ahora enfriando la solución de $T_{ambiente}$ hasta 15ºC. Todas las pruebas realizadas fueron en triplicado.

Diseño del control de filtro adaptivo (CFA)

En un primer paso se programa la estructura del filtro adaptivo utilizando el algoritmo LMS de 10 pasos, donde se selecciona el orden del filtro (cantidad de pesos o retardos de la señal), se elige el tamaño de paso o velocidad de convergencia μ, se inicializa los pesos (coeficientes) *w(n)* en cero, se actualiza la señal de entrada *x(n)*, se actualiza la señal deseada *d(n),* se calcula la salida del filtro *y(n),* se calcula el tamaño del error *e(n),* posteriormente se actualiza el valor de los pesos del filtro *w(n),* repetir desde la actualización de la señal de entrada [6].

Diseño del biorreactor con un sistema electromecánico.

Se realizó el diseño y dimensionamiento del biorreactor de acuerdo con el proceso de hidrolisis enzimática secuencial de biomasa lignocelulósica de amaranto que se lleva acabo en el laboratorio de Biocombustibles del Tecnológico de Estudios Superiores de Ecatepec [5], donde se tienen volúmenes de trabajo a nivel laboratorio, con una carga máxima de 1L. Una vez establecido el diseño del vaso y tapas del biorreactor se procedió a establecer una estructura que cumpla con los requerimientos mínimos necesarios para llevar acabo las cinéticas de hidrólisis de manera eficiente.

El diseño mecánico de la base y sus componentes, fue realizado con base en las medidas de cada uno de los elementos que lleva el proceso de automatización, de tal forma que en la misma placa se coloquen los dispositivos electrónicos tales como; la placa del microcontrolador, los motores con las válvulas, el motor con el agitador orbital, la bomba con el tanque de agua para el paso de refrigerante y por último las conexiones directas de los sensores de temperatura y pH que deben controlarse para que el proceso sea óptimo. Las dimensiones propuestas en ambos casos no son similares a la de los biorreactores comerciales, sin embargo, presenta los instrumentos necesarios para el control de T y pH.

Implementación del filtro adaptivo LMS

Se realizó una simulación en Matlab del filtro adaptivo LMS [6 y 7] así como el diagrama a bloques que simula dicho filtro. Como se mencionó anteriormente se utilizaron comandos y operadores aritméticos descritos en la figura 2. La señal deseada *d(n)* se generó mediante la Ec. 1. Mientras que el ruido que se suma a la señal de entrada se generó por la Ec. 2. La Ec. 3 nos proporciona la suma de la señal de deseada y el ruido que es la señal de entrada.

$$t = 0{:}\,0.01{:}\,100;\ deseada\ = \sin(t) + \ 1.5; \quad (1)$$

$$ruido\ = \frac{rand\left(\ size\ (t)\right)}{2}; \quad (2)$$

$$entrada\ =\ deseada\ +\ ruido; \quad (3)$$

Una vez establecidas las variables de entrada y los pasos, se definen las tres señales principales, el ruido, la de entrada y la deseada. Posteriormente se inica con un ciclo *for* para la comparación de la señal de entrada con la señal deseada y se establece la señal de error. Posteriormente se realizó la programación del microcontrolador, arduino UNO, la conexión a la PC y la implementación del filtro adaptivo LMS. Se utilizó un software libre en la página oficial del Arduino, se instalaron los controladores correspondientes a la placa del arduino UNO (Figura 1a). Se realizó una simulación en Matlab del filtro adaptivo LMS [9] así como el diagrama a bloques que simula dicho filtro, se realizó un esquema del filtro adaptivo LMS en MATLAB Simulink, ver Figura 1b.

 ISSN 2007-8102

a) b)

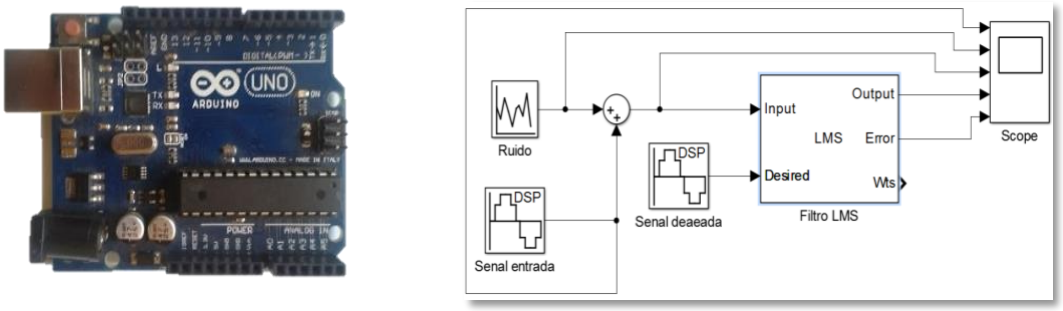


Figura 1. a) Plataforma Arduino b) Esquema del filtro adaptivo LMS en Matlab-Simulink.

Funcionamiento del control en la hidrólisis enzimática

Se adiciono 500mL de buffer de fosfatos pH 4.5 al reactor biológico, posteriormente se adiciono el 20% p/v de biomasa lignocelulósica de amaranto previamente desengrasada, se mantuvo en agitación de 150 rpm. Se registraron lecturas de T y pH durante 3 h y 1 min, respectivamente. Posteriormente se ajusto a 50ºC y pH 4.5 para la enzima Endo 1-4-b-D-glucanosa. Se realizó la medición de T y pH cada 10 min durante el tiempo de reacción. Se utilizó un sistema sin CFA como control para cada tratamiento. Se cuantifico los azucares libres por el método DNS [8] para cada tratamiento.

Resultados y discusión

Calidad de la señal de respuesta de las variables de T y pH

La caracterización se muestra en la Figura 2, donde se observa que para el caso de pH se tienen datos con mayor variabilidad cuando se acerca a la neutralidad mientras que en los extremos máximos y mínimos hay mejor dispersión de los datos, además de que presentan un coeficiente de correlación (r) aproximadamente de 1, por lo que es una curva de calibración de alta confiabilidad. Para el caso de la Temperatura (T) se monitorio de 15 a 65ºC ya que es el rango en el que se realizan las hidrólisis de biomasa lignocelulósica reportadas. Se observa que se tiene un r cercano a 1 por lo que el modelo de estimación es altamente confiable y además la T es proporcional con el voltaje reportado. Las pruebas realizadas proporcionan la caracterización de las variables para ser implementadas en la programación del filtro adaptivo, el cual requiere de los datos máximos y mínimos que puede reportar cada uno de los sensores durante el proceso, así como los datos exactos para localizar las señales deseadas.

a) b)

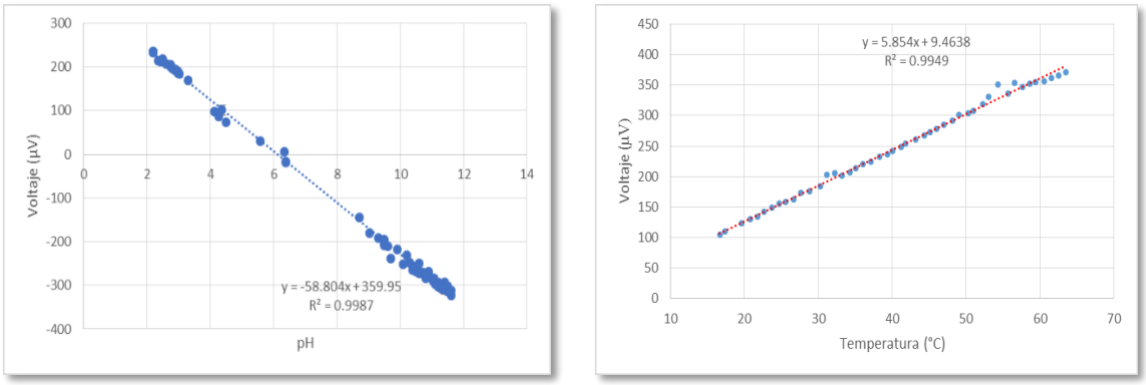


Figura 2. Caracterización de pH y T. a) Curva de calibración de pH b) Curva de calibración de T.

 ISSN 2007-8102

Control de filtro adaptivo (CFA)

A partir de los datos obtenidos se realizó el programa correspondiente para controlar las señales de entrada que resultan del proceso de hidrólisis y que se compararán con la señal deseada colocada en el programa del filtro para reducir el error, mandando señales a los actuadores (motores), hasta reducir el error y que la señal de entrada sea casi igual a la señal deseada o señal de control Figura 3a y 3b.

a) b)

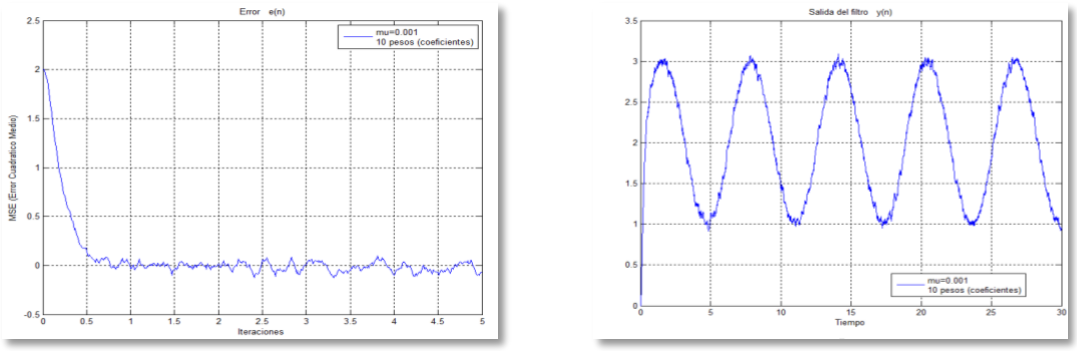


Figura 3. a) Señal de error de un filtro adaptivo con 10 pesos (coeficientes) con tamaño de paso μ de 0.001 b) Salida de un filtro adaptivo LMS con 10 pesos (coeficientes) con tamaño de paso μ de 0.001.

Los resultados muestran que el tamaño de paso μ es directamente proporcional a la velocidad de convergencia, es decir, el filtro converge a mayor velocidad con un tamaño de paso 0.01 y más lento con tamaño de paso de 0.001, el tamaño de paso μ determina la cantidad de error que se puede eliminar del sistema, es decir, con un tamaño de paso de 0.001 el tamaño del error es menor que con un tamaño de paso de 0.01. Así mismo, con el cambio de los pesos y los coeficientes, se observa que conforme se incrementa la cantidad de pesos (coeficientes) w_M y se reduce el tamaño de paso μ, la calidad y resolución de la señal de salida aumenta.

Implementación del filtro adaptativo LMS

La implementación del filtro adaptativo LMS en hardware para su aplicación, se realiza en una plataforma Arduino, que es una placa de hardware que incorpora un microcontrolador reprogramable y una serie de pines hembra conectados internamente a los pines de E / S del microcontrolador, que permiten conectar diferentes dispositivos como sensores y actuadores. En este trabajo, la plataforma Arduino Uno, se utiliza como se muestra en la fig. 4.

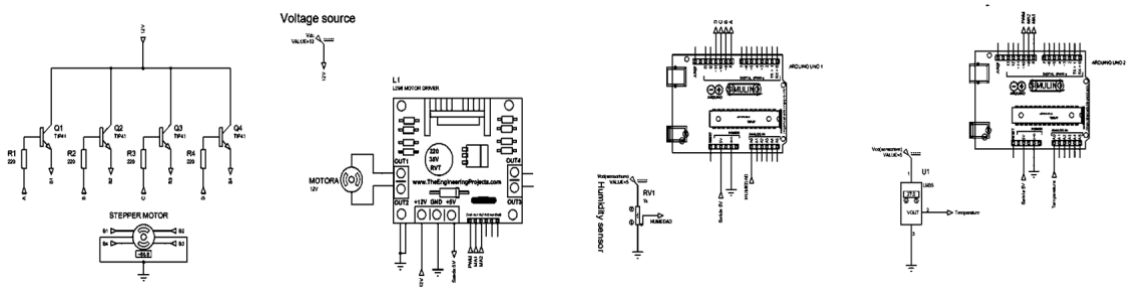


Figura 4. Sistema electrónico de control de temperatura y humedad.

El funcionamiento del circuito electrónico mostrado en la figura 4, es: Mediante el sensor de humedad o temperatura, se mide el nivel de temperatura o pH dentro del biorreactor, luego este dato es recibido por el Arduino UNO y, a su vez, ejecuta el filtro adaptativo LMS. Asimismo, el Arduino UNO se encarga de correlacionar la señal de error e (n), con el número de pasos que dará el motor paso

 ISSN 2007-8102

a paso o la velocidad de rotación que tendrá el motor DC y consecuentemente ajustar la temperatura y pH en el biorreactor. Los esquemas electrónicos que se muestran en la figura 8, fueron diseñados, simulados y su funcionamiento fue verificado en el software Proteus. Los dispositivos electrónicos que se utilizaron para la construcción del sistema de control son: Arduino UNO, sensor de temperatura LM35, sensor de temperatura de piso FC-28, módulo de motor L298N, motor paso a paso 17 PM-K031-P1V, motor DC, TIP41 transistores de potencia y resistencias de 220 Ω.

Especificaciones del biorreactor con un sistema electromecánico

Para el diseño del biorreactor se consideró que la tapa del vaso debe contar con entradas para los sensores de temperatura y pH, una entrada específica para introducir las enzimas, otra entrada para el agitador y dos entradas para las soluciones reguladoras. El modelo del biorreactor se realizó en el software de apoyo de CATIA V5. Se realizaron con base en las medidas estándar. En la Figura 5 a y b se muestra el diseño final del biorreactor y en la figura 5 c y d se muestra el diseño de la estructura base para contener al biorreactor y los actuadores, así como los sensores. En la tabla 1 se muestran las especificaciones de los materiales y dimensiones empleados para la construcción del biorreactor.

PARTE DEL BIOREACTOR	MATERIAL EMPLEADO
Vaso	Vidrio Pyrex. Capacidad 1L
Cuerpo del reactor	Acero inoxidable 316-L
Tapa	25 cm de diámetro. Acero inoxidable 316-L
Tubos de muestreo	2 tubos, de 24 y 25 cm de largo
Tubos de aireación	2 tubos, de 10 cm de largo.
Deflectores	4 planos, 17 cm x 11.1 mm, calibre 20
Termopozo	1, 15.5 cm x 10 mm
Anillos de soporte	2 anillos
Serpentín	Acero inoxidable 316-L
Malla eléctrica	Acero inoxidable

Tabla 1. Especificaciones del material empleado para la elaboración del biorreactor.

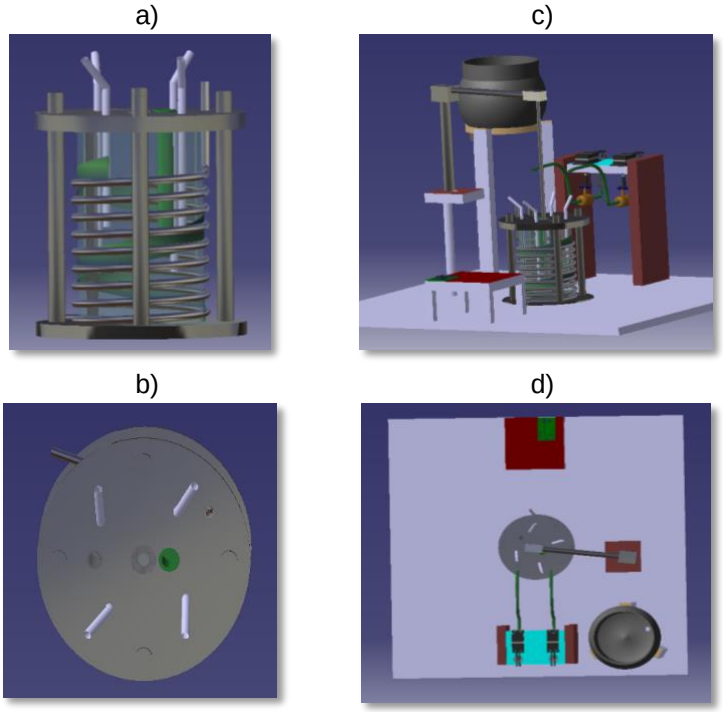


Figura 5. Diseño del biorreactor para hidrólisis enzimática de biomasa lignocelulósica. a) vista frontal b) vista superior c) Diseño de la base para biorreactor con actuadores y sensores, vista lateral derecha d) Diseño de la base, vista superior.

Para la estructura base del biorreactor se utilizó 1 tableta Arduino UNO, un sensor de temperatura DS18B20, un sensor de pH PC2700, un modulo para motores L298N, 2 motores de paso a paso 17PM-K031-P1V, 1 motor CD s/n, 3 válvulas tipo nariz, transistores de potencia TIP 41, mangueras de plástico y conectores. Con lo que se obtuvo un biorreactor funcional para el laboratorio de biocombustibles del Tecnológico de Estudios Superiores de Ecatepec.

Validación del control en la hidrólisis enzimática

En la Figura 6a se muestran los cambios de T y la actuación del control de la temperatura en el tiempo y ante los cambios en el entorno durante el tiempo observado. Los resultados obtenidos para el caso del control de la temperatura utilizaron una malla eléctrica alrededor del reactor biológico, la

 ISSN 2007-8102

temperatura inicial fue de 24°C controlado en el biorreactor, al encender la malla hasta obtener la temperatura de 50°C se observa que la temperatura no incremente ni disminuya durante aproximadamente tres horas.

a) b)

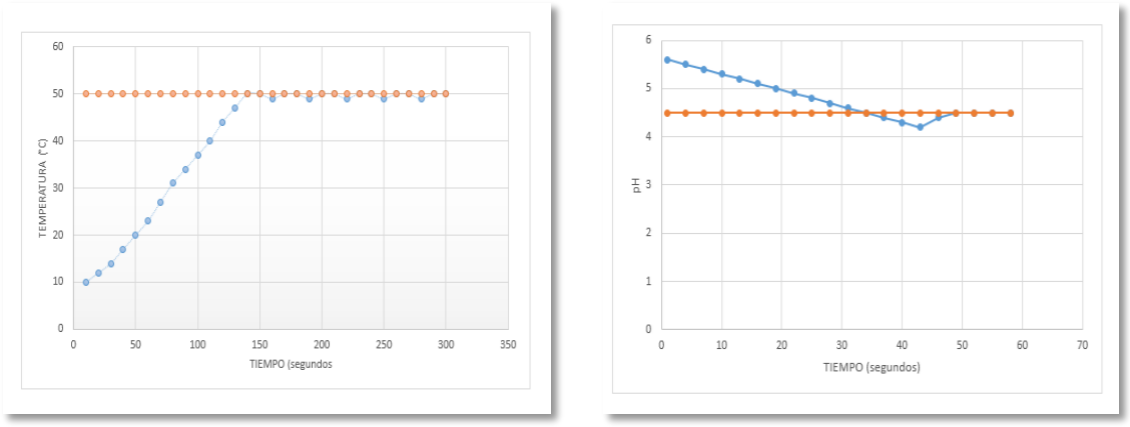


Figura 6. Actuación del control de a) Temperatura y b) pH, sobre una hidrólisis enzimática de biomasa lignocelulósica de amaranto.

En la Figura 6b, se muestra el proceso del control del pH en el tiempo y ante los cambios en el entorno. En el control del pH, se utilizaron dos motores con su respectiva válvula, ambos controlados con la respuesta del sensor de pH que se encuentra dentro del biorreactor, el valor aproximado del pH en la solución dentro del biorreactor debe ser censada, aproximadamente se encuentra entre 5.6 y 6, dependiendo las condiciones de las enzimas que se deben agregar a la mezcla, para el proceso, la señal deseada es de 4.5 y con el filtro se controló ya que el pH no incrementó ni disminuyo durante aproximadamente 1 min, en el contenedor 1 (motor 1 y llave 1) se coloca la solución base y en el contenedor 2 (motor 2 y llave 2) se coloca la solución ácido.

Por lo tanto, al recibir la señal de entrada del sensor de pH se abrirá la llave 2 y se cerrará hasta que el filtro indique que el error ya es cero, si la señal de entrada baja a menos de 4.5, entonces se abrirá la llave 1 para subir el valor en el pH. Los resultados se encuentran dentro del rango reportado por Báez (2019)[10], donde realizaron un sistema de control y temperatura en un reactor a nivel piloto.

Durante el proceso de hidrólisis se pudo observar una liberación máxima de hasta 461.2±1.7 mgG/mL a partir de la biomasa lignocelulósica de amaranto sin llevar el control, similar a lo reportado por Lecona 2019 [5], mientras que cuando se controlo con la implementación del filtro adaptivo el sistema aumento aproximadamente 16% la liberación de azúcares fermentables (533.6±2.2 mgG/mL). Este aumento significativo se debe a que durante el proceso de hidrólisis sin control puede variar la temperatura del ambiente bajo las condiciones climáticas y por otro lado puede haber variaciones de pH por la liberación de protones de la misma hidrolisis, ambos efectos pueden ser decisivos para que las enzimas no mantengan las condiciones óptimas y por ende baja su eficiencia. Por lo anterior, se reitera la importancia de tener el pH y la temperatura controlada en las reacciones dentro del reactor biológico para la hidrolisis enzimática de biomasa lignocelulósica de amaranto.

Trabajo a futuro

Se desea implementar el control durante el proceso de fermentación de azúcares libres de la biomasa lignocelulósica de amaranto para la obtención de bioetanol, en el cual intervienen el monitoreo de O_2 y CO_2, que se realiza en el laboratorio de biocombustibles del Tecnológico de Estudios Superiores de Ecatepec.

Conclusiones

En el presente trabajo se realizó el diseño y la simulación de la implementación de un filtro adaptivo para el control de temperatura y pH, durante el proceso de hidrólisis enzimática, dentro de un reactor biológico, para la obtención de azúcares fermentadas. Se utilizó un microcontrolador, para recibir las señales físicas de entrada, captadas por sensores, las cuales fueron procesadas por medio del algoritmo LMS; se obtuvieron señales de error mínimas en comparación con las señales deseadas, estas señales de salida ya procesadas fueron enviadas a actuadores para llevar a cabo el proceso requerido y optimizar la obtención azúcares liberados.

A través de la simulación se observó que, aunque la temperatura continúe variando, es decir aumentando o disminuyendo, el control del filtro adaptivo utilizado inicia su acción de control para corregir el valor deseado, a través de iteraciones hasta alcanzar la estabilidad, que en este caso es tener un error de aproximación prácticamente igual a cero y lograr que la señal de entrada sea aproximadamente igual a la señal deseada. De una forma similar realiza el control del pH, ya que requiere de la apertura y cierre de dos llaves que contienen diferentes soluciones para dar el equilibrio de la señal deseada en comparación con la señal de entrada. Con base a estos resultados se concluye que el filtro adaptivo tiene una controlabilidad óptima de la temperatura y del pH en el proceso de hidrólisis, para obtener 16% más la liberación de azúcares.

Referencias

[1] B. M. Bonk, , J. W. Weis, and B. Tidor, “Machine Learning Identifies Chemical Characteristics That Promote Enzyme Catalysis,” *Journal of the American Chemical Society*, vol. 141no. 9, 4108-4118, 2019.

[2] A. Basso, and S. Serban, “Industrial applications of immobilized enzymes—A review,” *Molecular Catalysis*, vol.479, 110607, 2019.

[3] H.P. Nel Martínez, C.A. Calderón Casallas and C.A. Ruiz Ortiz. "Metodología para el diseño de un biorreactor secuencial-Methodology for the Design of a Sequential Bioreactor." *Ingenium Revista de la facultad de ingeniería,* vol.18 no.36, 11-25, 2017.

[4] F.A.O. Quintana and H. Alvarez. "Enfrentando el modelado de bioprocesos: una revisión de las metodologías de modelado." *Revista ION*, vol. 30, no. 1, 2017.

[5] Z. B.O. Lecona, A. Mora-Ortega, A.J. De la Cruz, A.E. Márquez Ortega and M.B. Arce-Vazquez, “Sacarificación enzimática de biomasa residual de amaranto para la obtencíon de bioetanol,” *Journal CIM*, Vol. 7, Núm 1, 1300-1307, ISNN 2007-8102, 2019.

[6] C.S. Palacios, and S. Luna Romero. "Calibración automática en filtros adaptativos para el procesamiento de señales EMG." *Revista Iberoamericana de Automática e Informática industrial*, vol. 16, no.2, 232-237, 2019.

[7] A.K. Maurya, A. Priyanka and D. Shubhra, "Modified model and algorithm of lms adaptive filter for noise cancellation." *Circuits, Systems, and Signal Processing*, vol. 38, no. 5, 2351-2368, 2019.

[8] Miller, G.L. “Use of Dinitrosalicylic Acid Reagent for Determination of Reducing Sugar,” *Analytical Chemistry*, vol. 31, 426-428, 1959.

[9] S.C. Chapra, “Applied numerical methods with MATLAB for engineers and scientists,” *New York: McGraw-Hill*, 588-635, 2012.

[10] L. Báez Rodríguez, J.P. Rodríguez Jarquín, A. Martínez Sibaja, R. Posada Gómez and G. Águila Rodríguez, “Sistema automatizado para la medición de pH en eun biorreactor,” *Journal CIM*, Vol. 7, Núm 1, 1191-1199, ISNN 2007-8102, 2019.

Análisis de Esfuerzos en dos Cuerpos de Volteo de 25 m^3 usando Ansys.

M. E. Rodríguez Castillo[1], C. Rodríguez Aguilar[1] , L.M. Palacios Pineda[1],
1 Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico de Pachuca,
Carr. México-Pachuca km 87.5, col. Venta Prieta, Pachuca, Hidalgo, CP 42080
mario.rc@pachuca.tecnm.mx, cris_killers@hotmail.com, luis.pp@pachuca.tecnm.mx

***Área de participación**: Ingeniería mecánica y mecatrónica.*

Resumen

Se seleccionaron dos cuerpos de volteo de 25 m^3 que transportan material a granel, se aplicó ingeniería inversa y se obtuvieron todos los datos técnicos de cada caja. Posteriormente se procedió al modelado de las 2 cajas de volteo en 3D en los programa de CAD SOLIDWORKS, se realizó la idealización de la geometría, el mallado y se aplicaron condiciones frontera. Después se realizaron análisis estructurales de CAE mediante el software de ANSYS en diferentes posiciones: 0°, 5°, 10°, 20°, 30° y 40°. Los resultados muestran que en la operación de descarga y en las posiciones del cuerpo de volteo de 0 a 5° se desarrollan enormes esfuerzos en el bastidor del piso 318.6 MPa, en el piso 274.7 MPa, en elemento estructural de tapa trasera 533.7 MPa. Algunos elementos sobrepasan la resistencia a la fluencia y otros soportan muy poco esfuerzo.

***Palabras clave**: análisis estático, análisis de esfuerzos, análisis por elemento finito, cuerpo de volteo*

Abstract

Two 25 m^3 dump bodies that transport bulk material were selected, after that it was applied reverse engineering and all the technical data of each truck box were obtained. Subsequently the 2 dump boxes were modeled in 3D in the SOLIDWORKS CAD programs and the idealization of the geometry and the meshing were done, after that the boundary conditions were applied. Structural analyzes of CAE were then performed using ANSYS software in different positions: 0°, 5°, 10°, 20°, 30° y 40°. The results show that in the unloading operation and in the positions of the dump body from 0º to 5º enormous stresses of 318.6 MPa are developed in the floor frame, in the floor of 274.7 MPa, and in structural elements of rear cover 533.7 MPa. Some elements exceed yield strength and others withstand very little stress.

***Key words**: static analysis, stress analysis, finite element analysis, dump body.*

Introducción

El transporte de materiales a granel se realiza por medio de sistemas neumáticos, bandas transportadoras, ferrocarriles, barcos y vehículos automotrices. Estos medios son utilizados de acuerdo a las distancias a recorrer, toneladas a transportar y la demanda, en el comercio mundial los minerales y el carbón ocupan el segundo y tercer lugar de los principales productos de transporte por volumen [1].

A nivel nacional, en la última década la industria de autotransporte de carga ha crecido 18.29% y el 49.5% del total de vehículos de carga corresponde a las unidades de arrastre y dedicados al transporte de material a granel (camiones de volteo) [2,3], los cuales son fabricados de manera flexible respondiendo de una manera dinámica a la evolución de la demanda del mercado.

Esta respuesta ha generado que las industrias micro, pequeñas y medianas de autotransporte fabriquen semirremolques tipo volteo [4], sin realizar un análisis estructural, incluso algunas sin dibujo

de fabricación alguno, debido a que por lo general las empresas parten de una configuración tradicional para la fabricación de los componentes de la caja de volteo.
La ingeniería inversa es un proceso en el cual se analiza a un producto ya existente en el mercado, para determinar cuáles son sus componentes, la manera que interactúan entre si y cómo se ha construido para obtener los procesos de fabricación aplicados. Entonces se debe reflexionar en el funcionamiento de cada elemento y en su conjunto para entenderlo perfectamente y después se pueda pasar a la etapa de poder renovar y mejorar el producto. Las ventajas de la ingeniería inversa son: la reducción de complejidad y del número de elementos, mejorar algún subsistema, cambiar geometrías y aumentar la precisión del producto original [5-8].
El principio de la ingeniería inversa básicamente es el mismo que para la investigación científica, pero el producto o probeta es diferente. Los objetos observados en la investigación científica son usualmente fenómenos naturales, mientras que en la ingeniería inversa, el objeto bajo estudio es un producto ya hecho por el hombre. La misma técnica continúa siendo investigada en aplicaciones de sistemas de software derivado y/o para completar documentación técnica no disponible [9,10], que es el caso de la presente investigación.
Por lo antes mencionado el objetivo del presente trabajo es obtener la información técnica y realizar el análisis estático de esfuerzos, mediante análisis de elemento finito con el software ANSYS de dos cuerpos de volteo ya existentes en el mercado.

Metodología

Implementación de etapas del proceso de ingeniería inversa.

Se inicia con una primera etapa referente a la obtención de información técnica de dos diferentes modelos de caja de volteo existentes en el mercado, en relación a dimensiones, materiales, espesores y arreglo de bastidor. Posteriormente en base a la información obtenida se procede al modelado en 3D de las 2 cajas de volteo en los programa de CAD SOLIDWORKS, se realiza la idealización de la geometría, así como el mallado y se aplican las condiciones frontera. Después se procede a la realización de análisis estructurales de CAE mediante el software de ANSYS para los dos modelos de cuerpo de volteo en la operación de descarga, en diferentes posiciones: 0°, 5°, 10°, 20°, 30° y 40°. Por último se evalúan los resultados obtenidos y se establecen conclusiones. Se presenta lo dicho anteriormente en un diagrama de bloques en la figura 1.

Resultados y discusión

Información técnica obtenida.

Es necesario conocer la ficha técnica de dos cuerpos de volteo, una estándar o convencional de la década de los noventas y otra de aproximadamente del 2010 llamada de gama alta, que se designan como modelo 1 y modelo 2 respectivamente. Entonces como primer paso se procede a obtener las dimensiones de cada elemento y después a dibujarlo en Solid Works, tal como se muestra en figura 2. De manera general los cuerpos de volteo contienen o se les conoce por los siguientes sub-ensambles: bastidor del piso, piso, pared lateral izquierda y derecha, tapa frontal y tapa trasera, y elementos estructurales, tal como se ilustra en la figura 3.
En tabla 1 se proporcionan datos relevantes de cada componente de los cuerpos de volteo de ambos modelos. Con esta información se procede a hacer el modelo 3D de estas cajas para posteriormente analizarlas por medio de elemento finito y en base a los resultados obtenidos, detectar algunas zonas o elementos en riesgo u otros que soportan muy poco esfuerzo. Se puede apreciar que los dos modelos de cuerpos de volteo tienen el mismo espesor de lámina en el piso y en los laterales, pero presentan algunas diferencias como los calibres en las tapas, el número de elementos estructurales disminuye, ya que en el modelo 1 cuenta con 78 y en modelo 2 solo con 46. En relación con la masa total de cada cuerpo de volteo el modelo 2 presenta un ahorro del 5.5%, que para una fabricación considerable es un buen ahorro de material, de mano de obra y de consumibles.

Materiales

Los materiales utilizados en los dos cuerpos de volteo son de acero ASTM A-36 en productos de lámina y perfiles estructurales PTR, y los perfiles HSS son de acero ASTM A 500 B. En relación al perno posterior, para el modelo 1 es de acero AISI 1018 rolado en frío de 50.8 mm de diámetro y en el modelo 2, esta compuesto de dos piezas: eje acero AISI 1018 rolado en frío de 25.4 mm diámetro, con bujes de acero AISI 1518 de 50.8 mm de diámetro exterior, cementado y templado, en tabla 2 se proporcionan las propiedades mecánicas de los materiales en comento.

 ISSN 2007-8102

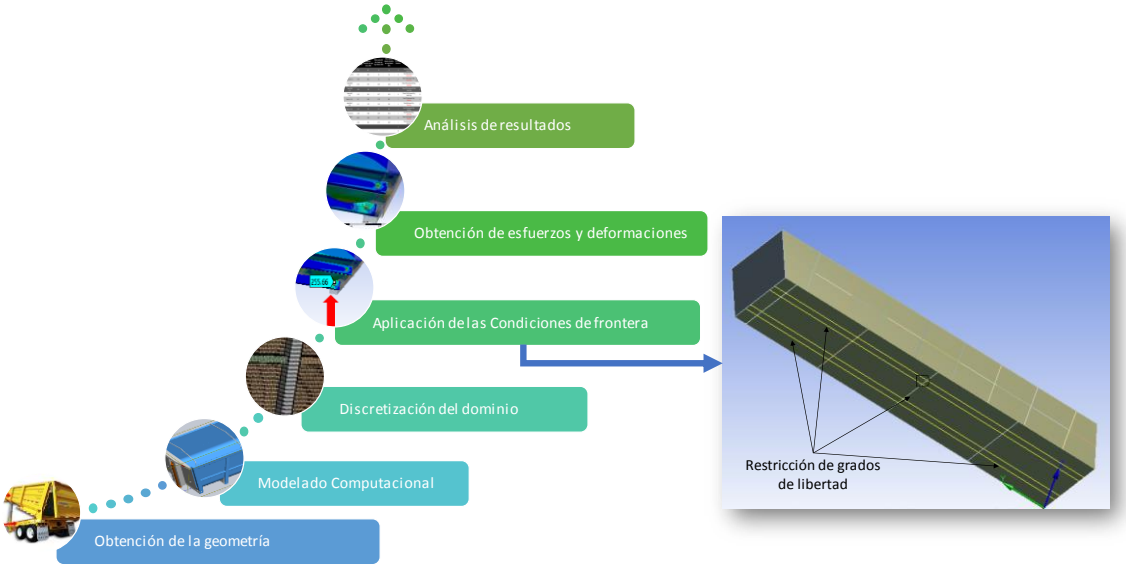
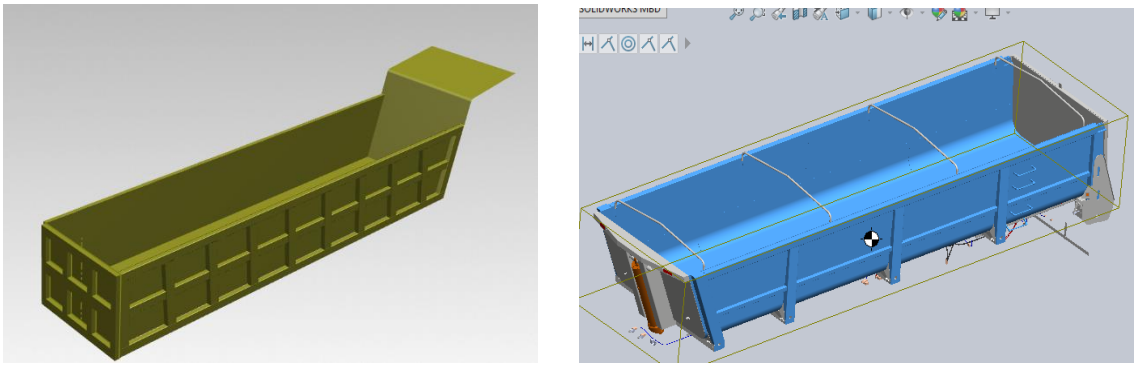


Figura 1 Proceso de análisis en los cuerpos de volteo aplicando ingeniería inversa.



(a) (b)

Figura 2 Modelo 3D de los cuerpos de volteo: (a) estándar o convencional, modelo1 y (b) gama alta: modelo 2.

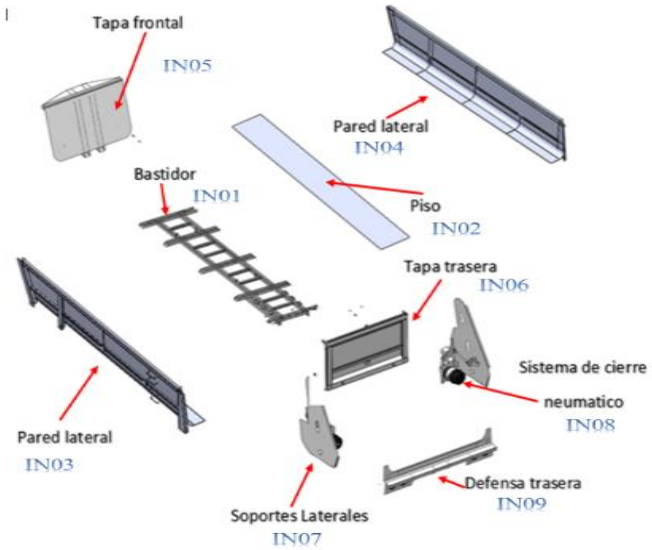


Figura 3 Sub-ensambles o componentes generales del cuerpo de volteo.

Tabla 1 Datos técnicos de los cuerpos de volteo M1 y M2.

componente	MODELO 1 convencional			MODELO 2 gama alta		
2	Dimensiones y espesores	elementos estructurales	Masa (kg	Dimensiones y espesores	elementos estructurales	Masa (kg
Dimensiones generales	a=2.353 m, L=8.8 m, h=1.2 m			a=2.353 m, L=8.8 m, h=1.23 m		
volumen	24.84 m^3			25.43 m^3		
Piso	4.776 mm (3716")	21 5HSS T 8"x3"x3/16" 8PTR L3"X3"X3/16" 8perf C 6"x5"x3/16"	1459	4.776 mm (3716")	20 5HSS T 8"x3"x3/16" 8PTR L6"X5"X3/16" 8perf C 5"x3"x1"	1418
Paredes laterales	4.18 mm Cal 8	42 20HSSv8"x3"x3/16" 22PTR H6"X4"cal 8	1962		20 10HSSv8"x4"x3/16" 2PTR h 6"x4"x1/8" 8PTRh3.5"x4"x3/16"	1834
Tapa frontal	4.18 mm	6 HSSh8"x3"x3/16"	213	6.35 mm	1 PTRh6"x4"x1/8"	200
Puerta trasera	4.18 mm	6 PTRv6"x4" cal 8 3 PTRh6"x4" cal 8	256	4.776 mm	2 PTRh6"x3"x1/8" 2 PTRv6"x3"x1/8" 1PTR3.5"x3.5"x3/16"	222
Σ elementos y masas		**78 elementos**	**3890**		**46 elementos**	**3674**

TABLA 2 Propiedades mecánicas de aceros utilizados en la manufactura de los cuerpos de volteo.

acero	Resistencia Fluencia MPa (ksi)	Resistencia. MPa (ksi)	% elongación (50mm)	Módulo de elasticidad GPa (ksi)	Relación de Poisson	Módulo de rigidez GPa (ksi)
ASTM A36	250 (36)	400-550 (58-80)	23	200 (29000)	0.26	79.36 (11500)
HssASTM A500 B	315 (45.7)	400 (58)	23	190 (27536)		80 (11600)
AISI 1518 Cementado temple y R.	700 (101)	945 (137)	5			

Cargas estáticas

Las carga estática que soporta el cuerpo de volteo, se considera el material a granel con mayor densidad: arena saturada, que corresponde a 2100kg/ m^3 y un volumen de carga de 25 m^3, la masa se determina con la siguiente ecuación:

$$m = \rho * V \quad (1)$$

El peso es igual a: $W = m * g$ (2)

Sustituyendo datos, se obtiene: masa, m = 52,500 kg y la fuerza o carga de 515kN.

De acuerdo a [11, 12 y 13], el porcentaje que soporta cada sub-ensamble del cuerpo de volteo es de la siguiente manera: piso 100%, pared lateral 15%, tapa frontal 15 % y tapa trasera 10%.

Esfuerzos en elementos del cuerpo de volteo

Se presentan los resultados de esfuerzos de los análisis de carga estática, obtenidos mediante análisis de elemento finito en módulo de Static Structural en ANSYS. El primer caso corresponde cuando el cuerpo de volteo esta horizontal, con aplicación de la carga a cada sub-ensamble ya descrito. En la figura 4 se presenta el análisis en la lámina del piso modelo M2 y a la mitad de la caja el mayor esfuerzo es de 210 MPa, ya muy cercano al de esfuerzo de fluencia.

De esta misma manera se realiza el análisis de esfuerzos de los diferentes componentes de las cajas, para los modelos 1 (M1) y modelo 2 (M2) y los datos se proporcionan en la tabla 2. Coincide

 ISSN 2007-8102

que en ambos modelos, la lámina del piso soporta el mayor esfuerzo, pero en el modelo 1, sobrepasa el esfuerzo de fluencia.

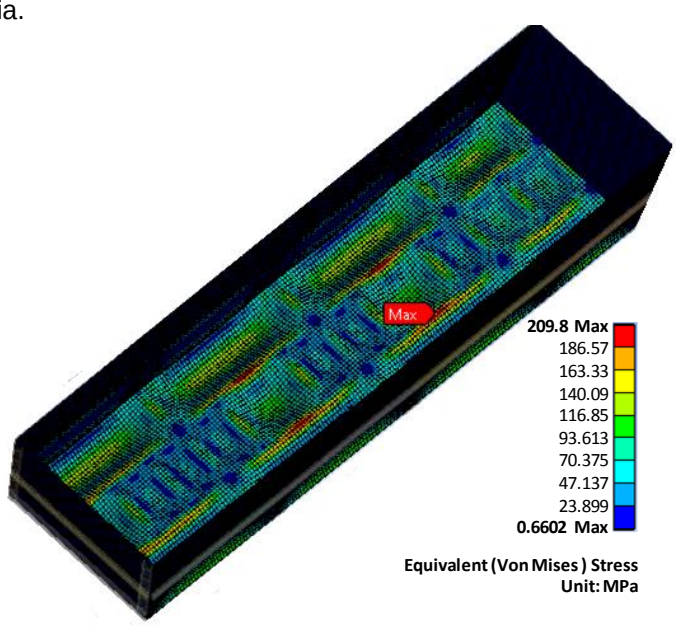


Figura 4 Esfuerzo de Von Mises de 209.8MPa, por aplicación del 100% de la carga al piso del modelo 2.

Tabla 3 Esfuerzos de von Mises y su localización en los cuerpos de volteo a 0°.

Sub-ensamble	Modelo 1		Modelo 2	
	Esfuerzo (Mpa)	localización	Esfuerzo (Mpa)	localización
Piso (lamina)	**274.69**	Cerca de esquina con pared lateral.	**209.6**	Cerca de esquina con pared lateral.
Bastidor del piso	**25.3**	En unión de elementos transversal y longitudinal.	**51.78**	Elemento corto transversal.
Pared lateral	**18.8**	Cerca del piso a la mitad de lo largo.	**97.4**	Cerca del piso a la mitad de lo largo.
Perfil estructural lateral	**9.5**	Cerca del piso a la mitad de lo largo.	**83.7**	Cerca del piso a un tercio de lo largo.
Tapa frontal lamina	**65.5**	Cerca del piso.	**165.7**	A la mitad de la altura.
Tapa frontal elem. estructural	**11.27**	Travesaño inferior.	**95.6**	Travesaño superior en la esquina.
Tapa trasera lámina	**94.8**	Parte superior a la mitad.	**151.08**	Parte superior a la mitad.
Tapa trasera elem. estructural	**23.9**	Travesaño superior a la mitad.	**95.6**	Travesaño intermedio a la mitad.

Análisis de esfuerzos a diferentes ángulos de inclinación en operación de descarga.
Los resultados de esfuerzos mediante ANSYS, con el cuerpo de volteo en operación de descarga a 5°, 10°, 20°, 30° y 40°, considerando una situación eventual por cualquiera de los casos siguientes: el material esta húmedo y su consistencia no le permite resbalar, en un sitio con una pendiente “de subida” y cuando el operador del vehículo olvida abrir la tapa trasera.
En la figura 5 corresponde al bastidor del cuerpo de volteo M1 a 10° y se observa: un elemento transversal casi a la mitad del cuerpo soporta el mayor esfuerzo de 313.8 MPa, pero también en otros elementos presenta esfuerzos de 238.3 Mpa y de 177.7 Mpa. De manera similar se realiza el

 ISSN 2007-8102

análisis de esfuerzos de los diferentes componentes de las cajas, para los modelos M1 Y M2, para las posiciones del cuerpo de volteo: 5°, 10°, 20°, 30° y 40° y los datos se proporcionan en la tabla 4.

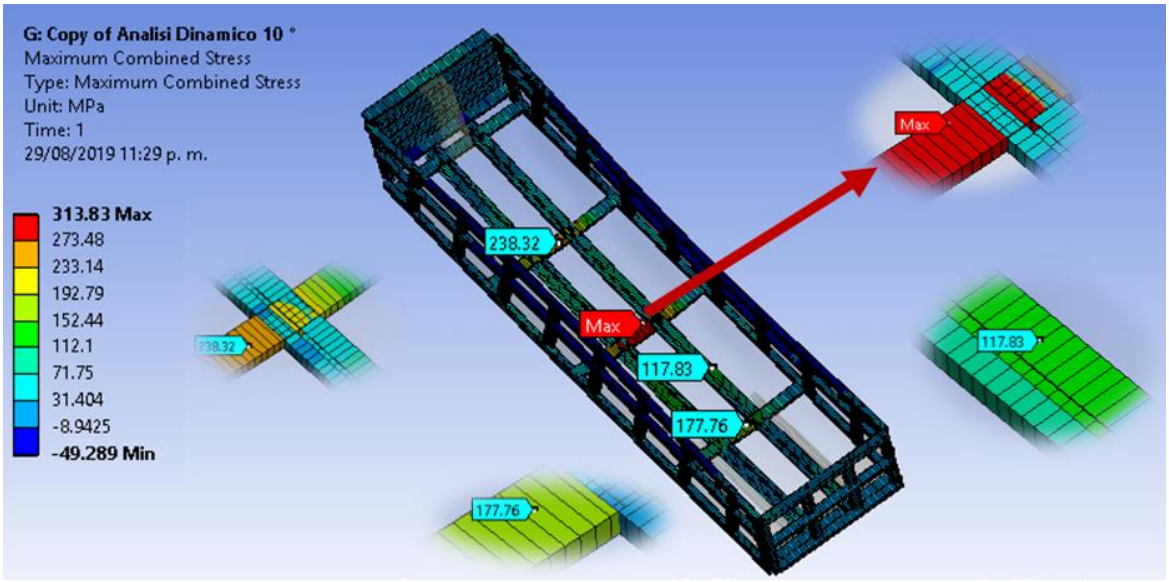


Figura 5 Máxima combinación de esfuerzos de 313.83 MPa en bastidor, mediante la carga y el peso de la caja a 10 ° modelo 1.

Tabla 4 Esfuerzos en cuerpo de volteo y elementos estructurales a diferentes ángulos en operación de descarga.

Ángulo	componente	Modelo 1		Modelo 2	
		Esfuerzo (Mpa)	localización	Esfuerzo (Mpa)	localización
5°	Cuerpo volteo	**533.7** 366.6	Tapa trasera, ½ altura	**589.3** 402.3	Tapa trasera, parte superior
	Elem. Estruct.	**318.6** 241.8	Bastidor elem.transver. ½ largo o intermedio	**304.7** 204.2	Bastidor elem. Transversal ½ largo o intermedio
10°	Cuerpo volteo	**479.4** 323.7	Tapa trasera, ½ altur	**536.4** 498.7	Tapa trasera, ½ altura
	Elem. Estruct.	**313.8** 238.3	Bastidor elem. Transversal ½ largo	**301.6** 202.6	Bastidor elem. Transversal ½ largo o intermedio
20°	Cuerpo volteo	**423.7** 421.1	Tapa trasera, ½ altur	**517.4** 507.8	Tapa trasera, ½ altura
	Elem. Estruct.	**301.3** 228.9	Bastidor elem. Transversal ½ largo	**423.7** 194.1	Bastidor elem. Transversal ½ largo o intermedio
30°	Cuerpo volteo	**438.1** 420.6	Tapa trasera, parte inferior	**512.8** 415.4	Tapa trasera, parte inferior
	Elem. Estruct.	**301.3** 212.1	Bastidor elem. Transversal ½ largo	**266.5** 179.5	Bastidor elem. Transversal ½ largo o intermedio
40°	Cuerpo volteo	**428.2** 192	Tapa trasera, parte inferior	**512.7** 498.3	Tapa trasera, parte intermedia
	Elem. Estruct.	**249.9** 198.7	Bastidor elem. Transversal intermedio	**239.9** 160.8	Bastidor elem. Transversal ½ largo o intermedio

De los resultados de tabla 4, la lámina del piso de los modelos M1 y M2 fallan por fluencia, mediante los esfuerzo máximos de von Mises en el proceso de operación de la caja de volteo a 5°. Los dos esfuerzos mayores se presentan en la tapa trasera, a cualquier ángulo y en cuanto a los elementos estructurales coincide en todos los casos en el elemento transversal central del bastidor.

Trabajos a futuro

La innovación de manera puntual de cada sub-ensamble del cuerpo de volteo para que en cada uno de ellos al menos en un componente se rediseñe, con el objetivo de disminuir elementos o seleccionar otro material para bajar el peso del cuerpo y/o reducir los esfuerzos en los elementos.

Conclusiones

Se obtuvieron las dimensiones de cada pieza y se generaron los dibujos en 3D y de fabricación para cada cuerpo de volteo M1 y M2, y se realizaron análisis estructurales estáticos mediante análisis de elemento finito con ANSYS, obteniendo los esfuerzos que soporta cada elemento, cuando el cuerpo de volteo en proceso de descarga, en diferentes ángulos de inclinación. Los resultados indican que en posición horizontal: el piso del modelo M1 sobrepasa el esfuerzo de fluencia, sin embargo existen algunos componentes que presentan muy bajos esfuerzos. En cambio a la descarga y el cuerpo de volteo esta a 5°, los elementos de la tapa trasera y del bastidor del piso en la zona central, fallan por fluencia, en ambos modelos M1 y M2. Se considera que esto es un gran riesgo para la integridad estructural del cuerpo y al mismo tiempo es una gran área de oportunidad para el rediseño en el proceso de ingeniería inversa.

De manera general, el cuerpo de volteo M2 soporta mayores esfuerzos que el modelo M1, pero en el bastidor y elementos estructurales, el modelo M1 esta sometido a mayores esfuerzos que M2.

Referencias

[1] A. V. Kirichenko, A.L. Kuznetsov, V.A. Pogodin, “Dust prevention in bulk material transportation and handing”, IOP Conf. Series: Earth and environmental Science, (2017).

[2] Cámara nacional de autotransporte de carga (CONACAR), Estadísticas, “Agenda económica del autotransporte de carga 2018”, flota vehicular.

[3] Mohammad Mushtaque Dilip. G. Gangwani , “Design Optimization of Truck Body”, International Journal for Innovative Research in Science & Technology, Volume 3,Issue 02 (2016).

[4] NOM-012-SCT-2-2017, “Sobre el peso y dimensiones máximas con los que pueden circular vehículos de carga en jurisdicción federal”. México.

[5] P.W. Anggoro, B. Bawono, I. Sujatmiko, “Reverse engineering technology in redesign process ceramics: application for CNN plate”, Procedia manuf. Elsevier B.V.; 2015; (less):521-7. Available from: http://dx.doi.org/10,1016/j.promfg.2015.11.071

[6] A. Cioe, S. Nicolaie, C. Babutanu, “Reverse engineering for the rotor blades of a horizontal axis micro-hidrokinetic turbine”, 2017; 112 (October 2016): 35-42.

[7] A. P. Valerga, M. Batista, R. Bienvenido, S.R. Fernández-Vidal, C. Wendt, M. Marcos, “Reverse engineering based methodology for modelling cutting tools”, Procedia Eng. Elsevier B.V.; 2015.

[8] K. Soku, D. Cekus, “Reverse engineering as a solution in parts restoration process”, procedia Eng. The autor(s), 2017.

[9] M. Dúbrav, S. Kender, “Application of reverse engineering techniques in mechanics system services”, 2012;48: 96-104.

[10] J. Seewing, M. Eifler, F. Schneider, J.C. Aurich, “Design and verification of geometric roughness standards by reverse engineering”, Procedia CIRP. Elsevier B.V.; 2016.

[11] N.Nagendra Kumar, B Jitendra, “Optimization Of Weight and Strees Redution of dumper for automotive vehicles”, International Journal of Engineering Research and Technologic, Volume 2, Issue 10, (Octuber 2013)

[12] Sankararao Vinjavarapu, Unnam Koteswararao, V. Lakshmi Narayana, “Design Optimization of Tipper Truck Body”, International Journal of Engineering Research and Development, Volume 4, Issue 9 (November 2012), PP. 11-20

[13] Mohammad Mushtaque Dilip. G. Gangwani, “Design Optimization of Truck Body”, International Journal for Innovative Research in Science & Technology, Volume 3 | Issue 02 | July 2016.

Propuesta geométrica de una cámara de deshidratación solar basada en el análisis numérico

J. M. Cruz García[1] , V. Flores Lara[1], J. Bedolla Hernández[1], M. Bedolla Hernández[1], A. López Ortíz[2],*
[1]Departamento de Metal Mecánica, Instituto Tecnológico de Apizaco, Av. Instituto Tecnológico S/N, CP. 90300, Apizaco Tlaxcala., México.
[2]Instituto de Energías Renovables, Cerrada Xochicalco s/n Colonia Centro, 62580 Temixco, Morelos, México
**michael.901@hotmail.com*

***Área de participación**: Ingeniería Mecánica y Mecatrónica*

Resumen

Se presenta en este trabajo el diseño, construcción y evaluación de una cámara térmica para un secador mixto tipo gabinete; con el objetivo de mejorar la distribución del flujo de aire y verificar que las condiciones termofísicas del aire sean propicias para la deshidratación. Se analizaron cuatro modelos mediante el análisis de dinámica de fluidos computacional (CFD), resultando un modelo con geometría que permite generar las características térmicas y de flujo de fluidos propias para el secado solar. El experimento se realizó en vacío, predominando un intervalo de humedad especifica de 3.4 g/kg a 6.5 g/kg de aire seco. Se obtuvieron temperaturas promedio de 48.8 °C, las humedades relativas se encuentra en un rango de 7 % a 20.6 %, con entalpias promedio de 63.93 kJ/kg, con una velocidad de aire promedio de 1.28 m/s. Considerando los resultados, el modelo propuesto cumple con las características para la deshidratación.

***Palabras clave**: Secador solar mixto, gabinete, cámara térmica, análisis termofísico.*

Abstract

The design, construction and evaluation of a thermal chamber for a mixed cabinet-type dryer is presented in this work; with the objective of improving the distribution of air flow and verifying that the thermophysical conditions of the air are conducive to dehydration. Four models were analyzed by means of computational fluid dynamics (CFD) analysis, resulting in a model with geometry that allows the generation of thermal and fluid flow characteristics for solar drying. The experiment was carried out in vacuum, with a specific humidity range prevailing from 3.4 g / kg to 6.5 g / kg of dry air. Average temperatures of 48.8 ° C were obtained, the relative humidity is in a range of 7% to 20.6%, with average enthalpies of 63.93 kJ / kg, with an average air speed of 1.28 m / s. Considering the results, the proposed model meets the characteristics for dehydration.

***Key words**: Mixed solar dryer, cabinet, thermal chamber, thermophysical analysis.*

Introducción

El panorama de la seguridad alimentaria y nutricional en México se aborda a partir de los cuatro pilares que la componen: disponibilidad, acceso, uso de los alimentos, y estabilidad de la oferta. En el caso de productos agrícolas alimenticios su almacenamiento y transportación afectan considerablemente a los pilares antes citados por su alto contenido de humedad, hasta el 85% por kg de producto provocando la degradación del alimento por la formación de microorganismo [1]. Existen procesos tradicionales y tecnificados para acondicionar el producto y hacerlo menos perecedero, el secado o deshidratación, que a través de procesos de transferencia de masa y energía se lleva al producto hasta el 13% de humedad por kg [2].

La etapa en la que mayor energía se requiere en el proceso de deshidratación es cuando se transforma el agua líquida en su vapor (2258 kJ / kg a 101.3 kPa). El agua puede estar contenida en varias formas, por ejemplo, como agua libre, agua unida al producto a deshidratar, y que se relaciona

directamente con la velocidad de secado. Se le llama producto no higroscópico cuando el agua está libre del producto o la humedad puede estar ligada al producto a través de capilares cerrados y en este caso se le llama higroscópico. Esta característica es clave en el dimensionamiento y selección de la geometría de las cámaras de deshidratación para llevar a cabo procesos de secado uniforme a través del suministro sin exceso o falta de energía y masa de aire para no dar origen a la degradación del producto a deshidratar. Se han realizado diferentes investigaciones que estudian las geometrías de cámaras de deshidratación bajo diferentes condiciones de operación principalmente las climáticas consideradas como externas; ya que desde la presión atmosférica, la intensidad de la radiación solar, humedad relativa, velocidad del viento y temperatura ambiente son parámetros fundamentales que gobiernan el proceso. Las condiciones internas también han sido consideradas en las investigaciones, como el régimen de flujo interno, distribución de las charolas que contienen el producto, tipo de producto, cantidad de producto entre otras. Ejemplo de lo anterior en la referencia [3] presentaron una revisión compacta de varios diseños, detalles de construcción y principios de operación de una amplia variedad de sistemas de secado solar. Donde dividieron los secadores en dos grupos: secadores por convección forzada y secadores por convección natural; dentro de cada grupo realizaron tres subdivisiones que comprenden secadores de tipo: directo, indirecto o mixto. En [4] se diseñó y construyó dos secadores solares para alimentos que trabajan por convección natural. Los secadores se construyeron con madera y polietileno. Un secador fue de tipo gabinete y el otro de cama fija. Las eficiencias máximas de los secadores fueron de 21% para el de tipo gabinete y de 23% para el de tipo cama fija, durante el proceso de secado de chile. El tiempo de secado, comparado con el secado en asoleaderos, se redujo en un 50% en el de tipo cama fija y en un 33% en el tipo gabinete.

Los diseños presentes en la literatura, la mayoría de ellos se han llevado acabo utilizando el análisis de Dinámica de fluidos computacional (CFD). CFD es una rama de la mecánica de fluidos que utiliza el modelado matemático y los algoritmos de simulación numérica para examinar y resolver los problemas que comprenden el flujo de cualquier fluido. De acuerdo con [5,6], el análisis de CFD es esencial ya que involucra todas las consideraciones, incluyendo temperatura, velocidad y flujo másico. El análisis CFD proporciona el resultado exacto que permite al investigador analizar el diseño óptimo y el rendimiento general del modelo. De manera materialista, el software de análisis CFD ahorra mucho tiempo y dinero que se desperdiciaría en las observaciones experimentales para la validación del rendimiento de un modelo. En el caso de la referencia [7] aplicaron un software de Dinámica de Fluidos Computacionales (CFD) llamado CHAM, para simular el movimiento del aire en 3D, en el interior de la cámara de secado de un secador de charolas de 5 toneladas. La geometría de la cámara de secado solo permitía el flujo del aire a una charola por paso. Con la simulación se determinaron los perfiles de presión y velocidad del aire, por encima del producto, los cuales indicaron que existía una mala distribución del aire de secado en el interior de la cámara de secado. Para validar los resultados de la simulación se realizaron pruebas experimentales para varias frutas. Se encontró que existían charolas en ciertas posiciones que no se lograban secar adecuadamente, los cuales coincidían con las posiciones donde la simulación indicaba que existía una mala distribución del aire de secado.

El estudio del comportamiento del aire se ha llevado a cabo por diversos investigadores. Adams y Thompson [8], estudiaron el comportamiento del flujo de aire en el interior de una cámara de secado de un secador tipo túnel. Ellos midieron la velocidad del aire y encontraron que existía una distribución no uniforme de las velocidades del aire de secado, el cual se redujo al colocar placas para desviar la dirección del aire. Por otra parte, Margaris y Ghious [9] estudiaron la simulación numérica dentro de una cámara de secado para predecir los parámetros del flujo de aire y optimizar el diseño del secador. Un conjunto de mediciones se obtuvieron experimentalmente, se usaron para validar el modelo de turbulencia más apropiado para la configuración analizada. La validación de los datos medidos y los resultados de la simulación a través de CFD mostraron que el modelo k-e estándar es el modelo de turbulencia más adecuado. MISHA et al. [10], diseñó y evaluó un secador de bandejas de escala industrial para el núcleo de kenaf astillado. La simulación de CFD se usó para predecir la distribución del flujo de aire en la cámara de secado al considerar el producto como un medio poroso. Los datos experimentales y de simulación estuvieron de acuerdo. La velocidad de secado de los productos secos en cada bandeja se predijo utilizando los datos validados. El resultado

muestra, que cuanto mayor es la velocidad del aire, mayor es la velocidad de secado de los productos. Sonthikun et al. [11] diseñaron y simularon un secador de biomasa solar para el secado de caucho natural utilizando el software ANSYS Fluent. Encontraron que los resultados de la simulación están muy cerca de los valores experimentales. La simulación CFD se realizó para la distribución del flujo de aire en el secador híbrido de biomasa solar. El contenido de humedad en las láminas de caucho se había reducido a 0.34% de 34.26% en 48 h. Romero et al [12] simularon y validaron con resultados experimentales del proceso de secado de vainilla en el secador solar indirecto utilizando el software ANSYS Fluent. Investigaron la distribución de temperatura dentro del secador solar. Descubrieron que en la salida hay una similitud entre los resultados de la simulación y las observaciones experimentales, pero dentro del secador, hay una variación entre la temperatura medida y la calculada.Por otra parte, Efraín Simá Moo [13] realizó el diseño de la cámara de secado con base en una simulación aerodinámica del comportamiento de la velocidad del aire, en el interior de la cámara de secado. Inicialmente el estudio se realizó para tres geometrías de camas estáticas: horizontal, inclinado y cónico, utilizando Dinámica de Fluidos Computacionales (CFD). Con base en los resultados obtenidos, se definió el diseño de la cámara de secado, el cual incluyó la orientación de los ductos de entrada de aire, la geometría de la cámara de secado (cámara de aeración y cama de grano) y el campo de velocidades en el interior de la cama de grano.

De acuerdo a lo anterior, los deshidratadores solares son equipos utilizados para el secado de productos alimenticios. Uno de los inconvenientes de los deshidratadores es la falta de uniformidad en el contenido de humedad del producto final, siendo la geometría de la cámara de secado un factor fundamental en esta problemática. Esta investigación se centra en el diseño, construcción y evaluación de una cámara térmica para un secador mixto tipo gabinete, con el objetivo de mejorar la distribución del flujo de aire y verificar que las condiciones termofísicas del aire sean favorables para el proceso de secado.

Marco teórico

Comportamiento del flujo

Para el análisis de Dinámica de fluidos computacional (CFD), en el que se busca el cálculo de diferentes campos de las propiedades del fluido de trabajo, como la velocidad, la temperatura y la presión, es esencial disponer de los modelos que rigen el comportamiento del flujo [12].
Ecuación de conservación de masa, ec. (1):

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \nabla \cdot (\rho v) = 0 \tag{1}$$

Ecuación de conservación del momento, ver ec. (2):

$$\frac{\partial \rho}{\partial t}(\rho v) + \nabla \cdot (\rho v v) = -\nabla p + \rho g + F \tag{2}$$

Ecuación de conservación de energía, ver ec. (3):

$$\frac{\partial \rho}{\partial t}(\rho E) + \nabla \cdot \left[v(\rho E + \rho) \right] = 0 \tag{3}$$

Dónde: ρ es la densidad del fluido, v es la velocidad del fluido, p : es la presión estática, ρg y F : son las fuerzas gravitacionales y externas, respectivamente y E : es la energía total del fluido.
CFD se utiliza para determinar la velocidad y la distribución del flujo de aire dentro del secador solar mixto. De acuerdo con [14], el proceso de simulación debe contemplar las etapas que se muestran en diagrama de la Figura 1.

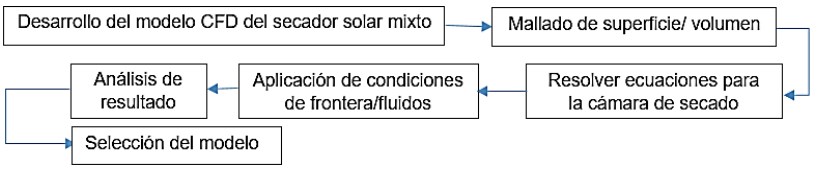


Figura 1. Diagrama de flujo del proceso de simulación CFD [14]

 ISSN 2007-8102

Metodología

La cámara de deshidratación debe cumplir con ciertos requerimientos y consideraciones, ver Tabla 1.

Tabla 1: Requerimientos y consideraciones para el diseño de la cámara de deshidratación

Requerimientos	1.- Debe acoplarse a las dimensiones del sistema que alimenta de energía a la cámara, siendo de 0.1 m x 0.99 m.
	2.- Tener 3 bandejas en su interior con un ancho de 0.99 m considerando el ancho del sistema que alimentará de energía.
	3.- Tener una capacidad máxima de 9 kg.
	4.- Tener una configuración que permita el ingreso de la radiación solar.
	5.- No debe condensarse agua en lugares que interfiera con el proceso de secado.
	6.- Debe permitir la salida del aire húmedo.
	7.- El aire caliente debe distribuirse por toda el área de secado.
	8.- Debe estar construido con materiales que se encuentren en contacto directo con el producto, de bajo costo, resistentes al calor y a la corrosión, y que cumpla al mismo tiempo como aislante térmico.
	9.- La cámara de deshidratación sea ligero y fácil de transportar.
	10.- El diseño debe ser de fácil construcción.
	11.- No debe permitir la entrada de insectos, animales u otro agente contaminante dentro de la cámara de deshidratación.
Consideraciones	1.- Las características del aire que entra a la cámara de deshidratación deben ser adecuadas para el secado.
	2.- La cantidad de calor que ingresa a la cámara de deshidratación proveniente del sistema fotovoltaico térmico (FV/T) de 2 kW.
	3.- Distribución del fluido por toda el área de las bandejas.
	4.- Aprovechar la energía solar directamente a la cámara de deshidratación para el calentamiento interno.
	5.- Las dimensiones de la cámara de deshidratación, tomadas de otros trabajos, para satisfacer la cantidad del producto a deshidratar.
	6.- La temperatura del aire sea uniforme en la cámara de deshidratación.

Formas geométricas de la cámara de deshidratación

Se propusieron 4 formas geométricas, que tienen una configuración similar a una cámara de secado tipo gabinete, y con base a investigaciones realizadas [15] son las que mejor se aproximan a mantener el flujo de aire y energía uniforme y homogénea en el interior de la cámara con bandejas de forma escalonada. La geometría de la cámara está condicionada, ya que las de tipo gabinete en la parte superior, existe una placa de vidrio que permite el paso de la radiación solar al interior de la cámara de deshidratación, además del ingreso del aire caliente que proviene del sistema de calefacción como se observa en la Figura 2.

Simulaciones CFD de las geometrías propuestas

De acuerdo a lo anterior, se presenta el análisis de CFD, para cada una de las propuestas, ver Figura 3.

Propuesta 1

En la Figura 3, se observa que el aire entra a una velocidad de 2 m/s, realiza su recorrido en el interior de la cámara de deshidratación cruzando las bandejas, en este instante la velocidad del aire disminuye a un rango de 0.4 a 1.8 m/s, la disminución de velocidad surge debido a que las bandejas frenan al aire en su paso, después de la bandeja 2 el frenado del fluido es más notorio y pasando la bandeja 3 el fluido es acelerado por la cercanía de la salida; por otro lado, la ubicación de la salida no permite un flujo del aire constante ya que su geometría tiene un cambio de dirección, aumentando su velocidad de forma no homogénea.

 ISSN 2007-8102

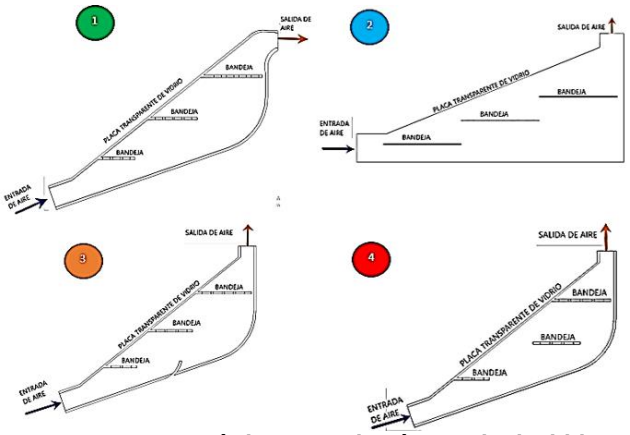


Figura 2. Formas geométricas para la cámara de deshidratación

Propuesta 2

Para la simulación de la geometría 2, Figura 3, se tiene que la velocidad de entrada del aire es de 2 m/s, realiza su recorrido donde al pasar por las bandejas disminuye su velocidad a un rango de 0.4 a 0.6 m/s, Debido a que las bandejas se encuentran distribuidas en el centro de la cámara, existen espacios donde el aire fluye libremente con valores de velocidad promedio de 1.80 m/s, el estancamiento del fluido ocurre por el frenado de las bandejas. La posición de la tercer bandeja con respecto a la salida del aire en la cámara hace que no se presente estancamiento sino aumento de velocidad hasta de 3 m/s, que en cuestiones de deshidratación seria idóneo para desalojar el aire húmedo después de deshidratar. Respecto al diseño de la cámara de deshidratación y el recorrido del aire, se aprecia que el flujo de aire no es uniforme en el interior del secador y que hay corrientes de aire que no chocan con las bandejas el cual no son útiles para el proceso de secado, debido que el aire al ingresar a la cámara tiende a subir por la dirección que proporciona la posición de la salida.

Propuesta 3

En la Figura 3 de la geometría 3 las bandejas ocupan la posición en la superficie frontal de la cámara, la parte cóncava de la cámara aumenta y la salida es continua hacia la parte superior. El aire entra a una velocidad de 2 m/s, durante el recorrido que el aire realiza en el interior de la cámara, la velocidad disminuye al cruzar por las bandejas donde se obtiene un rango de velocidad de 0.6 a 1.0 m/s. Para la salida del aire, en la última bandeja existe un incremento de velocidad de 1.20 m/s, el incremento de la velocidad surge por la posición de la salida, que cumple la función de una chimenea. Respecto al diseño de la cámara, la función de deshidratación y el recorrido del aire, se aprecia que la mayor cantidad de flujo choca con la tercer bandeja, ubicada en la salida de la cámara, esto provocará un secado no homogéneo y por lo consiguiente incrementará el tiempo de secado.

Propuesta 4

Para la geometría 4, Figura 3, la concavidad de la superficie se reduce, esto hace que la distancia entre superficies, cóncava y frontal se acorten buscando mayor velocidad del flujo, la bandeja 2 se separa de la superficie hacia el centro y la salida se mantiene para actuar como chimenea. El aire entra a una velocidad de 2 m/s, realiza su recorrido en el interior de la cámara, se observa el paso del aire en las bandejas donde las velocidades están en un rango de 0.6 a 1.4 m/s, la disminución de velocidad se presenta debido que las bandejas frenan el aire en su paso. En la salida ocurre un incremento de velocidad mayor a la velocidad que ingresa el aire en la cámara de deshidratación, el valor es de 2.20 m/s, originándose en esta zona por la posición de la salida permitiendo un tiro que ayuda fluir el aire. Respecto al diseño de la cámara de deshidratación y el recorrido del aire, se aprecia que el flujo que ingresa a la cámara de deshidratación choca con las bandejas de forma homogénea y no presenta estancamiento pronunciados como en las geometrías 1 y 3 debido a que la ubicación de las bandejas permite el recorrido del aire por toda la cámara.

Resultados

Elección de la forma geométrica

 ISSN 2007-8102

La elección de la forma geométrica para el diseño de la cámara de deshidratación, se realiza tomando en cuenta los resultados de las simulaciones de CFD y los requerimientos de diseño. Se genera la Tabla 2, considerando los diferentes factores donde se les asignan una ponderación para finalmente seleccionar la geometría.

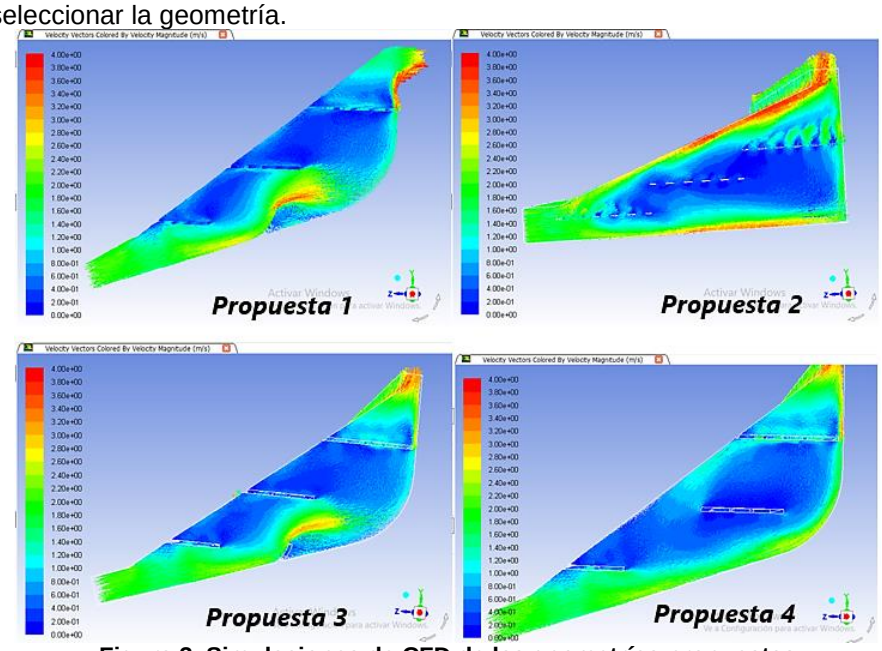


Figura 3. Simulaciones de CFD de las geometrías propuestas

Tabla 2. Evaluación de las formas geométricas

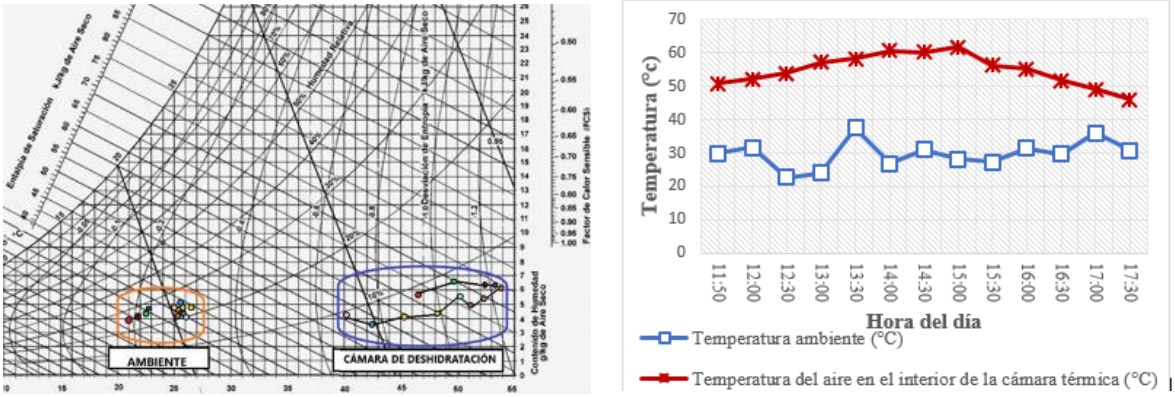
Factores	**Geometría 1**	**Geometría 2**	**Geometría 3**	**Geometría 4**
Fácil de construir	6	9	8	8
Fácil de acoplarse a la fuente de calor	9	7	9	9
Facilidad de limpieza	8	8	8	9
Permitir el ingreso de la radiación solar	9	8.5	9	9
Permitir salida del aire húmedo	7	6	7.5	7.5
Distribución del aire por toda el área de secado	7.5	6.5	7	9
Diseño ergonómico	8	8.5	8.5	8.5
Dirección del flujo adecuado (laminar)	8.5	7	8.5	9
Total	63	60.5	65.5	69

Con base en los estudios numéricos realizados mediante CFD [16], y con el propósito de lograr la distribución de flujo en el interior de la cámara, que su construcción sea más factible y de acuerdo a la evaluación anterior, se obtiene que la forma geométrica 4 es la adecuada.

Para verificar los resultados de la simulación de CFD. El diseño fue fabricado y evaluado bajo diferentes condiciones de operación. El experimento se realiza para analizar el comportamiento termofísico del aire en el deshidratador solar mixto con el objetivo de conocer las condiciones físicas que se generan y establecer si son apropiadas para el proceso de secado. Finalmente, se efectuaron ensayos con el sistema de deshidratación empleando la cámara propuesta, y se grafica su rango de operación a través de los parámetros incluidos en una carta psicométrica, con respecto a los parámetros que caracterizan las condiciones climática, ver Figura 4 (a). En la Figura 4 (b) se grafica el comportamiento de la temperatura en el interior de la cámara encontrándose en un promedio de

 ISSN 2007-8102

55°C y de la temperatura ambiente, que de acuerdo a las prácticas de deshidratación, es una temperatura apropiada para tal proceso.



(a) (b)

Figura 4. (a) Rango de operación de la cámara de deshidratación, (b) Comportamiento de temperatura en el interior de la cámara térmica

La información de la Figura 4 (a), así como, de la Figura 4 (b) respalda el buen diseño de la cámara de deshidratación. Debido a que se hace presente el aumento de temperatura del aire durante su recorrido en el deshidratador solar mixto, con tales características del aire, como la humedad relativa y la entalpia. En el interior de la cámara térmica, se observa que la humedad relativa del aire tiene un valor inicial de 20.6%, durante las pruebas disminuye hasta un 7% en horas del mediodía, estos cambios de humedades surgen por el aumento de temperaturas del aire durante las pruebas, donde inicialmente fue de 33.3 °C alcanzando un valor máximo de 62.3 °C, de acuerdo a la radiación incidente durante el día de prueba. Con respecto a las entalpias del aire, en el interior de la cámara térmica, estas cambian a medida que cambia la humedad y la temperatura del aire. La diferencia que existe en el ambiente y en interior de la cámara térmica se observa en la Figura 4 (a), para el aire en el ambiente se obtuvo una entalpia promedio de 35.3238 (kJ/kg) y para el aire en el interior de la cámara térmica la entalpia fue de 65.0153846 (kJ/kg). Realizando una comparación de los resultados obtenidos con los establecidos en la literatura y la experiencia en el proceso de deshidratación, las propiedades del aire en la cámara cuenta con las características necesarias para deshidratar.

Trabajo a futuro

A partir de los resultados obtenidos se considera necesario realizar pruebas al deshidratador con carga, para determinar la eficiencia. Por otra parte, se considera adaptar resistencia eléctrica con el objetivo de condicionar el aire a una humedad baja cuando este sea probado en temporadas del año con humedades altas.

Conclusión

Se analizó el comportamiento del flujo de aire en el interior de la cámara de deshidratación para cuatro formas geométricas diferentes, mediante los resultados de las simulaciones de CFD, se seleccionó la geometría apropiada considerando una mejor distribución del flujo.

Se determinó que el aire al fluir en el interior del secador solar mixto incrementa su temperatura y disminuye su humedad relativa, siendo óptimo para el proceso de secado, como se muestra en la Figura 4 (a). Comparando el aire en el ambiente y en el interior de la cámara térmica, se tiene una diferencia de temperatura promedio de 24.5 ° C durante un tiempo. El análisis mostró que el aire que ingresa a la cámara térmica con una temperatura promedio 37.90 °C, aumenta su temperatura en un promedio de 10.6 °C, el incremento seda por el ingreso directo de la radiación solar a la cámara térmica, provocando el efecto invernadero.

De acuerdo con la posición de las charolas, el secador mostró la menor variabilidad en la temperatura debido a una circulación de aire eficiente. La entrada de aire y las áreas reducidas en el secador

limitaron el caudal de aire en su interior y, en consecuencia, aumentó la temperatura del aire. La pérdida de calor del secador se redujo debido a una buena construcción y al uso de una cubierta de vidrio y material aislante. Por otra parte, el estudio del flujo atreves del espacio indicó que para tener una distribución uniforme del aire dentro de la cámara de deshidratación es necesario considerar la dirección del flujo, el ángulo de inclinación del sistema térmico y la posición de la salida del aire en la cámara de deshidratación.

Agradecimientos

Al Tecnológico Nacional de México por el financiamiento para la realización del proyecto, Clave: 7854.20-P

Referencias

[1] Grabowski S, Marcotte M, Ramaswamy HS (2003) Drying of fruits, vegetables, and spices. In: Handbook of Postharvest Technology: Cereals, Fruits, Vegetables, Tea, and Spices., Chakraverty A, Mujumdar AS, Raghavan GSV, Rawaswamy HS (ed), Marcel Dekker, N. York.
[2] Orsat V, Changrue V, Raghavan GSV (2006). Microwave drying of fruits and vegetables. Stewart Post-Harvest Rev., 6: 4-9.
[3] Ekechukwu O. V.; Norton B.; 1999. “Review of solar-energy drying systems II: An overview of solar drying technology”. Energy Conversion & Management. (40), págs. 615-655.
[4] Lartey B. L.; 1987. “The development of solar food dryers for small-scale processors”. Edited by: Bloss W. H and Pfisterer F. Advances in Solar Energy Technology. República Federal de Alemania. Vol. 3, págs. 2573-2577, Pergamon Press.
[5] Ambesange AI, Kusekar SK. Analysis of flow through solar dryer duct using CFD. Int J Eng Dev Res. 2017;5:534–52.
[6] Romero VM, Cerezo E, Garcia MI, Sanchez MH. Simulation and validation of vanilla drying process in an indirect solar dryer prototype using CFD Fluent program. Energy Proc. 2014;57:1651–8.
[7] Mathioulakis E.; Karathanos V. T.; Belessiotis V. G.; 1998. “Simulation of air movement in a dryer by computational fluid dynamics: Application for the drying of fruits”. Journal of Food Enngineering. (36), págs. 183-200.
[8] Adams R. L.; Thompson, J. F.; 1985. “Improving drying uniformity in concurrent flow tunnel dehydrator”. Transactions of ASAE, (28), págs. 890-892.
[9] D.P. Margaris, and A.G. Ghiaus, Dried product quality improvement by air flow manipulation in tray dryers, Journal of Food Engineering, Vol. 75, 2006, pp. 542–550.
[10] s. Misha, S. Mat, M. A. M. Rosli, M. H. Ruslan, K. Sopian, e. Salleh. Simulation of air flow distribution in a tray dryer by CFD, recent advances in renewable energy sources. Kuala Lumpur, Malaysia, 25 of April 2015.
[11] Sonthikun S, Chairat P, Fardsin K, et al. Computational fluid dynamic analysis of innovative design of solar-biomass hybrid dryer: an experimental validation. Renew Energy. 2016;92:185–91. https://doi.org/10.1016/j.renene.2016.01.095.
[12] Romero VM, Cerezo E, Garcia MI, Sanchez MH. Simulation and validation of vanilla drying process in an indirect solar dryer prototype using CFD Fluent program. Energy Proc. 2014;57:1651–8.
[13] Efraín Simá Moo. Estudio Teórico-Experimental de un Prototipo de Secador Solar Industrial. Tesis Doctoral, CENIDET, Departamento de Ingeniería Mecánica. Cuernavaca, Morelos, México. Agosto de 2009.
[14] Ghaffari A, Mehdipour R. Modeling and improving the performance of cabinet solar dryer using computational fluid dynamics. Int J Food Eng. 2015;11:157–72.
[15] C.K. Sankat y R.A. Rolle. The performance of natural convection solar dryers for copra production. Faculty of Engineering, University of the West Indies, St. Augustine, Trinidad. Received 20 February 1990; accepted 25 October 1990.
[16] Filiberto Ignacio Caballero. Diseño de un secador híbrido para madera aserrada. Maestría en Cons. Y Aprov. De Recs. Nats., CIIDIR IPN Unidad Oaxaca, 18 Enero 2008.

Dispositivo cartesiano para el forrado de bastidores en bordadoras de tipo industrial

L.M. García Martínez[1], N. Rodríguez Ventura[1], R. Mora Reyes[1], M. Zacarías García[2],*
[1]Cuerpo Académico Innovación y Desarrollo Tecnológico, TecNM/ Instituto Tecnológico Superior de Teziutlán, Fracción I y II s/n, Aire Libre, Teziutlán, C.P. 73960, Puebla, México.
[2]División de Ingeniería Mecatrónica, TecNM/ Instituto Tecnológico Superior de Teziutlán, Fracción I y II s/n, Aire Libre, Teziutlán, C.P. 73960, Puebla, México.

** luis.gm@teziutlan.tecnm.mx*
***Área de participación**: Ingeniería Mecánica y Mecatrónica*

Resumen

El presente proyecto describe el diseño conceptual de un dispositivo mecatrónico para el forrado y delimitación geométrica de bastidores para máquinas de bordado computarizadas. La propuesta permite mejorar los tiempos de obtención de productos, al reducir el periodo de configuración del bastidor mediante un equipo cartesiano. Así, se mejora la productividad y usabilidad de las máquinas de bordado, minimizando las demoras entre cada ciclo de trabajo. Adicionalmente, el dispositivo minimiza las condiciones de trabajo inseguras durante la operación.
La propuesta de diseño está basada en los resultados del desarrollo de un estudio de métodos, el cual permite mejorar los procesos productivos y en consecuencia las labores de diseño. Se describe el desarrollo de la ingeniería básica del diseño a partir de los resultados de dicho estudio, y su importancia en la mejora de la metodología de diseño lineal.

***Palabras clave**: CAD, metodología, diseño, procesos.*

Abstract

This project describes the conceptual design of a mechatronic device for the lining and geometric delimitation of frames for computerized embroidery machines. The proposal allows to improve the time of obtaining products, by reducing the frame configuration period by means of a cartesian device. Thus, the productivity and usability of embroidery machines is improved, minimizing delays between each work cycle. Additionally, the device minimizes unsafe working conditions during operation.
The design proposal is based on the results of a study of methods, which allows to improve the production processes and consequently the design work. The development of basic design engineering based on the results of said study is described, and its importance in improving the linear design methodology.

***Key words**: CAD, methodology, design, processes.*

Introducción

El municipio de Teziutlán situado en la sierra nororiental del estado de Puebla, tiene como principal actividad económica el sector industrial textil, donde las labores de bordado juegan un papel fundamental en la personalización de prendas que permitan conferir identidad incrementando el valor agregado. Para esta tarea, se cuenta con máquinas bordadoras computarizadas, que cumplen con su cometido al plasmar diseños bajo condiciones y parámetros establecidos mediante un código de programación. Sin embargo, es un proceso de alta demanda de atención para los operadores, ya que las máquinas al ser de cabezales múltiples requieren de sumo cuidado en las labores de preparación y puesta en marcha. Se tiene registro de deficiencias de producción, derivadas principalmente por el tiempo que toma alistar de los bastidores; así como una incidencia de accidentes laborales originados por la falta de condiciones seguras en la operación. De ahí que se

propone un método para hacer más eficiente las labores de preparación, mediante la automatización de las tareas del forrado del bastidor y que al mismo tiempo genere la delimitación de la geometría básica de la pieza a bordar.

El proceso actual para alistar el bastidor inicia cuando el operador sujeta una capa de pellón en el bastidor sobre el cual se realizará el bordado, posteriormente, lo cubre con cinta adhesiva y realiza la marcación del espacio que ocuparán las piezas mediante punteo. Finalmente se coloca sobre el punteo cinta doble cara, que fungirá como soporte de las prendas bajo cada uno de los cabezales.

El proceso de bordado inicia colocando las prendas a lo largo del bastidor sobre la cinta de sujeción de acuerdo con el número de cabezales. Posteriormente, se carga el código en la máquina, se ajusta y se realiza el bordado. Este trabajo se enfoca en mejorar el proceso de preparación, puesto que es el más demandante para los operadores mediante un dispositivo de tipo cartesiano, el cual, mediante un sistema de sujeción y movimiento solidario permita realizar el forrado de un bastidor portable, el cual pueda ser colocado sobre el bastidor original de las máquinas.

Con base en la literatura consultada, existen diversos modelos de robots cartesianos que podrían emplearse para desarrollar esta labor, sin embargo, una solución de estas características no sería viable para los pequeños productores de la región, por los costos que implica su implementación. De ahí que, conociendo las necesidades específicas de la industria a nivel regional, se plantea un automatismo hecho a medida y que pueda ser escalable a otros formatos de bordadoras. La metodología se basa en el modelo lineal del diseño mecánico, a partir de la aplicación de un estudio de métodos, que sirva para discretizar las diferentes etapas del proceso y así determinar las posibles dimensiones, localización y movimientos dentro del proceso.

Estudio de Métodos

Estudio de tiempos y Movimientos

Dentro de las labores de automatización, conocer el proceso de producción es fundamental, como también lo es su simplificación para obtener un resultado adecuado. La Automatización de Bajo Costo, o ABC, es un principio que se basa en la aplicación de tecnologías accesibles tanto por costo, como por disponibilidad; y que requiere además de un análisis cualitativo y cuantitativo de las diferentes operaciones para lograr identificar aquellas que se consideran críticas dentro de los procesos industriales [8]. Para ello, la primera fase del proceso de diseño fue plantear el estudio de tiempos y movimientos del personal que labora dentro de un taller típico de bordado en la región, como lo es Comercializadora Rosel S.A. de C.V.

Se analizaron los procesos productivos a través del trabajo de dos operadores con base en su experiencia, para obtener el desempeño promedio y así, generar resultados generalizados en la actividad a realizar. La bordadora del estudio marca YIRET modelo YRT 1509-I, cuenta con catorce cabezales la cual, es una maquina computarizada cuyo tiempo observado tras diez ciclos de trabajo se muestran en la tabla 1 para un operador con habilidad promedio.

Con base en la escala Westinghouse [7] se determina, a partir del tiempo que invierte realmente el operador analizado, cual es el tiempo estándar que el trabajador calificado medio puede mantener y que sirva de base para la planificación y el control. Se busca establecer la velocidad con que el operario ejecuta el trabajo en relación con su propia idea de velocidad normal. Englobando 4 aspectos que son: habilidad, esfuerzo, condiciones y consistencia.

Con cada una de las ponderaciones anteriores se obtiene un porcentaje que será acumulativo, dicho porcentaje será sumado a un cien por ciento de manera que al multiplicar este valor por el tiempo observado se obtendrá el tiempo básico de cada ciclo de trabajo, en la tabla 2 se muestra la aplicación de esta ponderación. Para los tiempos totales de los ciclos es necesario tomar en consideración que las condiciones del lugar y el tipo de trabajo influyen para que el trabajador

 ISSN 2007-8102

desempeñe adecuadamente su función, de manera que, cada tiempo aumentara con base en la ponderación de la Escala Westinghouse.

BORDADO DE BOLSA PARA PANTALÓN

OPERARIO:	SERGIO HERNANDEZ LÓPEZ
MÁQUINA**:**	YIRET
SUBPIEZA:	BOLSA GRANDE

No.	**ACTIVIDADES**	**TIEMPOS OBSERVADOS (Minutos)**										Tiempo Observado (TO) PROM
		1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**	
1	COLOCACIÓN DE PEYÓN	2,00	3,00	4,00	4,50	4,00	4,00	4,50	4,00	4,50	4,00	3,85
2	PEGADO DE BOLSA	3,00	2,00	3,00	2,00	3,50	0,50	0,50	1,00	1,00	1,00	1,75
3	TIEMPO DE BORDADO	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	2,00	2,00	1,00	2,00	2,00	1,40
4	QUITAR BOLSA	2,00	2,00	1,00	2,00	2,00	0,50	2,00	0,50	2,00	2,00	1,60
5	TIEMPO DE INACTIVIDAD DE LA MÁQUINA (PARO Y PUESTA EN MARCHA)	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50
6	TIEMPO DE CAMBIO DE HILO DE BOBINA	2,00	2,50	2,50	2,50	3,00	2,00	2,50	2,00	0,50	0,50	2,00
7	PAROS NO CONTEMPLADOS MUERTOS	7,00	9,00	7,00	9,00	8,00	7,00	8,00	8,00	8,00	8,00	7,90
										Tiempo Ciclo (min)		**19.00**

Tabla 1. *Tiempos del primer operador.*

Para los tiempos totales de los ciclos es necesario tomar en consideración que las condiciones del lugar y el tipo de trabajo influyen para que el trabajador desempeñe con sumo cuidado su función, de manera que, cada tiempo aumentara con base en la ponderación de la escala Westinghouse. Así, se obtienen los tiempos totales para cada pieza, de manera que el tiempo total para una pieza "pequeña" es de 19 minutos con 50 segundos mientras que para una pieza calificada como "grande" se observa un tiempo es de 25 minutos con 7 segundos. Que se muestra en el diagrama de flujo del proceso [10] en el diagrama 1.

ESCALA WESTINGHOUSE

HABILIDAD			**ESFUERZO**			**CONDICIONES**			**CONSISTENCIA**		
EXTREMA	A1	0,15	EXCESIVO	A1	0,13	IDEALES	A	0,06	PERFECTA	A	0,04
EXTREMA	A2	0,13	EXCESIVO	A2	0,13	EXCELENTES	B	0,04	EXCELENTE	B	0,03
EXCELENTE	B1	0,11	EXCELENTE	B1	0,1	BUENAS	C	0,02	BUENA	C	0,01
EXCELENTE	B2	0,08	EXCELENTE	B2	0,08	REGULARES	D	0	REGULAR	D	0
BUENA	C1	0,06	BUENO	C1	0,05	ACEPTABLES	E	-0,03	ACEPTABLE	E	-0,02
BUENA	C2	0,03	BUENO	C2	0,02	DEFICIENTES	F	-0,07	DEFICIENTE	F	-0,04
REGULAR	D	0	REGULAR	D	0						
ACEPTABLE	E1	-0,05	ACEPTABLE	E1	-0,04						
ACEPTABLE	E2	-0,1	ACEPTABLE	E2	-0,08						
DEFICIENTE	F1	-0,16	DEFICIENTE	F1	-0,12						
DEFICIENTE	F2	-0,22	DEFICIENTE	F2	-0,17						

Tabla 2. *Sistema de suplementos por descanso porcentajes de los Tiempos Básicos*

 ISSN 2007-8102

DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO

Diagrama No. 1 Hoja No. 1	OPERARIO ☐	MATERIAL ☐	EQUIPO ■					
Objetivo: bordado de bolsa pequeña	**RESUMEN**							
	ACTIVIDAD	ACTUAL	PROPUESTO	ECONOMÍA				
	Operación	5						
Proceso analizado: Bordado de bolsa chica	Transporte							
	Espera	2						
Método: Actual ■ Propuesto ☐	Inspección	1						
	Almacenamiento							
Localización: Bordadora Rossell	Distancia (m)							
	Tiempo (hr/hombre)	0.4						
Operario: Sergio Hernández López	Costo							
	Total							
Elaborado por: Luis Miranda Fecha: 04/04/2020	Comentarios							
Aprobado por: Fecha:								

Descripción	Cantidad	Distancia	Tiempo	Símbolo	Observaciones
colocación de pellón	1		4.2		
pegado de bolsa	1		0.5		
tiempo de bordado	1		1		
quitar bolsa	1		0.5		
inactividad de la máquina	1		0.5		
cambio de hilo de bobina	1		0.5		
paros no contemplados	1		7.8		
revisión de bolsa	1		2		
TOTAL	8				

Diagrama 1. *Diagrama de flujo de las operaciones.*

Se desarrolló el layout del proyecto, para representar el espacio de trabajo que se tiene para dimensionar eficientemente el dispositivo que se construye, con base en las características del taller [11]. La primera versión del layout se desarrolló en Sweet Home 3D aplicando un área de trabajo sobre un plano en 2D. Se obtuvo, además, una vista previa en 3D, que se muestra en la imagen 5. Con base en lo observado en la imagen 1 se tienen dos alternativas, que implican no modificar la posición de la bordadora. La primera otorga más espacio de colocación adaptándola en la entrada marcada en azul, mientras que la segunda con menor espacio podría establecerse al costado derecho de la cortadora laser, marcada con rojo. Con base en el estudio de recorridos del producto y la materia prima, se opta por la opción marcada en color azul.

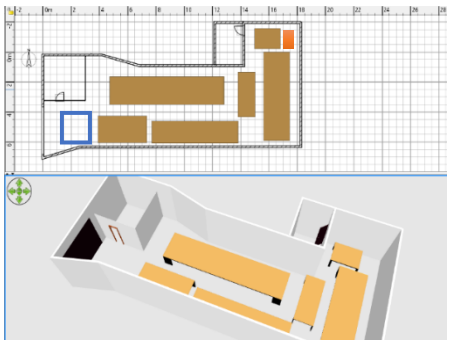


Imagen 1. *Diagrama de flujo de las operaciones.*

Proceso de Diseño

Proceso lineal iterativo

La ingeniería básica de un proyecto de diseño consiste en describir de manera general las funcionalidades de un equipo. Para ello, se debe elegir entre aquellas opciones que puedan ser viables. En este estudio, se elaboraron tres distintas alternativas de diseño, con el propósito de poder comparar sus funciones y morfología de tal forma que se pueda tener un punto de comparación y elegir la que cumpla de mejor manera las especificaciones dictadas en los resultados anteriores [4].

La primera interación que se plantea localizada en la imagen 2, es una configuración con apoyo en cada uno de los extremos de los eslabones del mecanismo, su diseño se basa en una estructura

 ISSN 2007-8102

rectangular construida mediante perfiles de aluminio sobre los cuales deslizan los ejes X, Y, Z. La principal característica de este diseño es que, por su forma de construcción, y a que la herramienta se mueve en los 3 ejes, su área de trabajo puede alcanzar valores grandes. El dispositivo, será capaz de ir colocando el pellón y consecutivamente la bolsa (o pieza según sea el caso) en el espacio de trabajo de cada cabeza de la máquina, trabajando con una válvula de vacío neumática y un tipo de mecanismo cuatro barras que será el encargado de girar a una deposito donde de colocan las bolas y el pellón.

La segunda iteración de diseño ubicada en la imagen 3, está compuesta por una mesa de trabajo y un bastidor en donde se apoya la herramienta, su diseño se basa en perfiles de aluminio para la estructura y una lámina de mayor peso para la mesa de apoyo en donde se desliza otra plataforma en los ejes (X, Y). Cuando la maquina sujeta este bastidor es capaz de colocar las bolsas y el pellón en las distancias estandarizadas de la bordadora para cada cabezal, y al término de la operación sobrepone una capa que no permitirá que la bolsa se mueva, dejando de lado la cinta doble cara.



Imagen 2. *Primera iteración de diseño.*

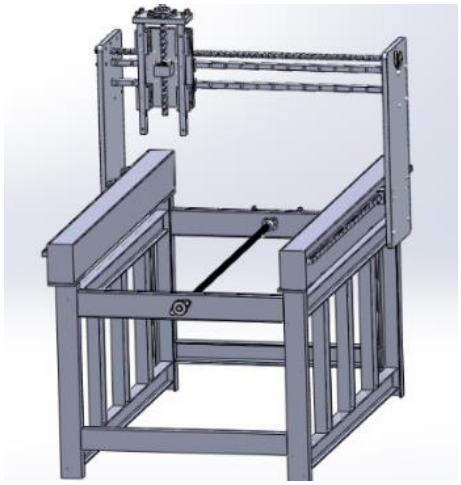


Imagen 3. *Segunda iteración de diseño.*

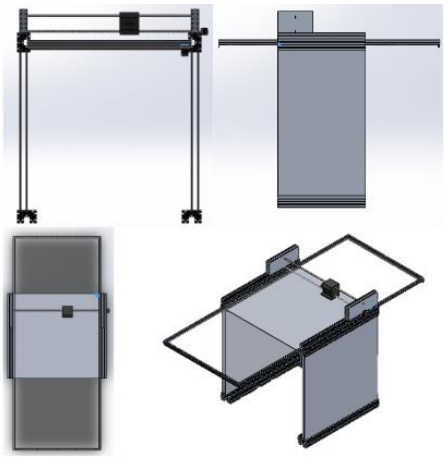


Imagen 4. *Tercera iteración de diseño.*

 ISSN 2007-8102

La tercera y última iteración de diseño, observada en la imagen 4, pretende tener una cama por la cual se coloque el pellón para después mediante motores avance la cama esta opción es un sistema consta de una mesa que realiza el movimiento en los ejes X, Y teniendo un brazo que solo trabaja en el eje Z el que realiza el proceso de forrado del bastidor.

Para tomar una decisión adecuada se partió del despliegue de la función calidad o QFD (Quality Function Deployment) es un sistema usado en la ingeniería de la calidad para crear productos que se adapten a los gustos y necesidades del usuario. Con ayuda del diseño de una matriz de valoración válida y confiable para evaluar el desempeño de las tres iteraciones CAD. Ahora bien, para dar inicio con los parámetros del QFD se hace necesario establecer las necesidades del usuario, por lo que se debe tomar en cuenta los resultados del estudio de métodos, así mismo establecer los parámetros sobre experiencias de operarios por medio de una aproximación en su contexto laboral, obtenido entonces la lista de los requerimientos, presentados en la tabla 3. Posteriormente, en la tabla 4 se confrontan los requerimientos del cliente en una matriz cuadrada, en donde se ubican horizontal y verticalmente los requerimientos y se establece una relación entre cada uno de ellos, ubicando un valor de 1 si existe una relación y 0 si no, al final se suma y se otorgan porcentajes para así obtener la relevancia de cada uno de los requerimientos.

Requerimiento		*Porcentaje*
1-	*Dimensión*	*21.7391304*
2-	*Facilidad de uso*	*8.69565217*
3-	*Mejora de tiempo de producción*	*13.0434783*
4-	*Mantenimiento*	*13.0434783*
5-	*Seguridad*	*13.0434783*
6-	*Fabricación*	*17.3913043*
7-	*Coste*	*13.0434783*

Tabla 3. *Tabla de requerimientos.*

Matriz de ponderación de requerimientos del cliente

	1	*2*	*3*	*4*	*5*	*6*	*7*	*Total*	*Porcentaje*
1	*-*	*1*	*0*	*1*	*1*	*1*	*1*	*5*	*21.7391304*
2	*1*	*-*	*0*	*0*	*1*	*0*	*0*	*2*	*8.69565217*
3	*1*	*1*	*-*	*1*	*0*	*0*	*0*	*3*	*13.0434783*
4	*0*	*0*	*1*	*-*	*1*	*1*	*0*	*3*	*13.0434783*
5	*1*	*1*	*0*	*1*	*-*	*0*	*0*	*3*	*13.0434783*
6	*1*	*0*	*0*	*1*	*1*	*-*	*1*	*4*	*17.3913043*
7	*1*	*0*	*0*	*1*	*0*	*1*	*-*	*3*	*13.0434783*
			Total					*23*	*100*

Tabla 4. *Matriz de ponderación de los requerimientos.*

Con las iteraciones definidas y los requerimientos establecidos, se realiza un contraste entre ellas aplicando una matriz de decisión con los criterios de selección. Dicha selección se estableció mediante una reunión entre los participantes del proyecto, el asesor interno y los directivos de la empresa. La forma de evaluación para hacer la selección de la iteración óptima consistió en proponer

una escala de 1-5 en la que cada uno otorgo una calificación y posteriormente se promedió para otorgar la calificación por requerimientos para cada iteración [6].

Al realizar la sumatoria de los porcentajes obtenidos de cada iteración se observa que la calificación obtenida por truncamiento a dos es de 71.08 mientras que la iteración dos es de 80.00 y finalmente la iteración tres obtuvo 76.95, siendo claramente la iteración dos la que cumple mayormente con los factores, resultando ser la elegida.

Resultados y discusión

El dispositivo seleccionado, es un sistema robótico cartesiano, el cual consta de tres ejes que operan de forma lineal, es decir su movimiento siempre es recto, no puede girar por lo que forma ángulos rectos. El objetivo es que se pueda fabricar con elementos comerciales, además de que el desarrollo del controlador sea lo más sencillo posible para facilitar su mantenimiento y puesta a punto, pues su programación y configuración trabaja con menos parámetros.

La estructura mecánica el robot consta de una mesa de trabajo y un bastidor en donde se apoya la herramienta, su diseño se basa en perfiles de aluminio para la estructura y una lámina de más peso para la mesa de apoyo en donde se desliza otra plataforma en los ejes (X, Y), la herramienta del forrado se centra básicamente en un rodillo que se encargara de encintar acoplando un tipo de navaja que se encargara de cortar la cinta cuando esta termine, además de que podrá girar 180° con el fin de dar paso a las válvulas de vacío que serán las encargadas de colocar el pellón y la bolsa de mezclilla posteriormente, esto basándose en un los manipuladores más actuales en cuanto a costura se refiere, como se muestra en la imagen 5.

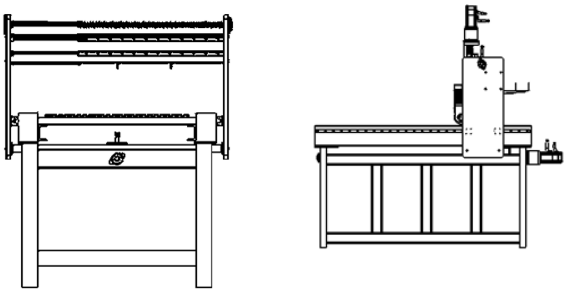


Imagen 5. *Vistas frontal y lateral del dispositivo.*

La estructura dispone de una forma ergonómica la cual permitirá al operario trabajar con facilidad, con la propia mano y sin que ninguna parte mecánica en movimiento por los sistemas eléctricos atente con su seguridad, además de no provocar posiciones que generen en cansancio. La mesa es más pesada para evitar que el movimiento de los motores y los sistemas de transmisión generaran vibraciones, con base a cálculos el desarrollo de la base estará parametrizada con el fin de evitar estos problemas, además de que las sujeciones están en lugares analizados y calculados de igual manera, con lo cual estructuralmente, el sistema será muy resistente y evitara problemas que interfieran con el correcto funcionamiento de la preparación de los bastidores.

Las transmisiones para eje están dadas por medio de trenes de engranaje, transmisión por bandas y poleas, cada una designadas según el torque requerido para cada eje la velocidad de avance requerida, el robot también contempla la utilización de husillos de precisión para canalizar movimientos firmes, así mismo se acopla una trasmisión con rodamientos para brindar un movimiento circular o lineal, reduciendo la fricción y creando movimientos armónicos.

La máquina está pensada para que sea capaz de realizar el acomodo de bolsas de mezclilla en un bastidor desmontable sobre la máquina de bordado computarizada, siendo el dispositivo cartesiano el que aliste los bastidores en menor tiempo que un operador, reduciendo así los tiempos muertos. Dentro de lo que concierne a la parte eléctrica del sistema, este prototipo constara por tres motores

 ISSN 2007-8102

a pasos para cada eje respectivamente, generando transmisión mediante bandas y rodamientos, así como trenes de engranajes. Se utilizan motores a pasos por el nivel de exactitud de movimientos, de la misma manera, fines de carrera para limitar el movimiento lineal, así como sensores en secciones de la máquina donde el operario interactuara, cuya función específica, será la de generar interrupciones del ciclo de trabajo para que esta no lastime al operario.

Para validar el desempeño mecánico del dispositivo se realizaron pruebas mediante el método de elementos finitos ante diversas condiciones de carga. En ellas se puede observar que la estructura es resistente a las condiciones normales de trabajo, logrando establecer que las condiciones geométricas son adecuadas. Se observa en la imagen 6, que el riel principal soporta las cargas derivadas del bastidor de manera efectiva y a su vez la placa resulta adecuada como se observa en la simulación de esfuerzos de la imagen 7. De la misma manera, al eje principal se le sometió a una carga inercial límite para validar su funcionamiento, imagen 8, donde los resultados obtenidos aseguran un correcto funcionamiento durante la vida útil del dispositivo.

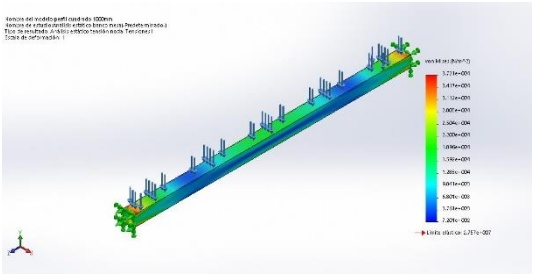


Imagen 6. *Validación del riel principal.*

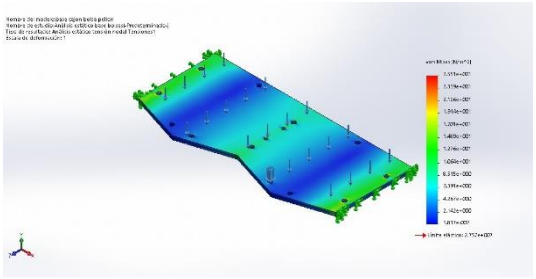


Imagen 7. *Validación de la placa.*

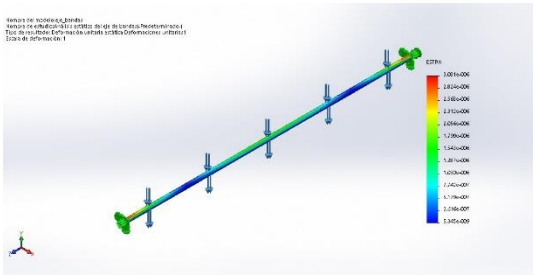


Imagen 8. *Validación del eje principal.*

Trabajo a futuro

El dispositivo tiene la característica de ser escalable para ser aplicado en bordadoras de otros tipos en diferentes industrias, al tener una configuración cartesiana tiene la ventaja de poder realizar las tareas repetitivas de manera rápida al trabajar mediante coordenadas en los tres ejes mencionados previamente. El dispositivo contará con una interfaz hombre maquina en la que se realizará la interacción de la preparación de la máquina así mismo la selección de la operación, la talla de preparación, entre otros parámetros. Como complemento de la interfaz de usuario se añade un pequeño tablero con botones físicos en los que se encontraran botones de inicio, paro, paro de emergencia.

Conclusiones

El estudio de métodos permite canalizar el desarrollo de la ingeniería básica de forma adecuada, dando paso a la selección de un diseño en donde se elige la alternativa que mejor se adapta a los requerimientos del cliente. Haciendo que las labores de diseño sean más eficientes. Con base en el estudio, se logra dimensionar adecuadamente el dispositivo, modelándolo en 3D por medio de

software especializado, como es SolidWorks. Que permitió establecer las geometrías sobre las cuales se desarrollaran los cálculos estructurales de los componentes críticos como son: las vigas principales y perfiles de los carros.

El desarrollo CAD en SolidWorks nos entrega como resultado generar la validación del prototipo sin la necesidad de tenerlo de manera física, puesto que brinda la posibilidad de integrar el diseño de los modelos mecánicos del proyecto permitiendo anticipar las posibles interferencias o errores en el montaje, generando un menor número de prototipos gracias a la posibilidad de configurar y probar el sistema simulando un entorno real antes de fabricarlos.

De esta forma se evitan errores costosos y ahorro de tiempo en la etapa de detalle. Basado en lo antes mencionado el desarrollo de este concepto de diseño nos permite generar la tarea de la preparación de bordado en la maquina Yiret YRT 1509-I, no obstante, el concepto de preparación planteado en este articulo se ajusta a una gran variedad de máquinas basadas en la misma forma del bastidor y de costura como son modelos de Brother o Tajima.

Referencias

[1] J. L. D. Peirotén, «quality function deployment (Q.F.D.) ».

[2]J. Storch de Gracia and M. Storch de Gracia, Organización, gestión y ejecución de proyectos industriales. Madrid: Ediciones Díaz de Santos, 2019.

[3]"Software de diseño CAD | Diseño asistido por computadora...". [Online]. Available: https://www.autodesk.mx/solutions/cad-design. [Accessed: 2020].

[4]"CAD / Diseño asistido por ordenador". [Online]. Available: https://www.plm.automation.siemens.com/global/es/our-story/glossary/computer-aided-design-cad/12507. [Accessed: 2020].

[5]P. Escorsa Castells and J. Valls Pasola, Tecnología e innovación en la empresa. Madrid: Universitat Politècnica de Catalunya, 2003.

6]R. Martínez, "Criterios para Seleccionar Sistemas de Diseño y Manufactura Asistidos por Computadora (CAD/CAM)", Información tecnológica, vol. 15, no. 2, 2004. Available: 10.4067/s0718-7642004000200016.

[7] Westinghouse Electric railway transportation. Chicago: Central Electric Railfans' Association, 1979.

[8] B. W. Niebel y F. Andris, Ingenieria industrial "Metodos, estándares y diseño del trabajo". Mc Graw Hill.

[9] G. Eliot, The mill on the Floss. Toronto: G.N. Morang, 1902.

[10] R. Schroeder, Administración de operaciones, McGraw-Hill.

[11] G. Lobo, Diseño de una redistribución de planta en una empresa de Mechas, 1998.

Estudios básicos para desarrollar un sistema de producción en maricultura en el noroeste de México.

E. Lanz Sánchez[1], P. Rosales Grano[1], C. R. Torres Navarrete[2,], C. A. González-García[1],* P. García-Hinostro[1]
[1]Departamento de Posgrado, Tecnológico Nacional de México – Instituto Tecnológico de Guaymas, Km 4 Carretera al Varadero Nacional sector Las Playitas, C.P. 85480, Guaymas, Sonora, México
[2]Instituto de Investigaciones Oceanológicas-CENDO-UABC. Km 103 Autopista Tijuana-Ensenada, C.P. 22860. Ensenada, Baja California, México.
**edgar.ls@guaymas.tecnm.mx*

Área de participación: Ingeniería Mecánica y Mecatrónica

Resumen

Se presentan los resultados de los trabajos de ingeniería básica realizados, incluyendo la caracterización ambiental y biológica en una poligonal propuesta para la instalación de jaulas flotantes y estructuras tipo Long-Line para el confinamiento de peces marinos y de ostion japonés (Crassostrea gigas), respectivamente, cultivados en el Centro Reproductor de Especies Marinas del Estado de Sonora (CREMES) ubicado al norte de Bahía de Kino, Sonora. Se realizaron levantamientos topográficos y estudios oceanográficos y del fondo marino, a fin de proponer el tipo, número y la distribución espacial de las jaulas flotantes y de los módulos de ostión en el sitio de estudio. Adicionalmente se realizaron simulaciones hidrodinámicas de deriva de alimento peletizado con el fin de determinar las zonas de afectación de cada jaula flotante y servir de base en los estudios de Evaluación del Impacto Ambiental correspondientes, para un mejor desarrollo responsable de la maricultura en nuestro pais.

***Palabras clave**: Maricultura, Jaulas Flotantes, Crassostrea gigas, Sistema de Producción.*

Abstract

This study focused on the basic engineering aspects for marine cages and oyster culture. These studies included environmental and biological features into a polygon at sea proposed for the installation of floating marine cages and aquaculture system known as "Long-line" for the culture of fishes and oysters, respectively transferred from Centro Reproductor de Especies Marinas del Estado de Sonora (CREMES) - Fisheries Research Centre- located at Bahia de Kino, Sonora, México. The engineering aspects include topographical surveying, oceanographic studies, among others, in order to propose the type, number and spatial distribution of the cages and oysters' modules in the study site. Additionally, hydrodynamic simulations derived from pelleted feed were performed in order to determine the areas of influence of each marine cage and provide a basis for studies related to Environmental Impact Assessment, for a better responsible developing of marine cultures in Mexico.

***Key words**: Mariculture, Marine cages, Crassostrea gigas, Aquaculture Engineering.*

Introducción

Dentro de las actividades productivas de la economía mundial, uno de los sectores que ha crecido con mayor rapidez es la acuicultura [1]. Actualmente se considera a la acuicultura marina como una alternativa de desarrollo costero y se está promoviendo fuertemente la inversión privada en este sector acuícola [2].

En el estado de Sonora, la actividad de la maricultura es reciente. Sin embargo, a pesar de ello, esta ha demostrado ser una actividad con mucho crecimiento lo cual contribuye de un modo satisfactorio a la economía del estado [3]. Para el desarrollo de esta actividad, el estado de Sonora cuenta con

una extensión de litoral de 1,209 km frente a las aguas del Golfo de California, contando además con grandes extensiones de columnas de agua para el desarrollo del cultivo en jaulas flotantes.

El cultivo en jaulas flotantes presenta numerosas ventajas con respecto al cultivo en estanques. Entre estas grandes ventajas está el de no consumir energía eléctrica, el intercambio continuo de agua por medio de las redes de la jaula, así como también manteniendo el nivel de oxígeno adecuado y dando el paso al desplazamiento de desechos metabólicos. Adicionalmente, uno de los puntos más importantes es el de permitir tener altas densidades de producción [4].

En cuanto al cultivo de ostión, este se tiene bien evaluado desde hace algunos años y es producido con éxito por el mismo Centro Reproductor de Especies Marina (CREMES), el cual depende del Instituto de Acuacultura del Estado de Sonora (IAES). Esta actividad ha mostrado ser altamente redituable y de relativa facilidad de cultivo. Sin embargo, para este estudio en particular la intención es experimentar con el sistema tipo australiano. El presente trabajo tiene como finalidad el desarrollar los estudios necesarios para el confinamiento de organismos marinos en estructuras tipo jaulas flotantes y módulos australianos. Estas variables incluyeron la temperatura superficial del mar, el pH, la profundidad, la concentración de pigmentos fotosintéticos, los sólidos suspendidos totales, la transparencia, el oxígeno disuelto y la salinidad. Las variables anteriores deben de ser utilizadas para el desarrollo de las soluciones ingenieriles para la construcción e instalación de las propias estructuras flotantes y equipos asociados. Estas evaluaciones podrán ser incorporadas en un estudio integral de impacto ambiental para evaluar su posible impacto al medio ambiente, y contribuir a un desarrollo sustentable y ordenado de esta actividad en la región.

Metodología

Se realizaron los levantamientos topográficos necesarios en la zona de estudio para ubicar una poligonal adecuada para la colocación de jaulas flotantes como se muestra en la Figura 1. Se ubicaron dichos puntos en el sistema de coordenadas Universal Transversa de Mercator utilizando el Datum WGS84. Los puntos de vértices y fijas batimétricas fueron tomados mediante un par de GPS de manera móvil y estación fija utilizando postproceso con la técnica de corrección diferencial utilizando DGPS marca Trimble R8. La obtención de vértices de la poligonal siguió el criterio de las cotas batimétricas, hasta una profundidad adecuada de acuerdo a las características de tirante de paño de las posibles jaulas flotantes a colocar, y del número de las mismas, incorporando además, el criterio de área suficiente para poder rotar el sistema de jaulas y permitir que los fondos sobre los cuales se ubicaran las jaulas, permitan recuperarse por posible deposición de materia orgánica proveniente de las heces de los organismos y del alimento suministrado en cuyo caso, pudiese precipitar al fondo y degradarse por actividad microbiana

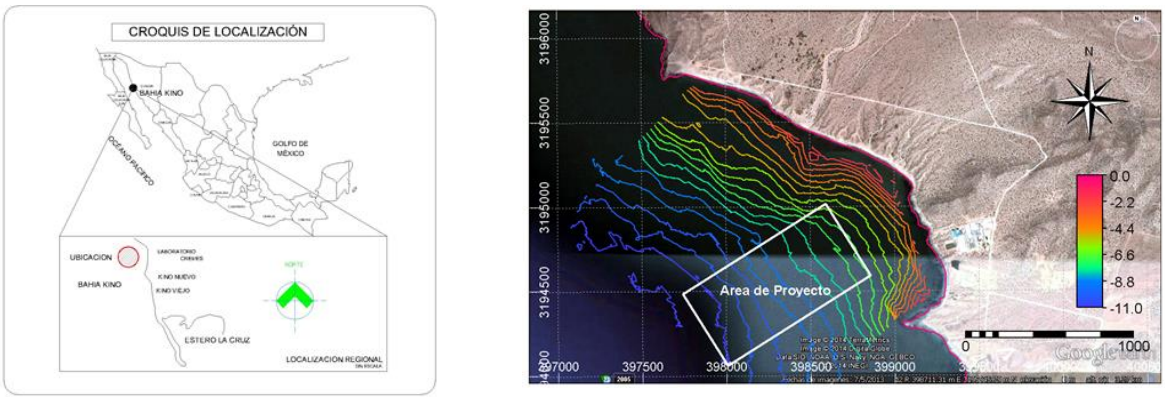


Figura 1. Localización geográfica y perfiles batimétricos del sitio de estudio.

Se llevó a cabo la obtención de parámetros fisicoquímicos de las siguientes variables: temperatura superficial del mar, Oxígeno disuelto, pH, salinidad, clorofila-a, transparencia. La temperatura superficial del mar, el oxígeno, la conductividad y la salinidad fueron obtenidos utilizando un equipo multiparámetros ISY Modelo 85. Mientras que los sólidos totales suspendidos fueron obtenidos mediante el uso de un espectrofotómetro UV-VIS Marca HACH Modelo 1900. La clorofila-a fue obtenida mediante un equipo FluoroProbe BBE mediante la técnica de fluorometría. El PH fue obtenido mediante un Ph-Metro marca HANNA Instruments. Para su obtención determinaron 16 estaciones a lo largo del todo el polígono propuesto.

Para el confinamiento de los organismos para la etapa de engorda en el polígono suscrito, se plantea la fabricación en sitio y colocación de jaulas flotantes a base de tubería de polietileno de alta densidad, con un diámetro de jaula de 12 m y 6 m de calado. Las densidades de cultivo dependen de la especie a confinar y fueron determinadas por el personal técnico del CREMES.

La ingeniería de jaulas y su anclaje fueron determinadas de acuerdo a las características oceanográficas del sitio en cuestión, considerando los empujes horizontales Fx (corrientes y oleaje) y verticales Fy (mareas y corrientes verticales) de manera que estas soporten los esfuerzos tangenciales y puedan diseñarse además el peso de los anclajes (muertos) y de los amarres para la sujetación de dichas estructuras flotantes, considerando para ello eventos extremos tales como presencia de huracán y tormentas tropicales, entre otros.

Para el caso específico del ostión, se determinó el tipo de cultivo Long-Line, pero el arreglo experimental fue tipo australiano, con el fin de evaluar su viabilidad y rendimiento.

Resultados y discusión

Levantamiento de puntos topobatimétricos en la poligonal propuesta.

Los estudios batimétricos indicaron una pendiente suave hacia mar abierto y siguiendo los contornos de la línea de costa. Estas isóbatas se utilizaron para el criterio de colocación de los módulos de jaulas flotantes y de la instalación de Long-line para la colocación de bolsas tipo australiano, La Figura 2, muestra el plano de conjunto con el levantamiento topográfico en la zona de estudio. La misma Figura 2, muestra la posición de la poligonal en el sitio de estudio, así como el cuatro de construcción mostrado en la Tabla 1. El polígono solicitado tiene una superficie de 50 hectáreas, con área suficiente para desarrollar las actividades de confinamiento de las especies marinas propuestas de acuerdo a proyecto.

 ISSN 2007-8102

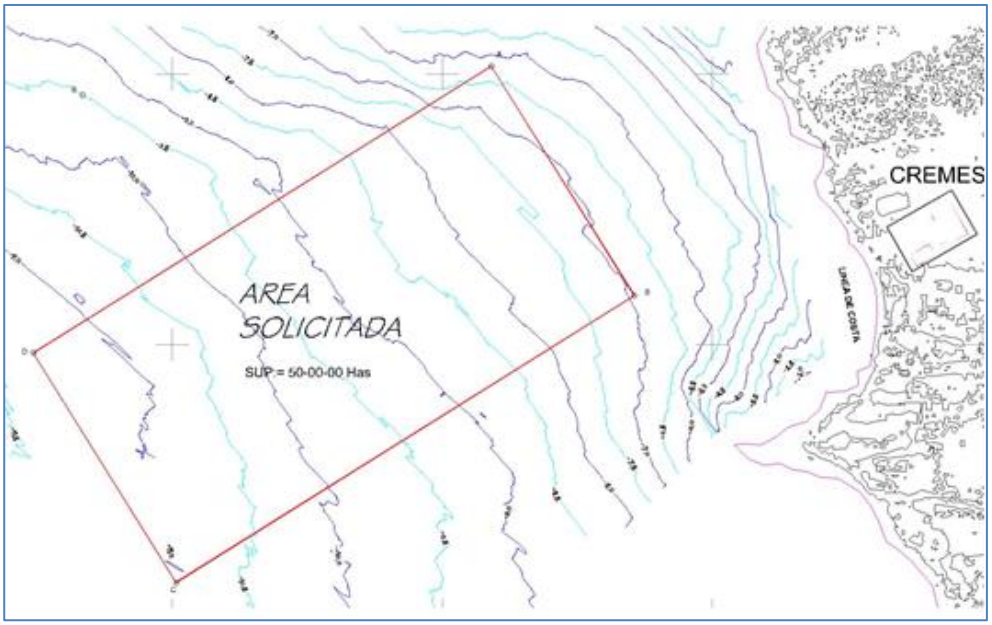


Figura 2. Localización de polígono solicitado

Tabla 1. Cuadro de construcción del Polígono solicitado para el sistema de cultivo.

POLIGONO SOLICITADO						
LADO		RUMBO	DISTANCIA	V	COORDENADAS	
EST	PV				Y	X
				A	3,195,014.79	398,590.84
A	B	S 32°00'00.00" E	500.00	B	3,194,590.76	398,855.80
B	C	S 58°00'00.00" W	1,000.00	C	3,194,060.84	398,007.75
C	D	N 32°00'00.00" W	500.00	D	3,194,484.87	397,742.79
D	A	N 58°00'00.00" E	1,000.00	A	3,195,014.79	398,590.84
SUPERFICIE = 50-00-00 HECTAREAS						

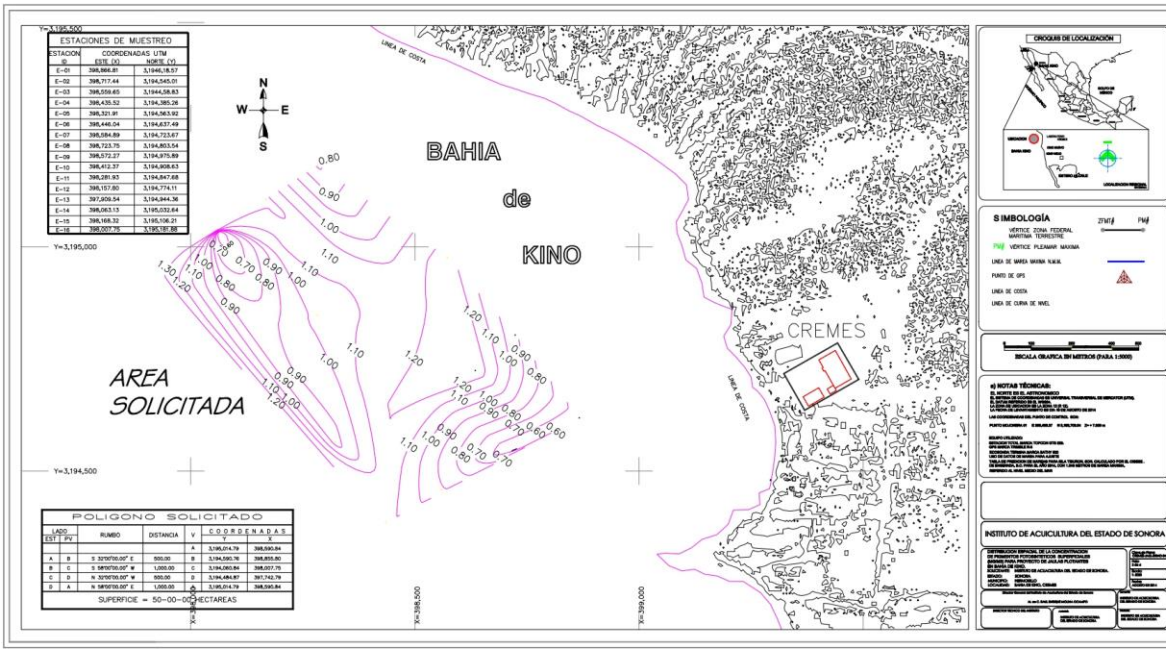
Distribución espacial de los parámetros fisicoquímicos.

La distribución espacial de los parámetros fisicoquímicos, así como los valores y posición geográfica de los mismos en el área de estudio se muestran en la Tabla 2 y Figura 3.

 ISSN 2007-8102

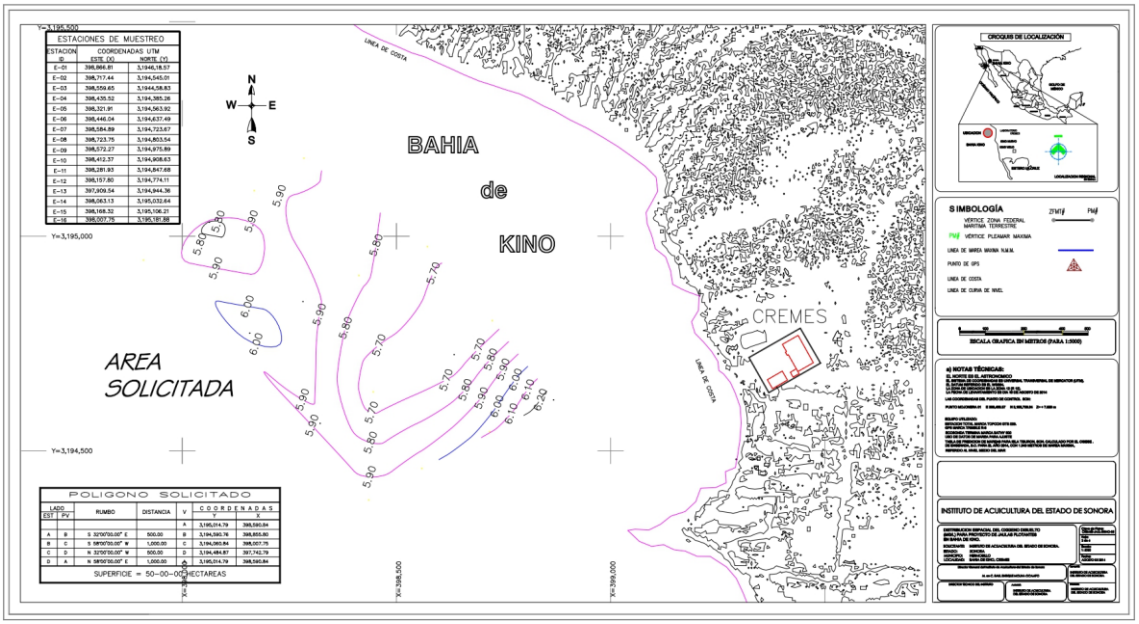
Tabla 2. Valores y posición de los parámetros fisicoquímicos obtenidos en el polígono de estudio

ESTACION	FECHA	HORA	COORD X	COORD Y	PROF. (m)	TEMP. (°C)	O.D. (mg/l)	PH	SALIN. (‰)	HLO. (mg/m3)	CL. SUP. (mg/	TIPO FONDO	TRANSP. (m)
E-1	31/08/2014	08:43	398,866.82	3,194,618.58	7.4	33	6.27	8.8	36.0	0.526	3		6.0
E-2	31/08/2014	09:05	398,717.44	3,194,545.01	8.8	32.3	6.04	8.9	38.0	0.497	7		5.4
E-3	31/08/2014	09:13	398,559.65	3,194,458.84	9.2	33	5.96	8.9	38.5	0.775	3		3.5
E-4	31/08/2014	09:22	398,435.52	3,194,385.27	9.0	32.5	5.93	9.0	38.5	1.143	4		3.5
E-5	31/08/2014	09:26	398,321.91	3,194,563.93	9.5	33	5.88	8.9	38.5	0.86	5		3.5
E-6	31/08/2014	09:31	398,446.04	3,194,637.50	9.0	32.5	5.63	8.9	37.0	1.208	14		3.2
E-7	31/08/2014	09:36	398,634.90	3,194,724.09	8.0	32.5	5.62	9.0	38.0	1.277	8		3.5
E-8	31/08/2014	09:43	398,723.76	3,194,803.54	7.0	32.5	5.63	9.0	38.0	0.923	3		2.5
E-9	31/08/2014	09:46	398,572.27	3,194,975.90	7.0	32.5	5.72	8.9	38.5	1.253	7		3.5
E-10	31/08/2014	09:52	398,412.38	3,194,908.64	8.6	32.5	5.82	9.0	38.5	1.105	18		3.3
E-11	31/08/2014	09:56	398,281.94	3,194,847.68	9.0	33	5.96	8.8	39.0	1.03	4		3.0
E-12	31/08/2014	10:01	398,157.81	3,194,774.12	9.6	33	6.08	8.9	39.0	0.883	7		3.2
E-13	31/08/2014	10:08	397,909.55	3,194,944.37	9.8	33	5.92	9.0	40.0	0.89	5		3.3
E-14	31/08/2014	10:14	398,063.13	3,195,032.65	7.8	32.5	5.76	9.0	39.0	0.545	4		3.3
E-15	31/08/2014	10:23	398,168.33	3,195,106.21	7.0	32.6	5.91	8.8	39.5	1.48	7		4.3
E-16	31/08/2014	10:29	398,284.04	3,195,181.88	5.8	33	5.93	8.0	38.5	0.683	8		4.3

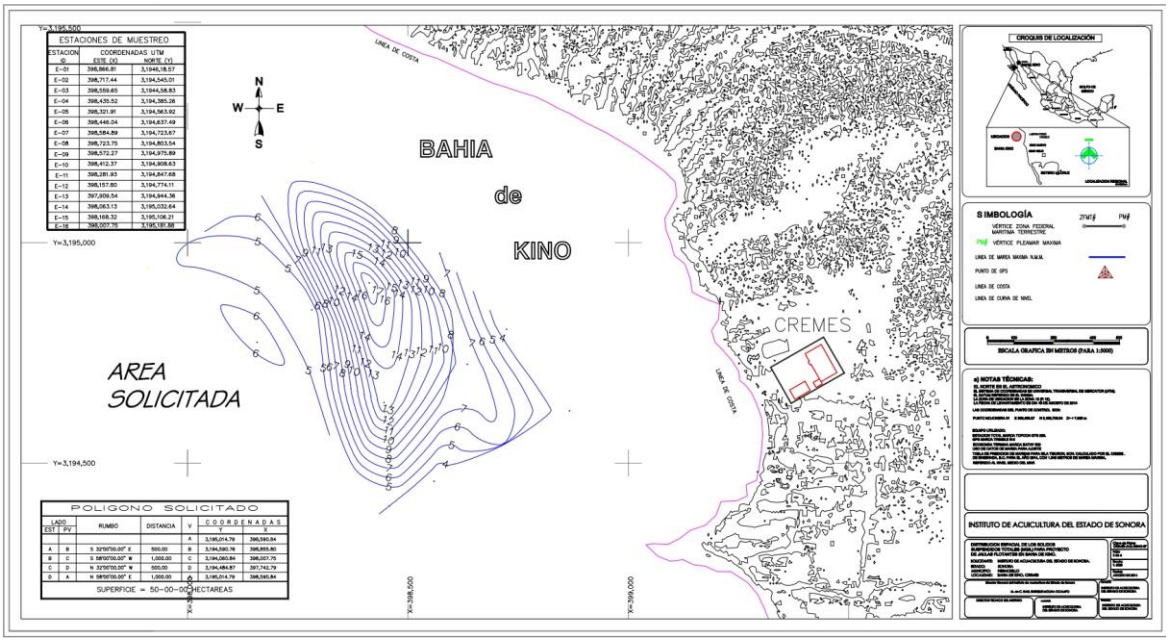


a)

 ISSN 2007-8102

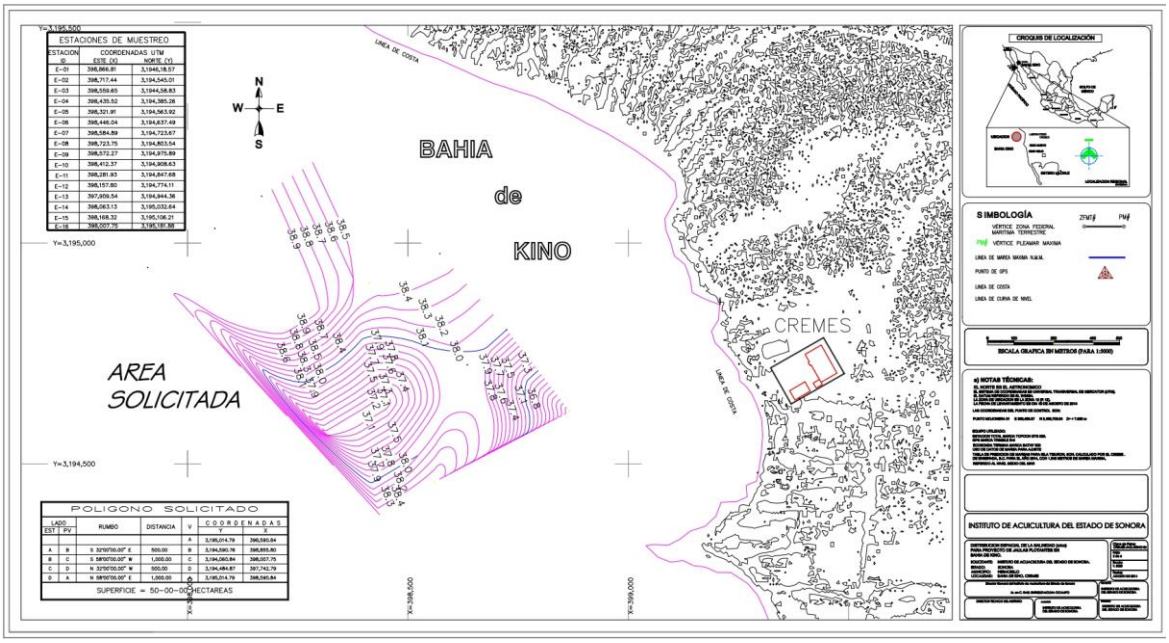


b)

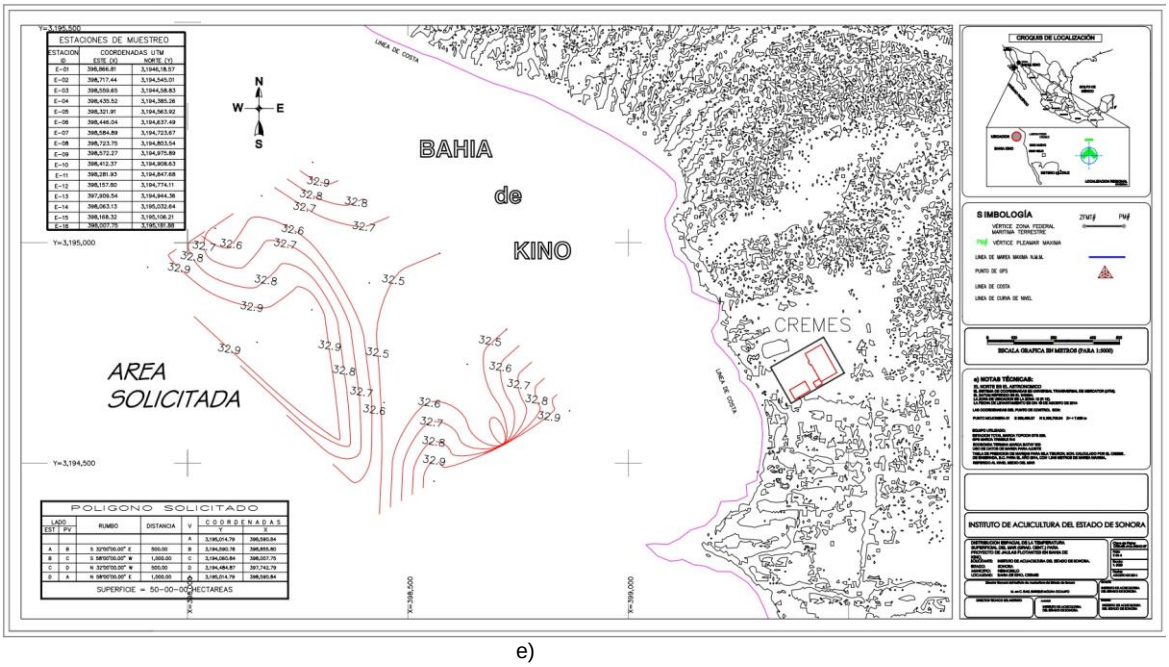


c)

 ISSN 2007-8102



d)



e)

Figura 3. Distribución espacial de a) La concentración de pigmentos fotosintéticos (mg/m3), b) el oxígeno disuelto (mg/l), c) Los sólidos suspendidos totales (mg/l), d) la salinidad (o/oo) y e) la Temperatura Superficial del Mar (grados cent.) en el área de estudio.

 ISSN 2007-8102

Jaulas flotantes y sistema de cultivo de ostión.

En base a las características del medio físico se seleccionó para su construcción, colocación y operación en el sitio propuesto, un conjunto de jaulas las cuales tienen las siguientes características: estructura de soporte y flotación a base de Polietileno alta densidad RD-21 armada en el sitio con termofusión, con diámetro de la jaula: 12 m Tirante del paño contenedor: 6 m y Sistema de anclaje: Muerto con cadena y retorcedores. Cada jaula contiene un sistema de anclaje individual. Las profundidades a colocar estas jaulas deberán seguir las isobatas de los 9m a los 11.5 m. Los detalles de la distribución espacial, vista esquemática de la jaula flotante y su arreglo propuesto son mostrados en las Figuras 4 a la 6.

En cuanto al sistema propuesto para el cultivo de ostión, se seleccionó el sistema australiano. La infraestructura propuesta consiste en dos Long-Lines paralelos de 150 metros cada uno, con anclaje tipo mariposa en los extremos y a cada 50 metros. Los detalles del diseño en planta y de sección se muestran en la Figura 7.

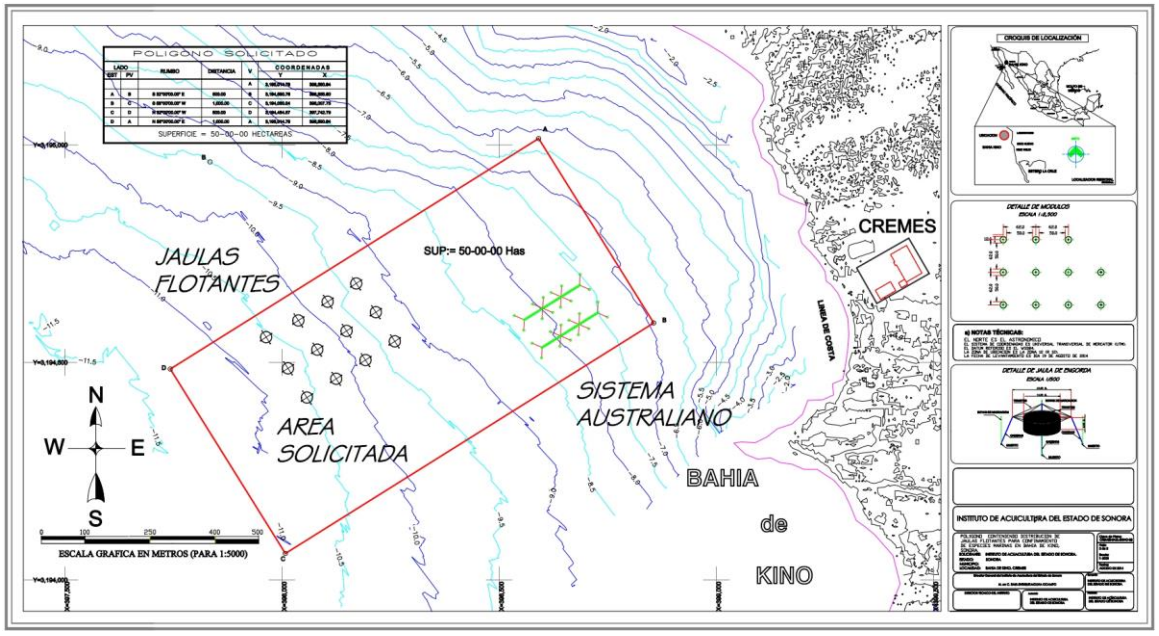


Figura 4. Distribución espacial en planta para la colocación de las jaulas marinas flotantes y los arreglos long-line para cultivo de ostión en la zona de estudio.

 ISSN 2007-8102

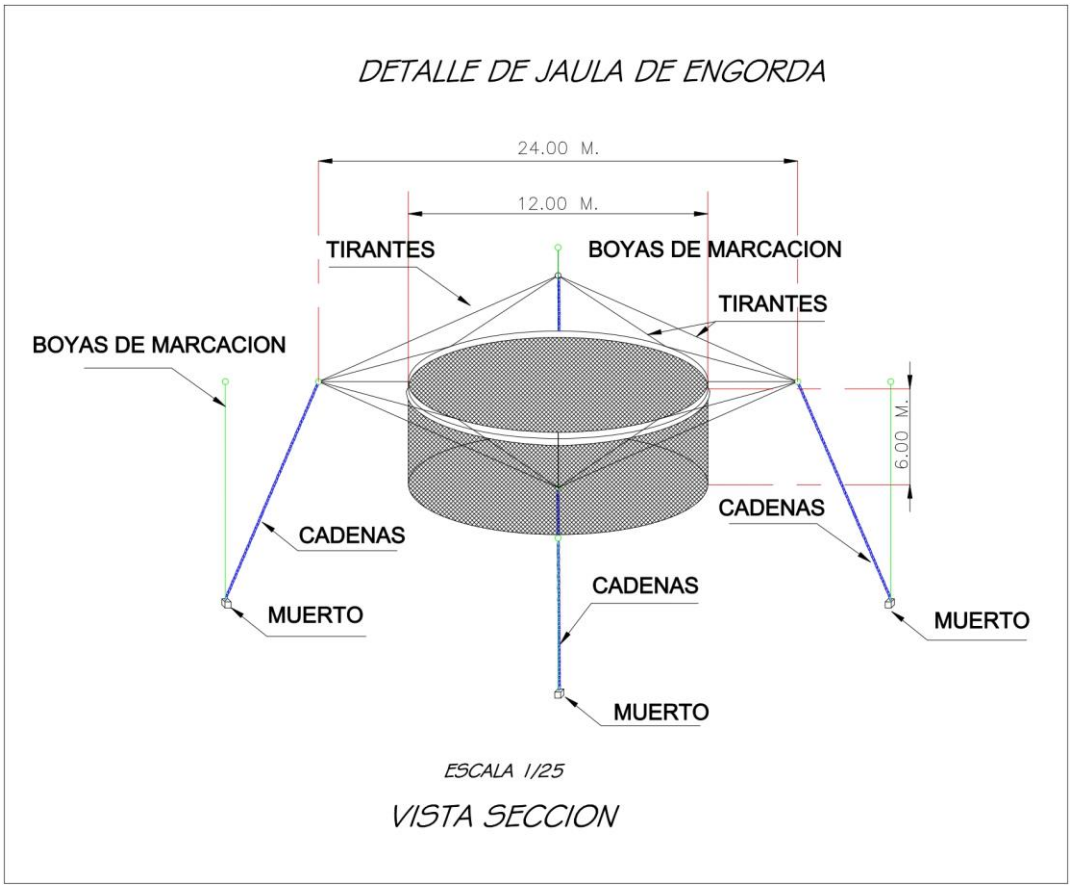


Figura 5. Geometría y detalle de las jaulas propuestas en el proyecto.

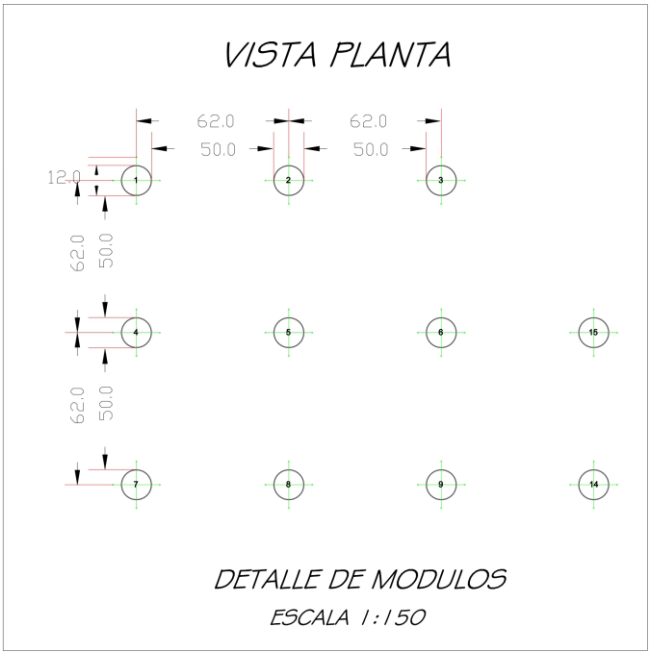
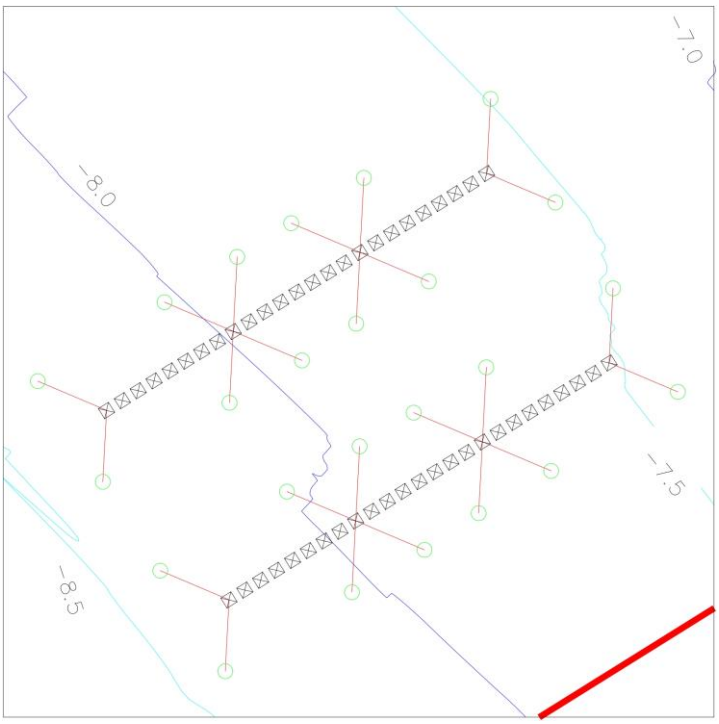
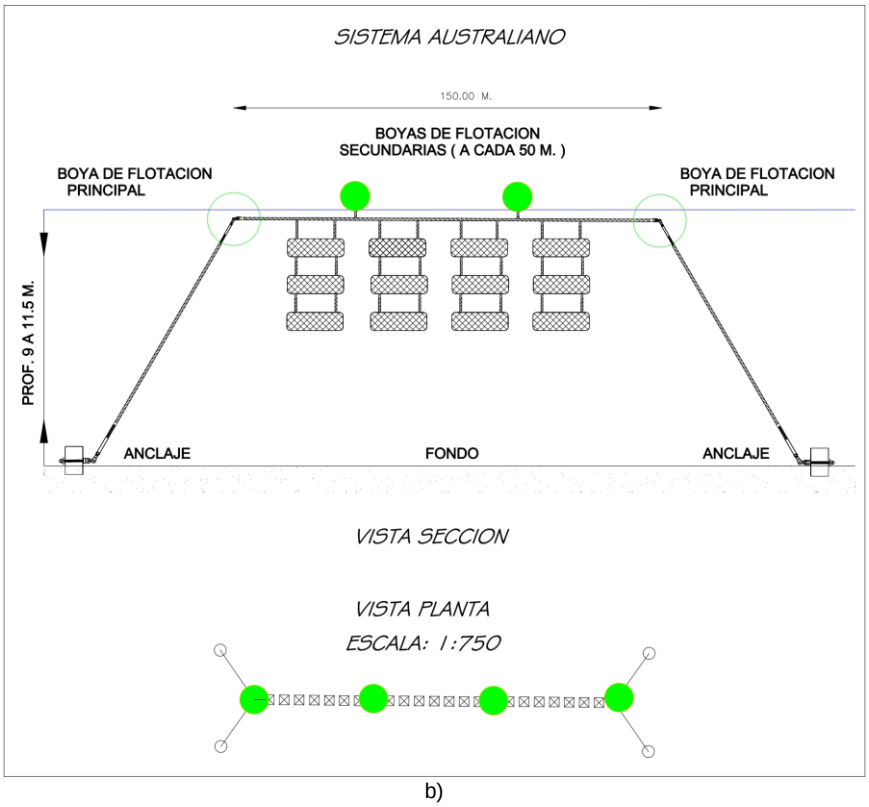


Figura 6. Detalle esquemático del arreglo de la jaula propuesto para su operación y mantenimiento en el área de estudio.

 ISSN 2007-8102



a)



b)

Figura 7. Vista esquemática de a) planta del arreglo Long-Line y b), sección del cultivo tipo australiano para cultivo de ostión.

Los sistemas de flotación fueron realizados según las especificaciones del fabricante [5]. Estos sistemas comúnmente son basados en la construcción y/o ensamblaje en sitio, de dos o más anillos de flotación hechos de polietileno de alta densidad PE 3408/3608 los cuales se termofusionan para formar una sola pieza y son unidos entre sí por elementos de polietileno de alta densidad unidos por termofusión para lograr una construcción monolítica en todos los elementos que componen la corona, que son: anillos de flotación, barandal y sujetadores. Lo anterior constituye el procedimiento ingenieril generalmente aceptado. Las características de diseño del sitio de estudio se ajustaron a las especificaciones de dichos materiales.

Estos elementos fueron calculadas y diseñadas para soportar fuerzas de corrientes de hasta cinco nudos, los impactos por objetos que puedan arrastrar la corriente a estas velocidades y olas de hasta 3m, el manejo para jalado o levantamiento de estas se realiza generalmente sujetando siempre la estructura de cuatro puntos de apoyo en los tramos libres entre dos sujetadores y se realiza envolviendo o tomando siempre los dos o tres anillos de flotación según sea el caso, para los amarres, la tensión de las cuerdas de arrastre o soporte fueron igual para todos los puntos de apoyo, el cálculo y diseño carga redes de hasta cinco metros de profundidad para esta serie.

En cuanto a la normatividad existente para estas artes de pesca en referencia al material utilizado para el armado de las jaulas es polietileno de alta densidad PE 3408/3608 es unido por termofusión invariablemente utilizando equipos hidráulicos y/o manuales para el caso de anillos de hasta 8" y para los anillos de 10" en adelante se utilizan equipos hidráulicos invariablemente, los postes y soportes pueden ser unidos con equipos manuales o hidráulicos indistintamente todo el material de la corona y barandales cumplen con las normas ASTM F714-10 vigentes. Ni anillos ni sujetadores o barandales van rellenos de algún material, ya que la estructura es auto soportada por su capacidad de flotación la cual fue calculada según la normatividad vigente para tuberías de polietileno sólido [5].

Trabajo a futuro

El presente trabajo constituye la primera etapa de un proyecto tendiente a desarrollar parques de maricultivo en el estado de Sonora. La actividad de la maricultura es aún incipiente en el noroeste de México, registrándose de manera aislada, algunos sistemas de cultivos en jaulas marinas sin que se tenga continuidad de los mismos. Por ello es importante establecer los estudios y mecanismos adecuados para el desarrollo de esta actividad y poder migrar dichos procedimientos a otros sitios con iguales aptitudes en nuestro país. Por ello se pretende continuar con dichos trabajos para el incentivo de la maricultura con responsabilidad ambiental.

Conclusiones

El diseño y la colocación de jaulas marinas resulta ser una tarea compleja que involucra una gran cantidad de aspectos del medio ambiente como de la ingeniería e insumos involucrados si se quiere que esta actividad sea compatible con el entorno. Estos estudios realizados mostraron buenos resultados que permitirán optimizar el confinamiento y el crecimiento de las especies involucradas y a la vez preservar la calidad del medio ambiente del área de estudio.

Agradecimientos

Se agradece al Instituto de Acuacultura del Estado de Sonora, por las facilidades proporcionadas para el presente trabajo.

Referencias

[1] J. I. Fernández. "Características y problemas de la pesca en México" en Pesca, acuacultura e investigación en México. Coordinación: *Guzmán AP y Fuentes CDF. CEDRSSA, Cámara de Diputados, Comisión de Pesca*, pp 157–169, 2006.

[2] M. Monteforte, y M. Cariño. "Perspectivas de la piscicultura marina en el Golfo de California" en *Revista Biodiversitas.* Vol.. 61: 2–7, 2005.

[3] M. Norzagaray-Campos, P, Muñoz-Sevilla, L. Sánchez-Velasco, L. Capurro-Filograsso, y O. Llánes Cárdenas. “Estado actual y retos de la acuicultura de la investigación en México”. *Revista AquaTic.* Vol. 37 (1): 1-6, 2012. ISSN 1578-4581.

[4] L. Sánchez-Estudillo. “Alimento nutritivo, colorido y en movimiento: los cultivos de apoyo en acuicultura”. *Ciencia y Mar*. XV. Vol. 43. 55-60, 2011.

[5] Pmadesinaloa. www.pmadesinaloa.com.mx, 2014.

INGENIERÍA QUÍMICA

IQ01 **Evaluación del germinado sobre la composición química y el color del frijol costeño (*Vigna unguiculata*)** **1323**
Juan Gabriel Torruco-Uco, José Daniel Rodríguez-Ortiz, Jesús Rodríguez-Miranda, Betsabé Hernández-Santos, Enrique Ramírez-Figueroa

IQ02 **Síntesis de rotores moleculares esteroidales con etisterona y 3,17-diacetato noretisterona como estatores** **1327**
Paolan Karen Camarillo Reyes, José María Rivera Villanueva, Luis Angel Alfonso Herrera, Angel Hernandez, Daniel Julian Ramirez Herrera

IQ03 **Aromatización de etisterona a temperatura ambiente mediante catálisis heterogénea** **1334**
Daniel Julián Ramírez Herrera, Antonio Jerónimo Flores, Luis Ángel Alfonso Herrera, José María Rivera Villanueva, Rodolfo Peña Rodríguez

IQ04 **Análisis electrofisiológico del *Agave angustifolia* Haw** **1342**
Carlos Francisco Varapizuela Sánchez, Alma Dolores Pérez Santiago, Marco Antonio Sánchez Medina, Cervando López León

IQ05 **Reología lineal del sistema decilsufato de anilinio (DeSAn)/Agua** **1349**
Alondra Romero-Alberto, Ely Estefania Suárez-Alvarez, Germán Pérez-Hernández, Juan Barajas-Fernández, Juan Gabriel Alvarez-Ramírez

IQ06 **Efecto bioestimulante del fosfito en la variedad CP 72-2086 de caña de azúcar cultivada *in vitro*** **1356**
Ivette Morán-González, Fernando Carlos Gómez-Merino, Miriam Cristina Pastelín-Solano, Javier Emanuel Bulbarela-Marini, Odón Castañeda-Castro

IQ07 **Saneamiento del híbrido MSXJ de papaya contra el virus de la mancha anular de papaya** **1364**
Jennifer Martínez-Ballesteros, Javier Emanuel Bulbarela-Marini, Miriam Cristina Pastelín-Solano, Luis Alberto Solano-Rodríguez, Odón Castañeda-Castro

IQ08 **Numerical simulation of forced convection induced in an industrial scale electrochemical reactor** **1371**
Juan Antonio Yañez Vaarela, Sergio Alejandro Martinez Delgadillo

IQ09 **Optimización del proceso de maximización de xilosa a partir de residuos lignocelulósicos de madera** **1379**
Sandra Carrera Varela, Leticia López Zamora, María Guadalupe Aguilar Uscanga

IQ10 **Diagnóstico nutrimental y de unidades SPAD en cuatro variedades de caña de azúcar** **1386**
Luis Alberto Solano Rodríguez, Miriam Cristina Pastelín Solano, María Elizabeth Márquez López, Javier Emanuel Bulbarela-Marini, Odón Castañeda-Castro

IQ11 **Determinación de parámetros para mejorar el efecto bactericida de nanopartículas de Ag/TiO_2 contra Escherichia coli** **1392**
Marco Antonio Olivares Ramírez, Leticia López Zamora, José Amir González Calderón

IQ12 **Integración de reacciones de esterificación-glicolisis en reactor para el PET, con trazas de cloro contaminante** **1400**

Miguel Ángel Del Ángel Hernández, Ana Beatriz Morales Cepeda, Hugo Eduardo De Alva Salazar, José Luis Rivera Armenta

IQ13 **Potencial biotecnológico del cultivo *in vitro* de *Gonolobus niger*, componente de bebida prehispánica denominada "Popo"** **1406**

Elizabeta Hernández Domínguez, Francisco Javier Gabino Roman, Heidi Patricia Medorio García, Areli del Carmen Ortega Martínez, Alejandro Gregorio Nila Méndez

IQ14 **Evaluación del extracto de la hoja verde del árbol de flor de sospó como antibacteriano** **1413**

Emma Laura Martínez Analco, Johana Ramírez Hernández, Guadalupe Gabriela Bárcena Vicuña, Juan Carlos Guevara Contreras

IQ15 **Evaluación de diversas actividades biológicas *in vitro* en las hojas de *Mangifera indica* L.** **1421**

Guadalupe Yeraldín Medina Saavedra, Emmanuel de Jesús Ramírez Rivera, José Andrés Herrera Corredor, Oscar Valeriano Sánchez Valera, Lorena Guadalupe Ramón Canul

IQ16 **Efecto de la adición de Pt en Mo/Al_2O_3-TiO_2 para la hidrodesulfuración de dibenzotiofeno** **1429**

Karen Fernanda Tonchez Pérez, Rene Velázquez Jiménez, Alida Elizabeth Cruz Pérez, Cecilia Encarnación Gómez, María Guadalupe Hernández Cruz

IQ17 **Efecto de la adición de fécula de malanga (*Colocasia esculenta*) en jamón cocido** **1437**

Gisela Carrera Alvarado, Aleida S. Hernández-Cázares, Maria Antonieta Ríos-Corripio, Juan Valente Hidalgo- Contreras, Joel Velasco-Velasco.

IQ18 **Efecto del campo electromagnético sobre la fermentación alcohólica mediante una levadura de *Theobroma cacao*** **1444**

Edwin Javier Melgar Urbina, Yolanda Córdova Bautista, Marcia Eugenia Ojeda Morales, Juan Gabriel Álvarez Ramírez, Willy Calderón De la Cruz

IQ19 **Evolución del contenido de vainillina, polifenoles totales y capacidad antioxidante durante el beneficiado de la vainilla** **1452**

Eduardo Peña Mojica, María de Los Ángeles Vivar Vera, Ernestina Paz Gamboa, Antony Soto Enrique, Araceli Pérez Silva

IQ20 **Capacidad de degradación de petróleo crudo usando plantas de caoba (*Swietenia macrophylla*)** **1460**

Gabriela García Gómez, Ely Estefania Suárez Alvarez, Isidro Pérez-Hernández, Marcia Eugenia Ojeda Morales, Juan Gabriel Alvarez Ramírez

IQ21 **Síntesis de derivados de aminotiazol con potencial actividad antiparasitaria** **1467**

Mario Daniel Caba-Flores, Angel Ramos-Ligonio, Raúl Colorado-Peralta, Aracely López-Monteon, Delia Hernández-Romero

IQ22 **Efecto de microorganismos en el cultivo de camote de cerro y su establecimiento *in vitro*** **1475**

Vania S. Farias Cervantes, Mayra I. Montero Cortés, Juan J. Rivas González, Jakelin J. Márquez Márquez, Irma G. López Muraira

IQ23 **Secado por ventana refractiva® empleando diferentes materiales de transferencia de calor** **1483**

Erasmo Herman Y Lara, Ada Miriam Castillo Cardoza, Cecilia Eugenia

Martínez Sánchez, Roselis Carmona García, Jesús Rodríguez Miranda

IQ24 **Actividad biológica de la corteza del jícaro (*Crescentia cujete* L.)** **1491**

Marina Guevara Valencia, Jonathan Hernández Castillo, Javier Camacho Morales, Carlos Cruz Cruz, María del Rocío Bulás Mendoza

IQ25 **Efecto del secado por lecho fluidizado sobre características fisicoquímicas y térmicas de flor de calabaza** **1499**

Jessica Elise Luna Guandulay, Guadalupe Luna Solano, Alfredo Domínguez Niño, Denis Cantú Lozano, Galo Rafael Urrea García

IQ26 **Comparación de tres métodos de extracción de DNA en cítricos** **1507**

Daiana Vanessa Esteves-Morales, Miriam Cristina Pastelín-Solano, Odon Castañeda-Castro, María Elizabeth Márquez-López, Javier Emanuel Bulbarela Marini

IQ27 **Extracción por ultrasonidos y determinación de la capacidad antioxidante de extractos de semilla de *Moringa***. **1513**

Jonathan de Jesús Perez-Tejas, Ivet Gallegos-Marín, Luicita Lagunes-Rivera, Erasmo Herman-Lara, Cecilia Eugenia Martínez-Sánchez

IQ28 **Síntesis verde y aplicación catalítica de nanopartículas de Co usando extractos de *Bocconia-frutescens*** **1520**

Arely González Hernández, Marisol Castillo Morales, Delia Hernández Romero, María Elizabeth Márquez López, Victor E. Torres Heredia

IQ29 **Análisis de Segunda Ley de la Termodinámica a la Central Termoeléctrica del Valle de México** **1528**

Ladislao Eduardo Méndez Cruz, Sergio Castro Hernández, Raúl Lugo Leyte, Martín Salazar Pereyra, Helen Denise Lugo Méndez

IQ30 **Análisis de segunda ley de la termodinámica a la central de ciclo combinado Tamazunchale** **1536**

Nayelli Naves García, Sergio Castro Hernández, Helen D. Lugo Méndez, Alejandro Torres Aldaco, Raúl Lugo Leyte

IQ31 **Aplicación de un Filtro Kalman sin rastro en fermentaciones lácticas** **1544**

Alexis M.A. Romero-Pérez, Alejandro Díaz-Medina, Blanca García-Rojas, Gabriel Ramírez-Dámaso, Francisco Caballero

IQ32 **Efectos de la contaminación atmosférica sobre la mortalidad diaria en el Área Metropolitana de Monterrey** **1552**

Rosa Maria Cerón Bretón, Nicole Moreno, Gennaro Guitron, Jorge A. Chairez, Salma P. Alcocer

IQ33 **Evaluación de la viscosidad en mezclas de biodiesel de grasas residuales con petrodiésel** **1560**

Axel Sánchez-Hernández, Nayeli Gutierrez Casiano, Jose Octavio Rico-Contreras, Luis Miguel Reyes-Grajales, Eduardo Hernández-Aguilar

IQ34 **Potencial de captura de carbono en 3 sitios de suelo de manglar en Campeche, México** **1568**

Maria De La Luz Espinosa Fuentes, Jade Jaqueline de la Cruz, Eduardo Moreno, Martín Aquino, Guadalupe Perez

IQ35 **Evaluación del Flash Detente sobre el contenido y estabilidad de flavonoides totales en mango "Manila"** **1576**

Ubaldo Richard Marín Castro, Adrien Servent, Dominique Pallet, Victor José Robles Olvera, Marco Antonio Salgado Cervantes

IQ36 **Análisis térmico y estructural de pectina aislada de cáscara de mango Ataulfo de desecho** **1582**

Miguel Angel Lorenzo Santiago, J. Rodolfo Rendón Villalobos, Roberto Olvera Guerra

IQ37 **Determinación de la capacidad exoelectrogénica de *Candida tropicalis* y *Chromobacterium rhizoryzae*** **1589**

Cinthya B. Fosados-Osorio, Alejandro Cruz-Hernández, Miguel A. Pérez-Vargas, Leandro Chaires- Martínez

IQ38 **Simulación de procesos para optimizar variables aplicado a ventanas operativas para plantas endulzadoras de gas** **1596**

Adrian Gómez-Ixmatlahua, Nayeli Gutiérrez-Casiano, Eduardo Hernández-Aguilar, Luis Miguel Reyes- Grajales, Rafael Melo-González.

IQ39 **Análisis exergo-económico de una micro-turbina de gas** **1604**

Sergio Castro Hernández, Ladislao Eduardo Méndez Cruz, Alejandro Torres Aldaco, Raúl Lugo Leyte, Helen Denise Lugo Méndez

IQ40 **Obtención de nanopartículas de óxido de zinc sintetizadas por métodos de vía húmeda y seca** **1612**

Antonia del Rocío López Guemez, Fabiola del Carmen Gómez Torres, Laura Cristel Rodríguez López, Hermicenda Pérez Vidal, Laura Lorena Díaz Flores

IQ41 **Evaluación físicoquímica de una infusión de nopal a diferentes temperaturas** **1620**

Monica Rivera Rivera, Martha Patricia Valencia Pérez, Marco Antonio Godinez Ruiz, Abimael Ortega Galeana, Andrea Angeles Hernández

IQ42 **Síntesis de compuestos pirimidínicos trisustituidos como potenciales inhibidores de la "Spleen Tyrosine Kinase (Syk)"** **1626**

Itzel Flores-Barojas, Diana Carolina Castillo-Cruz, Joaquín Pinto-Espinoza, Angélica Mara Bello

IQ43 **Influencia del almacenamiento sobre las propiedades fisicoquímicas y sensoriales del mezcal tobalá** **1634**

Edna Mejía-Rosales, Ignacio Sánchez-Bazán, Josué Antonio Del Ángel-Zumaya, Jaime Jiménez-Guzmán, Francisco Erik González-Jiménez

IQ44 **Comparación de métodos de marchitamiento de vainas de vainilla mediante un modelo mecanístico** **1640**

Karina Arguelles Peña, Araceli Pérez Silva, Víctor José Robles Olvera, Miguel Ángel García Alvarado, Guadalupe del Carmen Rodríguez Jimenes.

IQ45 **Evaluación de cúmulos carbonílicos de rutenio en el proceso de hidrodesulfuración de dibenzotiofeno** **1648**

Juana Pascual Cruz, Gloria Sánchez Cabrera, Francisco Javier Zuno Cruz, Alida Elizabeth Cruz Pérez, María Guadalupe Hernández Cruz

IQ46 **Tres métodos de extracción de almidón de garbanzo y el efecto sobre algunas propiedades** **1656**

Hector Alejandro Jimenez Avalos, Emmanuel Flores Huicochea, Nancy Deyanira Hernández Castellanos, Miguel Alberto Pérez Vargas

IQ47 **Perfil de ácidos grasos y capacidad antioxidante en las semillas de *Hibiscus sabdariffa*** **1664**

Miguel Tirso Robles-Valdivia, Abril Ramírez-Higuera, Rodolfo Quintana-Castro, Alfonso Alexander-Aguilera, María Guadalupe Sánchez-Otero

IQ48 **Caracterización fisicoquímica y microbiológica de una bebida funcional a partir de mezcla de harinas** **1671**

Martha Patricia Valencia Pérez, Roselis Carmona Garcia, Monica Rivera Rivera, Felix Martinez Rosales, Marco Antonio Godinez Ruiz

IQ49 **Evaluación Sensorial de un confitado de cáscara de naranja con edulcorantes no convencionales** **1678**

Carlos Alberto López Camacho, María de la Luz Sánchez Mundo, Víctor Rayo García, Esther Mariela Arzate Escamilla, Guadalupe Luna Solano

IQ50 **Aplicación de películas comestibles en mango petacón (*Magnifera indica*) minimamente procesado** **1686**

Adelfo García-Ceja, Leonor Nava Montiel, Alma Lucero Saldaña Cabrera

IQ51 **Evaluación del comportamiento reológico en función de la temperatura de una Fruit Beer de fresas** **1694**

Leonardo Garcia-Mureño, Francisco Castañeda-Zamudio, Elizabeth Eugeni Diaz-Castellanos, Karla Diaz-Castellanos, Eduardo Hernández-Aguilar

IQ52 **Cinética de lisis celular en la destilación de mosto fermentado** **1701**

Solmaria Mandi Pérez-Guzmán, Daniel Guzman Gomez, Francisco Erik Gonzalez Jimenez, Lazaro Rafael Melo Gonzalez, Eduardo Hernández-Aguilar

IQ53 **Evaluación de un insecticida orgánico a base extracto de albahaca** **1709**

Josue Ramírez Guzman, Nayeli Gutierrez-Casiano, Eduardo Hernández-Aguilar, Ignacio Sánchez Bazán, José Vicente Martínez

IQ54 **Evaluación de los índices de calidad y viabilidad de un kéfir adicionado con *Lactobacillus reuteri*** **1717**

Sajith Cruz Valdez, Ernestina Paz Gamboa, María de Los Ángeles Vivar Vera, Araceli Pérez Silva, Aurora Chavez Montaño

IQ55 **Determinación espectrofotométrica del contenido de alicina presente en extractos de ajo obtenidos por ultrasonido** **1725**

Guadalupe Linor Pech Damián, Judith Amador Hernández, Sarahí del Carmen Rangel Ortega, Ana Verónica Charles Rodríguez, Dolores Gabriela Martínez Vázquez

IQ56 **Métodos de separación; simulación con fines de optimización para la producción de etanol anhidro** **1732**

Azael Carrasco Sierra, Francisco Javier Sánchez Ruiz

IQ57 **Caracterización fisicoquímica y sensorial de extractos hidroalcohólicos de vainilla obtenidos por extracción convencional y ultrasonido** **1740**

Ivan Rivera Abascal, Roselis Carmona García, Jocelin Lopez Cruz, Débora I. Nolasco Baltazar, Araceli Pérez Silva

IQ58 **Estudio de redes de distribución de fluidos mediante software de simulación hidráulica** **1747**

Ramiro Armengolt Núñez, Rocío del Carmen Antonio Cruz, Francisco López Villarreal, Nora Alicia Purata Pérez, Alicia Sosa Medina

IQ59 **Identificación de residuos de Poliestireno Expandido excretados por larvas de *Tenebrio molitor*** **1755**

Perla Gabriela Olmos Piña, Alicia Jimenez Huerta, Alejandro Hernandez Ortiz, Maria Belem Arce Vazquez, Angel Eduardo Márquez Ortega

IQ60 **Bromatología y composición química elemental del tejido de raíz de *Acacia cornígera*** **1763**
Leonor Nava Montiel, Adelfo García-Ceja, Patricia Teczonquila-Cruz, Guadalupe Gabriela Barcena Vicuña, Johana Ramírez Hernández

IQ61 **Cinéticas de secado y propiedades de color de hojuelas de pera (*Pyrus communis*)** **1769**
Alfredo Domínguez Niño, Orlando Salgado Sandoval, Erick César López Vidaña, Ana Lilia César Munguía, Octavio García Valladares

IQ62 **Síntesis y Caracterización de TiO_2 y Ag-TiO_2 para uso en fotodegradación de Azul de Metileno** **1777**
Evy Vianey Luna Gallegos, Erik Ramirez Morales, German Pérez Hernández, Maria Guadalupe Hernández Cruz, Lizeth Rojas Blanco

IQ63 **Propiedades térmicas y estructurales de películas compuestas por gelatina, montmorillonita y ácido tánico** **1784**
Javier Solorza Feria, Denis Rodrigue, Isidra Guadalupe Ruiz Martinez

IQ64 **Morfología y cristalinidad de películas de gelatina y ácido tánico con nanoarcillas** **1792**
Javier Solorza Feria, Denis Rodrigue, Isidra Guadalupe Ruiz Martinez

IQ65 **Análisis de la solubilidad y actividad antioxidante de proteínas de calabaza pipiana (*Cucurbita angyrosperma Huber*)** **1799**
Reina Fosado Cruz, María de la Luz Sánchez Mundo, Johan Alfredo Marín Quiroz, Patricia Ibarra Torres

IQ66 **Producción de digestato anaerobio a partir de residuos de frutas y verduras** **1807**
Christian Omar Zárate Ocaña, María Monserrat Montes García, Sergio Esteban Vigueras Carmona

IQ67 **Efecto de nutrientes y sacarosa en la germinación y desarrollo de vitroplantas de *Salix bonplandiana*** **1815**
Omar I. Camacho Moreno, Mayra I. Montero Cortés, José J. Castañeda Nava, Joaquín A. Qui Zapata, Antonia Gutiérrez Mora

IQ68 **Sistemas de agitación en la cristalización de Rebaudiósido A para la mejora de DTC** **1823**
Eusebio Bolaños Reynoso, Alejandra Guadalupe Preciado Vargas, Kelvyn Baruc Sánchez Sánchez, Leticia López Zamora, Xochilt Dector Hernández

IQ69 **Evaluación del incremento de carga orgánica en periodos cortos en un biorreactor a escala piloto** **1830**
Omar García-Elías, Alejandro Alvarado-Lassman, Erik S. Rosas-Mendoza, Norma. A. Vallejo-Cantú, Oscar Marín-Peña

IQ70 **Enriquecimiento proteico de *Ganoderma lucidum*, *Lentinula edodes* y *Pleurotus ostreatus* utilizando bagazo residual de la destilación de mezcal** **1836**
Claudia López Sánchez, Eduardo Ramos Juarez, Emilene Reyes Rodríguez, Felipe de Jesús Palma Cruz

IQ71 **Caracterización y elaboración de una bebida fermentada tipo vino de ciruela roja var. *Black Amber*** **1842**
Nayeli Anayansi Loyo-Trujillo, Guadalupe Vivar Vera, Ignacio Sánchez Bazán, Jaime Jiménez Guzmán, Josué Antonio Del Ángel-Zumaya

IQ72 **Síntesis y Caracterización de películas delgadas de TiO_2 y TiO_2 dopadas W por spin** **1849**

coater

Ma. Guadalupe Garnica Romo, Maricela Villicaña Méndez, Nabanita Dasgupta Schubert, Leandro García González, Laura Lorena Díaz Flores

IQ73 **Actividad antimicrobiana de nanopartículas de plata obtenidas de extractos acuosos de *Pleurotus Ostreatus*** **1857**

Atzhiry Mariel Zamora Zamora, Rafael Contreras Chavez, Ma. Guadalupe Garnica Romo, Héctor Eduardo Martínez Flores

IQ74 **Elaboración de bebida fermentada con actividad funcional de la baya de saúco (*Sambucus nigra L*.)** **1865**

Carolee Chuzeville Munguia, Julieta del Carmen Villalobos Espinosa, José Guillermo Cebada Reyes, Ariadna Cabrera Ramirez, German Rafael Moreno Leon

Evaluación del germinado sobre la composición química y el color del frijol costeño (*Vigna unguiculata*)

J. G. Torruco-Uco, J. D. Rodríguez-Ortiz, J. Rodríguez-Miranda, B. Hernández-Santos, E. Ramírez-Figueroa.

Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Tuxtepec, Calzada Dr. Víctor Bravo Ahúja, No. 561, Col. Predio el Paraíso, Tuxtepec, Oaxaca, C.P. 68350, México.
**jtorruco79@outlook.com; juan.tu@tuxtepec.tecnm.mx*

***Área de participación**: Ingeniería Química*

Resumen

El objetivo de esta investigación fue evaluar el efecto del germinado de semillas de frijol costeño (*Vigna unguiculata*) sobre la composición química proximal, color de la harina y concentrado proteico. El proceso de germinación se realizó en condiciones controladas de temperatura, iluminación y humedad, durante 6 días. La harina del frijol costeño sin germinar (día 0) presentó un contenido de proteína de 19.35%, mientras que, la harina germinada (día 5) tuvo un 28.28% de proteína, mostrando diferencias significativas ($p<0.05$) entre los demás días de germinación. Se seleccionó el germinado (día 5) por su alto contenido proteico, y se obtuvo un concentrado proteico a partir de ella. El concentrado proteico presentó un contenido de proteínas de 64.79%. El color la harina sin germinar (día 0) tuvo una L^* de 60.61, la harina germinada (día 5) un valor de L^* de 71.96 y el concentrado proteico el valor de L^* fue 77.46.

***Palabras clave**: Vigna unguiculata; germinación; composición química proximal; color.*

Abstract

The objective of this research was to evaluate the effect of the germinated seeds of the coastal bean (*Vigna unguiculata*) on the proximal chemical composition, color of the flour and protein concentrate. The germination process was carried out under controlled conditions of temperature, lighting and humidity, for 6 days. Non-germinated coastal bean flour (day 0) presented a protein content of 19.35%, while germinated flour (day 5) had 28.28% protein, showing significant differences ($p<0.05$) between the other days of germination. The sprout (day 5) was selected for its high protein content, and a protein concentrate was obtained from it. The protein concentrate presented a protein content of 64.79%. The color of the ungerminated flour (day 0) had an L^* of 60.61, the germinated flour (day 5) a value of L^* of 71.96 and the protein concentrate the value of L^* was 77.46.

***Key words**: Vigna unguiculata; germination; proximal chemical composition; color.*

Introducción

Las leguminosas son una excelente fuente de proteínas, carbohidratos, fibra, minerales y otros nutrientes, además de su fácil adquisición y bajo costo, siendo alimentos importantes, ya que representan una importante fuente de nutrientes esenciales para el ser humano. Son alimentos importantes, particularmente en países en vías de desarrollo, donde las leguminosas representan una importante fuente proteica. Recientemente el interés en el estudio de las leguminosas ha aumentado, debido a, su contenido en fitoquímicos los cuales son metabolitos secundarios biológicamente activos sintetizados por las plantas [1]. La germinación es un tratamiento sencillo y económico que resulta en un producto natural. Permite eliminar o inactivar ciertos factores antinutricionales y aumenta la digestibilidad de proteínas y almidones en leguminosas. La germinación de leguminosas puede mejorar las propiedades de estas plantas como alimento funcional [2]. En este sentido, el proceso de germinación de leguminosas comprende tres fases importantes: (1) *la hidratación de semillas*, cuando se produce una gran absorción de agua por varios tejidos para formar la semilla y aumentar la actividad respiratoria [3]; (2) *la germinación*, cuando la absorción de agua disminuye, las reservas almacenadas se movilizan y los nuevos compuestos son sintetizados para proporcionar los nutrientes necesarios para el crecimiento de una nueva plántula (algunos materiales de reserva de semillas son degradados durante la germinación y utilizado para la respiración y síntesis de nuevos constituyentes celulares del embrión en desarrollo; esto causa cambios bioquímicos significativos, lo que conduce a la siguiente fase) y (3) *el crecimiento*, donde emerge la radícula [4]

durante el crecimiento, las plántulas pueden ser dañadas por estrés microbiano y ambiental o por falta de nutrientes, esto hace que sea necesario desarrollar un mecanismo de defensa a través de la síntesis secundaria de metabolitos, como los compuestos fenólicos, a través de diferentes vías metabólicas. Así mismo, con el proceso de germinación de las leguminosas se producen diferentes cambios en la distribución de metabolitos secundarios, movilización de las proteínas de reserva que están almacenadas en los cuerpos proteicos de los cotiledones y cambios en la composición de aminoácidos [5]. Por lo que el objetivo de la presente investigación fue evaluar el efecto del germinado de semillas de frijol costeño (*Vigna unguiculata*) sobre la composición química proximal y color de la harina y concentrado proteico.

Metodología

Materiales

Se utilizó semillas de frijol costeño (*Vigna unguiculata*) el cual fue adquirido en el Mercado Central de la ciudad de Salinas Cruz, Oaxaca, México. Todos los reactivos que se utilizaron para el análisis fueron de marcas registradas como Sigma, J. T. Baker (Phillisburg, NJ, USA).

Proceso de germinación

Se realizó de acuerdo con el método descrito por Gómez y Villamil [6] con algunas modificaciones. Las semillas se enjuagaron con agua corriente y se sumergieron en una solución de cloro (0.25 mL de una solución al 10% de Cl por cada L de agua) durante 10 min. Después se volvieron a enjuagar exhaustivamente con agua para eliminar el desinfectante residual. Posteriormente, se dejaron inmersas en agua por 1 h y después las semillas se distribuyeron uniformemente en charolas de plástico, entre dos capas de papel adsorbente y algodón (como material de soporte), humedecido a saturación con agua. Las charolas se taparon y se colocaron en una cámara de germinación a una temperatura de 27 °C en total oscuridad. Las semillas se desinfectaron nuevamente a las 24 h para evitar el desarrollo de hongos y cada 12 h se rociaron con agua. El tiempo de germinado fue de 6 días, pasado el tiempo las plántulas fueron liofilizadas a -47°C y 13 x 10^{-3} mbar en una liofilizadora (FreeZone 4.5 Liter Benchtop Freeze Dry System, Labconco, USA) y estas se almacenaron hasta su posterior uso.

Preparación de las harinas

Las semillas de frijol costeño fueron limpiadas manualmente seleccionando las mejores semillas (sin grietas y eliminando las impurezas y material extraño). Posteriormente las semillas fueron molidas en una licuadora industrial (Tapisa® modelo T 5L, México) después se realizó una segunda molienda en un molino para café (KRUPS Model GX4100, USA) hasta que se obtuvo una harina capaz de pasar a través de una malla No. 80 (0.177 mm). En el caso de las plántulas liofilizadas estas fueron molidas en un mortero hasta obtener una harina capaz de pasar por la malla No. 80 (0.177 mm) de acuerdo con lo reportado por Segura-Campos et al. [7].

Obtención del concentrado proteico

Se empleó el método reportado por Guerra-Almonacid et al. [8]. La harina obtenida a partir del germinado con mayor contenido de proteínas se eligió para obtener el concentrado proteico. Se dispersó en NaOH a pH 11 en una relación 1:10 p/v y se agitó por 1:30 h a 400 rpm (Caframo RZR-1, Heidolph Instruments GmbH & Co. KG, Germany), posteriormente la suspensión se centrifugó a 4870 *x g*/30 min. El sobrenadante se llevó a su punto isoeléctrico (4.5) con HCl 0.1 N y se dejó reposar para posteriormente retirar el sobrenadante. El residuo sólido se centrifugó a 4870 *x g*/30 min y el precipitado se lavó tres veces con agua destilada. El precipitado fue liofilizado a -47°C y 13 x 10^{-3} mbar en una liofilizadora (FreeZone 4.5 Liter Benchtop Freeze Dry System, Labconco, USA).

Composición químico proximal

La composición química proximal se determinó de acuerdo con los métodos de la AOAC [9]:

- Humedad (Método 925.09): se determinó por la pérdida de peso después de secar la muestra en estufa (Riossa, H-41, México) a 105 °C por 4 h.
- Proteína cruda (Método 954.01): se determinó mediante el método Kjeldahl, por digestión ácida y destilación alcalina, usando 6.25 como factor de conversión de nitrógeno a proteína.

- Grasa cruda (Método 920.39): se cuantificó después de la extracción de la muestra durante 1 h con hexano en un sistema Soxhlet.
- Cenizas (Método 923.03): se calculó como el peso remanente después de calcinar la muestra a 550 °C durante 4 h.
- Carbohidratos totales (ELN): Los carbohidratos totales se estimaron por diferencia al 100% como el extracto libre de nitrógeno.

Determinación del color

El color se determinó mediante un colorímetro Hunter Lab (UltraScan-VIS, Model USVIS1347, Inc., Reston, Virginia, USA). Se obtuvieron los valores *L** (Luminosidad), *a** (cromaticidad -verde a +rojo) y *b** (cromaticidad -azul a +amarillo), y la diferencia total de color (ΔE) de acuerdo con el método reportado por Wani et al. [10].

Análisis estadístico

Los resultados se analizaron mediante un Análisis de Varianza (ANOVA) de una vía y se determinaron las diferencias entre las medias mediante una prueba de diferencia mínima significativa (LSD), con un nivel de confianza del 95%, utilizando el programa estadístico Statistica Version 8.0 (StatSoft, Inc. 1984-2008, USA).

Resultados y discusión

Germinación

El proceso de germinación de las semillas de frijol costeño se muestra en la Figura 1. Se tomó como día 0 a la semilla sin germinar. Se pudieron observar diferentes cambios morfológicos de las semillas, tales como cambios en el incremento del peso de la semilla y longitud de la radícula. Desde el día 1 se pudo observar un crecimiento de la radícula y este proceso de crecimiento se vio estabilizado a partir del día 3 cuando alcanzó un 75% del proceso de germinación, llegando al día 6 un 90% de la germinación ya que, se observó por completo el crecimiento de la plántula del frijol costeño. Górecki [11] planteó que el proceso de germinación comienza desde el momento en que la semilla seca se pone en contacto con el agua, con intensiva movilización de las sustancias de reserva que inducen cambios morfológicos y disminución consecuente del porcentaje de materia seca con el avance del proceso germinativo.



Figura 1. Proceso de germinación de las semillas de frijol costeño (*Vigna unguiculata*) durante 6 días.

Composición química

En la Tabla 1 se puede observar la composición química de la harina de semillas de frijol costeño sin germinar (día 0) y harinas de semillas germinadas (días 1, 2, 3, 4, 5 y 6). Se puede observar que la harina del frijol sin germinar (día 0) tuvo una humedad de 7.69% y esta humedad fue disminuyendo conforme transcurrieron los demás días de germinación mostrando diferencia significativa ($p<0.05$) ya que se obtuvo una humedad de 5.74% en el Día 5 de germinación. La humedad obtenida en esta investigación de la semilla sin germinar fue menor a lo reportado por López-Guerra y Bressani [12] ya que ellos reportaron una humedad de 9.68 y 11.68% en *Phaseolus vulgaris* y *Vigna unguiculata,* respectivamente. Esta disminución de humedad se relaciona con lo que menciona Guzmán-Ortíz et al. [5], que, durante la germinación la absorción de agua de la semilla disminuye, y las reservas

almacenadas se movilizan y los nuevos compuestos son sintetizados y así lograr el crecimiento de una nueva plántula.

Por otro lado, se puede observar que el contenido de proteína de la harina de semillas sin germinar fue de 19.35% y esta alcanzó este contenido fue en aumento conforme transcurrieron los días de germinación alcanzando un máximo contenido de proteína en el germinado de 5 días con un contenido de 28.28% mostrando diferencia significativa ($p<0.05$) entre los días de germinación. Estos resultados pueden ser comparados con los obtenidos por Díaz et al. [2] quiénes reportaron en las semillas de leguminosas germinadas de *Lablab purpureus* (dólico) a los 0 días un contenido de proteína de 19.76% el cual es similar al obtenido en este estudio al día 0, mientras que a los 4 días de germinación (96 h) ellos reportaron un contenido de 21.37% el cual fue menor al encontrado al día 4 de germinación de las semillas de frijol costeño con un contenido de proteína de 25.09% y alcanzando un máximo contenido de este componente a los 5 días de germinación con un 28.28%. Estas variaciones en el contenido proteico durante la germinación de las semillas dependen de la especie vegetal, la variedad de la semilla y las condiciones de germinación [13].

Tabla 1. Composición químico proximal de las semillas germinadas a diferentes tiempos de germinación del frijol costeño (*Vigna unguiculata*).

Tiempo de Germinación (Días)	Humedad (%)	Proteínas (%)	Grasa (%)	Cenizas (%)	ELN (%)
0	7.69 ± 0.03^{e}	19.35 ± 0.30^{a}	1.84 ± 0.02^{a}	5.09 ± 0.29^{a}	66.02 ± 0.25^{g}
1	7.49 ± 0.12^{e}	19.95 ± 0.21^{b}	$1.93 \pm 0.22^{a,b}$	$5.18 \pm 0.05^{a,b}$	65.45 ± 0.27^{f}
2	7.28 ± 0.03^{d}	21.83 ± 0.36^{c}	2.01 ± 0.04^{b}	5.23 ± 0.01^{b}	63.65 ± 0.37^{e}
3	7.08 ± 0.06^{c}	22.79 ± 0.36^{d}	2.28 ± 0.01^{c}	5.55 ± 0.04^{c}	62.30 ± 0.39^{d}
4	6.86 ± 0.05^{b}	25.09 ± 0.29^{e}	2.62 ± 0.05^{d}	5.88 ± 0.10^{d}	59.55 ± 0.30^{c}
5	5.74 ± 0.13^{a}	28.28 ± 0.38^{g}	3.08 ± 0.10^{f}	6.12 ± 0.09^{f}	56.78 ± 0.22^{b}
6	8.52 ± 0.02^{f}	26.24 ± 0.29^{f}	2.89 ± 0.14^{e}	6.04 ± 0.05^{e}	56.31 ± 0.21^{a}

Los valores son el promedio de 3 repeticiones ± su desviación estándar
$^{a-g}$ Letras diferentes en la misma columna indican diferencia significativa ($p<0.05$).
ELN = Extracto Libre de Nitrógeno.

En lo que respecta a la composición química proximal del concentrado proteico (Tabla 2), este se obtuvo a partir de la harina de semillas germinadas de frijol costeño (*Vigna unguiculata*) germinada por 5 días, ya que, esta harina fue la que obtuvo mayor contenido de proteína (28.28%). El concentrado proteico presentó una humedad de 4.52%, mientras que su contenido de proteína fue de 64.79%, este incremento de proteínas fue de un 129.10% con respecto al contenido proteico del germinado de 5 días. Estos resultados obtenidos en esta investigación son similares a los valores reportados en otros concentrados proteicos que han sido obtenidos de diferentes fuentes de leguminosas sin germinar, como son el *Phaseolus lunatus* y *Vigna unguiculata* con valores de proteínas de 66.8 y 65.29%, respectivamente [14]. Rueda et al. [15] reportaron valores de proteínas en concentrados proteicos de granos de quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd var. Inta Hronillos) germinados por 3 días con un valor de 54.91% el cual fue menor al encontrado en este estudio.

Tabla 2. Composición químico proximal del concentrado proteico obtenido de la harina de semillas germinadas de frijol costeño (*Vigna unguiculata*) con 5 días de germinación.

Concentrado proteico	Humedad (%)	Proteínas (%)	Grasa (%)	Cenizas (%)	ELN (%)
5 Días de Germinación	4.52 ± 0.06	64.79 ± 0.24	1.79 ± 0.03	4.80 ± 0.05	24.07 ± 0.20

Los valores son el promedio de 3 repeticiones ± su desviación estándar
ELN = Extracto Libre de Nitrógeno.

Cambios del Color

En lo que respecta al parámetro de color en la Tabla 3 se pueden observar los cambios de color de todos los parámetros evaluados, en el cual hubo diferencias significativas (p<0.05) en todos los parámetros. El color solo fue determinado a la harina de semillas sin germinar (día 0), a la harina germinada (día 5) por haber presentado mayor contenido de proteína y al concentrado proteico obtenido del germinado de 5 días. La harina sin germinar (día 0) presentó un valor de L^* de 60.61, y este aumentó significativamente (p<0.05) hasta un valor de 71.96 en la harina germinada (día 5), mientras que en el concentrado proteico el valor de L^* aumentó a 77.46, lo que indica un cambio de luminosidad de 18.73 y 27.80% respectivamente, lo cual indica que existe una decoloración lo que aumentó la luminosidad de la harina germinada (día 5) y el concentrado proteico. El valor obtenido en la semilla sin germinar (día 0) puede ser comparado con lo obtenido por Praderes et al. [16] en harina de quinchoncho (*Cajanus cajan*) que presentó un valor de L^* de 51.8. Esta variación de luminosidad en las muestras puede deberse al contenido de carotenoides presente en la misma y a su degradación, tal como lo menciona Benitez-Franco et al. [17] que las matrices alimentarias ricas en β-carotenos y la degradación de éstos pueden ayudar a aumentar los valores de luminosidad.

Tabla 3. Color de la harina de semillas sin germinar, harina de semilla germinada y concentrado proteico de la harina de semilla germinada (5 días) del frijol costeño (*Vigna unguiculata*).

Parámetros	Harinas		Concentrado proteico (Día 5)
	Sin Germinar (Día 0)	Germinada (Día 5)	
L^*	60.61 ± 0.68[a]	71.96 ± 0.38[b]	77.46 ± 0.13[c]
a^*	1.99 ± 0.08[a]	1.79 ± 0.09[a]	2.63 ± 0.03[b]
b^*	14.55 ± 0.11[a]	17.18 ± 0.17[b]	18.32 ± 0.03[c]
ΔE	36.29 ± 0.02[c]	32.52 ± 0.23[b]	28.95 ± 0.24[a]

Los valores son el promedio de 3 repeticiones ± su desviación estándar
[a-c] Letras diferentes en la misma fila indican diferencia significativa (p<0.05).
L^* = Luminosidad, a^* = -verde a +rojo, b^* = -azul a +amarillo, ΔE= diferencia total de color.

Por otro lado, los valores del parámetro a^* (valores negativos indican tendencias al color verde y valores positivos indican tendencia hacia el color rojo) (Tabla 3). La harina sin germinar (día 0) presentó un valor de a^* de 1.99, y este disminuyó significativamente (p<0.05) hasta un valor de 1.79 en la harina germinada (día 5), mientras que en el concentrado proteico el valor de a^* aumentó a 2.63, lo que indica un cambio hacia la tonalidad roja. Praderes et al. [16] reportaron valores de a^* de 3.4 en harina de quinchoncho (*Cajanus cajan*) sin germinar. Hernández-Santos et al. [18] reportó un valor de a^* de 1.31 en harina de semilla de calabaza (*Cucurbita pepo*) sin germinar.

Otro parámetro importante es el parámetro b^* ya que valores negativos indican tendencias al color azul y valores positivos indican tendencia hacia el color amarillo (Tabla 3). La harina sin germinar (día 0) presentó un valor de b^* de 14.55, y este aumentó significativamente (p<0.05) hasta un valor de 17.18 en la harina germinada (día 5), mientras que en el concentrado proteico el valor de b^* aumentó a 18.32. El valor de b^* encontrado en este estudio en el día 0, fue mayor al reportado por Praderes et al. [16] en harina de quinchoncho (*Cajanus cajan*) sin germinar con un valor de b^* de 10.7. Estos valores indican que el concentrado proteico tiene una tendencia hacia la coloración amarilla, lo que la hace factible para ser usada en diversos productos alimenticios que requieren de apariencia brillante.

La harina sin germinar (día 0) presentó una diferencia total de color (ΔE) de 36.29, y esta disminuyó significativamente (p<0.05) hasta un valor de 32.52 en la harina germinada (día 5), mientras que en el concentrado proteico el valor de ΔE disminuyó a 28.95 lo que indica una degradación por efecto de la germinación de la materia prima y por el uso del NaOH utilizado en el proceso de obtención del concentrado proteico.

Trabajo a futuro

La presente investigación es parte del proyecto financiado por el Tecnológico Nacional de México, titulado “Efecto del germinado del frijol costeño (*Vigna unguiculata*) en la obtención de hidrolizados proteicos y fracciones

peptídicas bioactivas", Clave: 8425.20-P. Se obtendrán hidrolizados proteicos utilizando enzimas comerciales (pepsina y alcalasa), obteniendo cinéticas de hidrólisis secuenciales, se determinará el grado de hidrólisis por el método de OPA. Se evaluarán las bioactividades de los hidrolizados proteicos a diferentes tiempos sobre la solubilidad micelar del colesterol (efecto anticolesterolemico) y la inhibición de la enzima convertidora de angiotensina (ECA-I) (efecto antihipertensivo). Los hidrolizados que presenten mayor actividad serán sometidos a un fraccionamiento por ultrafiltración (usando membranas de corte moleculares de 3 y 5 kDa). Las fracciones obtenidas se les evaluaran las mismas actividades antes mencionadas. Se determinará el patrón electroforético mediante SDS-PAGE a los hidrolizados con mayor actividad y las fracciones peptídicas. Se espera obtener fracciones péptidicas con actividad biológica (anticolesterolémica y antihipertensiva). Debido a la pandemia (Covid-19) se tiene un atraso de 6 meses.

Conclusiones

En esta investigación se puede concluir que el proceso de germinación promueve significativamente la generación del contenido proteico, cenizas, grasa y ELN hasta el día 5 de germinación. En lo que respecta al concentrado proteico obtenido de la harina de semillas germinadas (día 5) se pudo obtener un contenido de proteína de 64.79%, lo que, lo hace factible para la obtención de hidrolizados proteicos que contengan péptidos bioactivos con propiedades biológicas. En los parámetros del color, se pudo observar que la harina germinada (día 5) y el concentrado proteico mostraron buena luminosidad y amarillamiento lo que hace factible el uso de estas muestras en alimentos que requieran de claridad y brillantes.

Agradecimientos

Los autores agradecen al Tecnológico Nacional de México por el financiamiento del proyecto "Efecto del germinado del frijol costeño (*Vigna unguiculata*) en la obtención de hidrolizados proteicos y fracciones peptídicas bioactivas", Clave: 8425.20-P.

Referencias

[1] M. Dávila, E. Sangronis, and M. Granito. "Leguminosas germinadas o fermentadas: alimentos o ingredientes de alimentos funcionales". Archivos Latinoamericanos de Nutrición. Vol. 53 no. 4, pp. 348-354, 2003.

[2] M. F. Díaz, M. A. Martín-Cabrejas, A. González, V. Torres, and A. Noda. "Biotransformación de *Lablab purpureus* durante el proceso de germinación". Revista Cubana de Ciencia Agrícola, Vol. 45, no. 4, pp. 433-438. 2011.

[3] E. W. Simon. "Early events in germination. In D.R. Murray (Ed.), Seed Physiology, Vol. 3: Germination and reserve mobilization". pp. 77–115. Academic Press. New York, NY, USA. 1984.

[4] F. A. Guzmán-Ortiz, M. C. Robles-Ramírez, M. E. Sánchez-Pardo, J. Berrios, and R. Mora-Escobedo. "Effect of germination on bioactive compounds of soybean (*Glycine max*). In: Seeds as functional foods and nutraceuticals". In R. Mora-Escobedo, J.J. Berrios, & L.F. Gutiérrez-López (Eds.), New frontiers in food science (pp. 23–42). New York, NY, USA: Nova Science Publishers Inc. 2014.

[5] F. A. Guzmán-Ortiza, E. San Martín-Martínez, M. E. Valverde, Y. Rodríguez-Azad, J. De J. Berríos, and R. Mora-Escobedo. "Profile analysis and correlation across phenolic compounds, isoflavones and antioxidant capacity during germination of soybeans (*Glycine max* L.)" *CYTA-Journal of Food*. Vol. 15 no. 4, pp. 516-524. 2017.

[6] E. A. Gómez, and M.L. Villamil. "Estandarización de una cámara para germinar soya y el estudio del efecto de la germinación en la composición química". Tesis IBQ. IPN. México, 2002.

[7] M. R. Segura-Campos, L. A. Chel-Guerrero, and D. A. Betancur-Ancona. "Angiotensin-I converting enzyme inhibitory and antioxidant activities of peptide fractions extracted by ultrafiltration of cowpea *Vigna unguiculata* hydrolysates". *Journal of the Science of Food and Agriculture*, Vol. 90, no. 14, pp. 2512-2518. 2010.

[8] C. M. Guerra-Almonacid. W. Murillo, J. J. A. Méndez. "Antioxidant potential use of bioactive peptides derived from mung bean hydrolysates (*Vigna radiata*)". *African Journal of Food Science*. Vol. 11, no. 3, pp. 67-73. 2017.

[9] AOAC, "Association of Official Analytical Chemists, Official Methods of Analysis", 18 th edn (edited by W. Horwitz & G.W. Latimer) Gathersburg, MD, USA: AOAC International. 2012.

[10] I. A. Wani, D. S. Sogi, A. A. Wani, and B. S. Gill. “Physico-chemical and functional properties of flours from Indian kidney bean (*Phaseolus vulgaris* L.) cultivars”. *LWT-Food Science and Technology*, Vol. 53, no. 1, pp. 278-284. 2013.

[11] R. J. Górecki. “Seed Physiology and Biochemistry. In: Carbohydrates in Grain Legume Seeds: Improving Nutritional Quality and Agronomic Characteristics”. Eds. C.L. Hedley, John Innes Centre, Norwich, UK. pp. 117. 2000.

[12] C. M. López-Guerra, and R. Bressani. “Uso del cowpea (*Vigna unguiculata*) en mezclas con fríjol común (*Phaseolus vulgaris*) en el desarrollo de nuevos productos alimenticios”. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*, Vol. 58, no. 1, pp. 71-80. 2008.

[13] E. Sangronis, C. J. Machado, and R. Cava. “Propiedades funcionales de las harinas de leguminosas (*Phaseolus vulgaris* y *Cajanus cajan*) germinadas”. *Interciencia* Vol. 29, no. 2. pp. 80-85. 2004.

[14] Y. A. Marrugo-Ligardo, P. M. Montero-Castillo, and M. Duran-Lengua. “Evaluación Nutricional de Concentrados Proteicos de *Phaseolus lunatus* y *Vigna unguiculata”*. *Información Tecnológica*, Vol. 27, no. 6. pp. 107-114. 2016.

[15] J. Rueda, M. Lobo, and N. Sammán. “Efecto de la germinación y extrusión de granos de quinoa (chenopodium quinoa Willd) sobre la hidrólisis enimática de concentrados proteicos y su actividad antioxidante”. *Centro Interdisciplinario de Investigaciones en Tecnologías y Desarrollo Social pata el Noroeste Argentino*. pp 1-12. Consultado: 15/Agosto/2020. www.indap.gob.cl

[16] G. Praderes, A. García, and E. Pacheco. “Caracterización físico-química y propiedades funcionales de harina de quinchocho (*Cajanus cajan*) obtenida por secado en doble tambor rotatorio”. *Revista de la Facultad de Ingeniería (UCV)*, Vol. 35, no. 2. pp 79-84. 2009.

[17] J. Benítez-Franco, A. Ayala-Aponte, and C. Vargas-Serna, “Cambios de Color de Yacón (Smallanthus sonchifolius) durante el Secado por Ventana de Refractancia”. *Agronomía Colombiana*, vol. 34 no. 1Supl, pp. S994-S997, 2016.

[18] B. Hernández-Santos, J. G. Torruco-Uco, E. Herman-Lara, C.E. Martínez-Sánchez, J. Rodríguez-Miranda. “Uso del residuo desengrasado de semilla de calabaza en la elaboración de espaguetis”. *Journal CIM*. Vol. 6 no. 1. pp. 1115-1121. 2018.

Síntesis de rotores moleculares esteroidales con etisterona y 3,17-diacetato noretisterona como estatores

*P.K. Camarillo Reyes, J. M. Rivera-Villanueva, L.A. Alfonso-Herrera, A. Hernandez, D.J Ramírez Herrera**
Facultad de Ciencias Químicas, Universidad Veracruzana, UV, Prolongación Oriente 6, No. 1009, Colonia Rafael Alvarado, C.P. 94340 Orizaba, Veracruz, México
**quim_herr@yahoo.com.mx*

***Área de participación**: Ingeniería Química*

Resumen

En el siguiente trabajo se analizan las interacciones supramoleculares que determinan las posibilidades de movimiento en rotores moleculares con estatores basados en compuestos esteroidales. Para ello se sintetizo un rotor molecular basado en etisterona; mediante DRX en monocristal y cálculos computacionales se determinaron las posibilidades de dinámica molecular, encontrándose una barrera de rotación cercana a los 120 KJ/mol. Dicha barrera es demasiado grande para permitir la rotación, sin embargo, el análisis de los resultados cristalográficos revela que esta gran barrera de rotación está relacionada a las interacciones supramoleculares causadas por los grupos funcionales unidos a las posiciones 3, 10 y 17 del núcleo esteroidal. Como alternativa para suprimir estas interacciones se decidió sintetizar un nuevo rotor molecular basados en el derivado acetilado de noretisterona, el cual fue caracterizado detalladamente mediante diferentes técnicas espectroscópicas.

***Palabras clave**: rotor molecular, noretisterona diacetato, rotador, estator*

Abstract

In this work is analyzed the role of supramolecular interactions in the dynamic of molecular rotors. For this, it was synthesized a molecular rotor with a stator based on Ethisterone. Using XRD in single crystal and computational calculations was determined the possibilities of dynamic molecular. The rotation barrier was alculated in 120 KJ/mol, which is too large to allow the molecular dynamic. However, the analysis of crystallographic data show that this greater rotation barrier is related with the supramolecular interaction caused by the functional groups attached to the 3, 10 and 17 positions of the steroidal core. Therefore, as alternative to eliminate these interactions were acetylated the position 3 and 17 of norethisterone, which was completely characterized by different spectroscopy methods.

***Key words**: molecular rotor, norethisterone diacetate, rotator, stator.*

Introducción

Los rotores moleculares anfidinámicos son compuestos químicos que en estado cristalino tienen la capacidad de emular la estructura y el comportamiento dinámico de un giroscopio [1], Figura 1. De acuerdo con la terminología propuesta por Michl et al., la parte de la estructura que tiene movimiento se conoce como rotator, mientras que la parte estática se conoce como estator [2]. Debido a que el estator tiene un papel importante en la dinámica de un rotor molecular, se han explorado diferentes tipos de compuestos como estatores: grupos trietilo, [3] triptycenos, [4] MOF´s [5] y esteroides [6-7]. Particularmente, nuestro grupo de investigación está interesado en el estudio de estatores esteroidales debido al gran impedimento estérico que genera su gran tamaño (característica favorable para la dinámica del rotador), su estructura rígida y su química bien conocida [1].

El empaquetamiento cristalino de los compuestos esteroidales está fuertemente influenciado por la formación de enlaces de hidrógeno clásicos y no clásicos (O – H ··· O, C – H ··· O, y C – H ··· π) [8], estas interacciones suelen decidir si el rotator tendrá la capacidad de rotar en el estado sólido [9] y generalmente se analizan mediante DRX en mono cristal [9-10] o métodos computacionales [11]. Si bien, es conocido que las interacciones supramoleculares pueden decidir si un rotor tendrá dinámica molecular en el estado sólido, la alteración de estas interacciones mediante modificaciones químicas en los estatores ha sido poco estudiada.

En este trabajo se analizan las interacciones supramoleculares más influyentes en la barrera de rotación de un rotor molecular basado en etisterona, una vez detectadas las interacciones que limitan la dinámica molecular, se

 ISSN 2007-8102

sintetizo un derivado de etisterona sin los grupos funcionales que conducían al arreglo inadecuado para la dinámica molecular en el estado sólido.

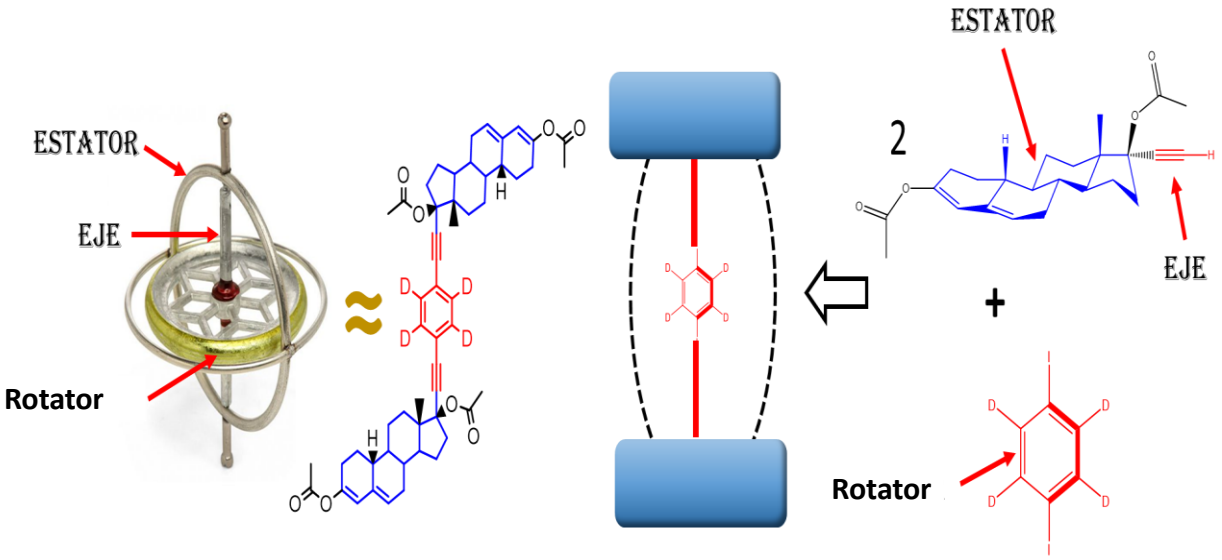


Figura 1. representación de un rotor molecular y comparación con un giroscopio

Metodología

Materiales

Los espectros de RMN de ^{1}H y RMN de ^{13}C se determinaron en los espectrómetros JEOL® Eclipse 270, BRUKER® 300, JEOL® Eclipse 400 y JEOL® ECA 500 utilizando como disolvente cloroformo deuterado. Los desplazamientos químicos (δ) están dados en partes por millón (ppm); las constantes de acoplamiento (J) están expresadas en Hertz (Hz). Para la asignación de las señales se utilizan las siguientes abreviaturas: s= señal simple, d= señal doble, dd= señal doble de dobles, t= señal triple y m= señal múltiple. Los estudios de DRX en monocristal se realizaron utilizando un difractometro Enraf-Nonius Kappa-CCD ($\lambda_{MoK\alpha}$ = 0.71073 Å, graphite monochromator, T = 298 K, CCD rotating images scan mode).

Purificación de productos.

La purificación se realizó por cromatografía en columna utilizando silica gel (malla 70-230) como soporte. El seguimiento de las reacciones y determinación de la pureza de los productos se realizó por cromatografía en capa fina (ccf) utilizando placas de aluminio de 2.0 x 5.0 cm cubiertas con silica gel. Como visualizador se utilizó una lámpara de luz ultravioleta de onda corta (254 nm). Los puntos de fusión se determinaron en un fusiómetro Electrothermal® serie 9200.

Sustancias y disolventes

Los disolventes tetrahidrofurano, diisopropilamina, hexano y acetato de etilo son grado reactivo y fueron secados antes de ser utilizados. Los reactivos $PdCl_2$ (PPh_3) 98%, yoduro de cobre(I) CuI 99.9999%, 1,4-diyodobenceno ($C_6H_4I_2$) 99%, sulfato de sodio anhidro (Na_2SO_4) y cloruro de amonio NH_4Cl,1,4-diyodobenceno deuterado $C_6D_4I_2$ fueron adquiridos de la compañía Sigma-Aldrich.

Síntesis de los rotores moleculares

 ISSN 2007-8102

Para facilitar la discusión los 3 rotores moleculares basados en esteroides presentados se nombran como sigue: Etisterona (1), noretisterona acetilada (2) y noretisterona acetilada deuterada (3)

El procedimiento para la síntesis de los tres rotores es el mismo.

1 mmol del esteroide de interés y 0.05 mmol de 1,4-diyodobenceno fueron disueltos con 25 mL de tetrahidrofurano. A continuación, se agregó 1 mL de trietilamina, 0.063 mmol de dicloro-bis (trifenilfosfina) paladio (II), $PdCl_2(PPh_3)_2$ y 0.1 mmol de yoduro de cobre(I). La mezcla se calentó a reflujo por 8 h. La reacción se detuvo adicionando una solución saturada de cloruro de amonio. Posteriormente se extrajo la capa orgánica con cloruro de metileno. La fase orgánica se secó sobre Na_2SO_4, y el disolvente fue eliminado al vacío. Se obtuvo un polvo blanco que posteriormente se purifico por cromatografía de columna (silica gel) usando hexano:-acetato de etilo (7:3) como eluyente. En la síntesis de (3) se empleó el derivado deuterado de 1,4-diyodobenceno. En la Figura 2, se muestran los compuestos sintetizados.

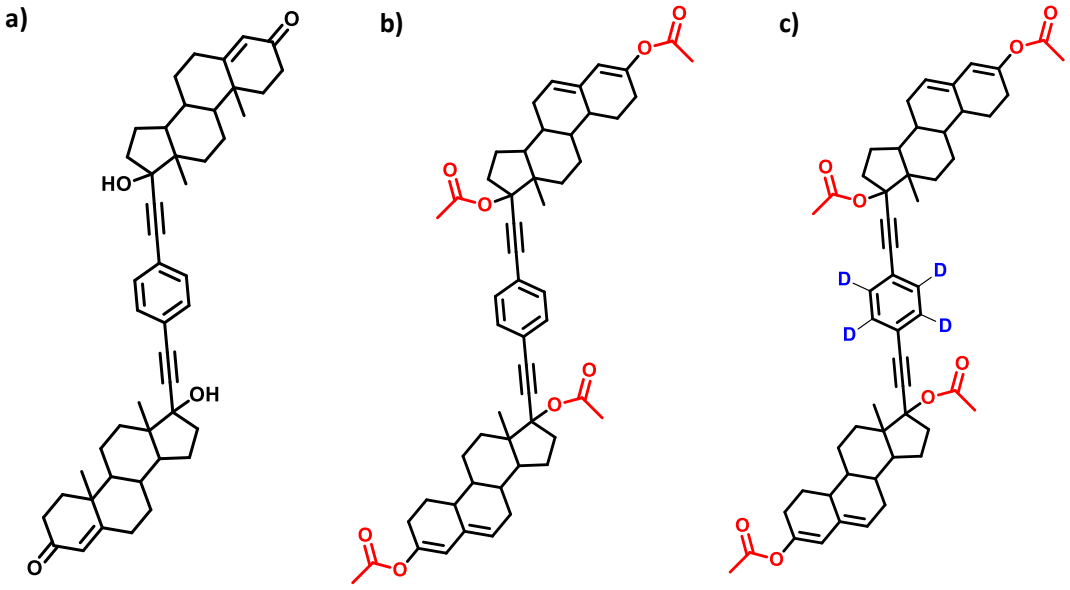


Figura 2. Compuestos a) 1, b) 2 y c) 3

Resultados y discusión

Caracterización y análisis de las interacciones supramoleculares de (1)

En la Figura 3a se presenta la caracterización por RMN ^1H (1). Las señales en aproximadamente 7 ppm son características de los compuestos aromáticos, por lo que su presencia confirma el acoplamiento exitoso de los estatores esteroidales con el rotator.

En la Figura 3b se muestra la caracterización por DRX en monocristal de (1), la interacción supramolecular más importante es un enlace de hidrógeno entre el hidroxilo unido en la posición 17 y la posición 3. Una segunda interacción remarcable es un enlace de hidrógeno débil entre uno de los hidrógenos del anillo aromático y el hidroxilo en la posición 17. Muchas veces, la cercanía de los rotatores puede disminuir las posibilidades de dinámica molecular, sin embargo, en este caso los rotatores se encuentran a una distancia de 7.56 Å, la cual es suficientemente grande para evitar la interacción entre rotatores vecinos.

 ISSN 2007-8102

En la Figura 3c se presenta la energía asociada a la variación del ángulo diedro del rotator calculada a través de métodos DFT. Como puede apreciarse un máximo de aproximadamente 120 KJ/mol se presenta cuando el rotator gira aproximadamente 100°. Este máximo está asociado principalmente a la repulsión estérica causada por la cercanía de los hidrógenos en el rotator con los hidrógenos del grupo metilo en la posición 10, Figura 3d.

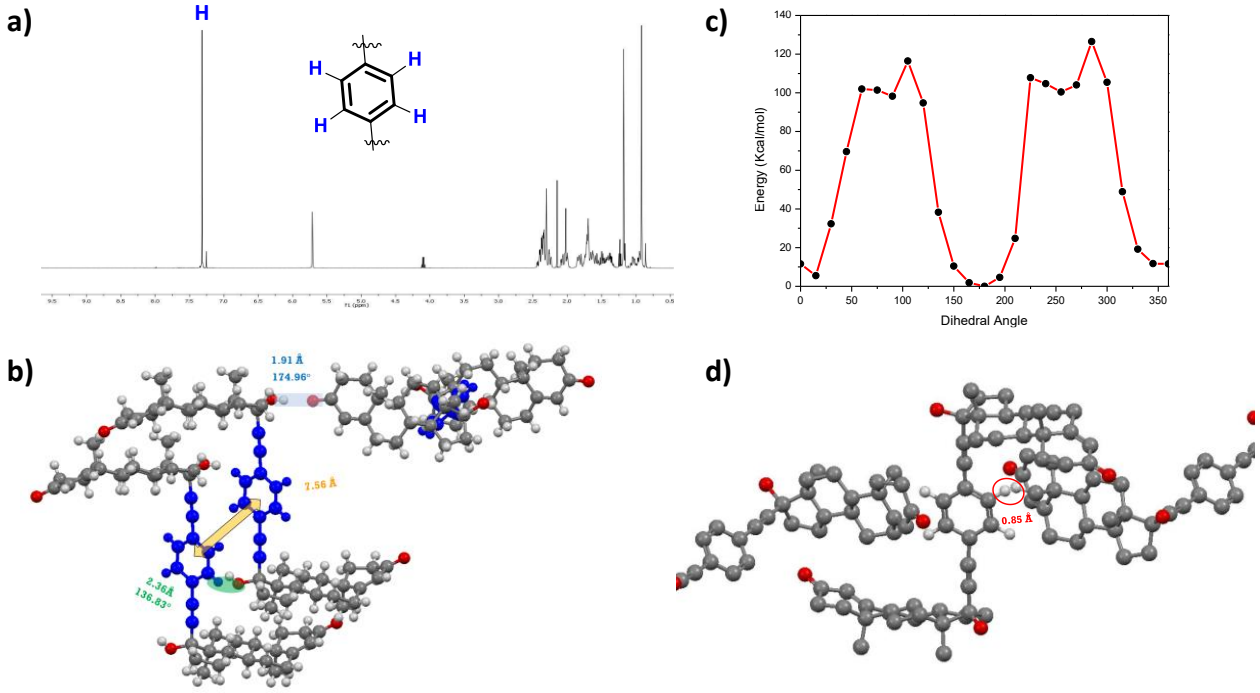


Figura 3. Caracterización de (1) a) ^{1}H RMN b) DRX en monocristal c) Determinación de la energía de rotación d) interacciones supramoleculares asociadas a la energía de rotación

La energía de rotación encontrada es demasiado grande para suponer la dinámica molecular del rotator. Sin embargo, mediante la caracterización por DRX en monocristal se logró determinar cuáles son las interacciones supramoleculares que dan origen a este particular empaquetamiento cristalino que limita la dinámica. Por lo tanto, como estrategia para incrementar las posibilidades de dinámica se propuso modificar las posiciones 17 y 3 mediante la acetilación de estas posiciones. Al mismo tiempo, debido a que la interacción de mayor energía calculada teóricamente está asociada la presencia del sustituyente metilo en la posición 10, se propuso reemplazar el núcleo esteroidal etisterona por noretisterona, en el cual esta posición no se encuentra sustituida. A continuación, se presenta la caracterización espectroscópica de los compuestos propuestos.

Caracterización e interpretación espectroscópica de los rotores moleculares (2) y (3)

Desafortunadamente no se lograron obtener cristales adecuadas para la DRX en monocristal de **(2)**, sin embargo, como alternativa para estudiar la dinámica en estado sólido se propuso la síntesis del derivado deuterado **(3)**, puesto que la RMN en estado sólido de H^2 también es de utilidad para determinar la dinámica molecular.

El compuesto **(2)** mostró en el espectro infrarrojo bandas fuertes en 1758 y 1725 cm^{-1} correspondientes a los grupos carbonilo del 17β-acetato y del 3-acetato-3,5-dieno, respectivamente. El compuesto **(3)** mostró el mismo tipo de banda en 1759 y 1725 cm^{-1}, de acuerdo con lo esperado para los grupos 17β-acetato y del 3-acetato-3,5-dieno. Los datos de espectrometría de masas de alta resolución (HRMS, por sus siglas en inglés) se observaron en valores muy próximos a las masas exactas esperadas de las fórmulas moleculares de los compuestos **(2)** y **(3)**. Estos rotores moleculares se caracterizaron completamente en solución de $CDCl_3$ por RMN de ^{1}H y ^{13}C.

 ISSN 2007-8102

Con los carbonos del anillo central de fenilo etiquetado constantemente para fines de comparación, en el rotor molecular **(2)** Figura 4, en δ_C RMN ^1H (500 MHz, $CDCl_3$): proporciona una sola señal de protón aromático (H-23) en δ = 7.34 ppm lo que confirma la formación de rotores simétricos. Los protones vinílicos fueron asignados H-4 en δ = 5.76 y δ =H-6 en 5.47 ppm, los grupos metilo del 17-COOMe en δ = 2.12, el 3-COOme en δ = 2.05 y el 18 metil en δ = 0.92 ppm. En este compuesto, el grupo acetato en C-17 se desprotege y presenta δ más grandes. Además, H-10 en el compuesto 1 podría ser ubicado con la ayuda del experimento COSY a pesar de la gran superposición con señales correspondientes a los metilos de los grupos acetatos y las del protón 16β.
El rotor molecular **(3)** Figura 4 en δ_C RMN ^1H (500 MHz, $CDCl_3$), no presenta señal aromática debido a que se encuentra deuterado, todas las asignaciones fueron muy similares a las del rotor molecular **(2)**, los protones vinílico H-4 en δ = 5.75 y δ =H-6 en 5.46 ppm, así como los grupos metilo del 17-COOMe en δ = 2.13, el 3-COOme en δ = 2.04 y el 18 metil en δ = 0.92 ppm.

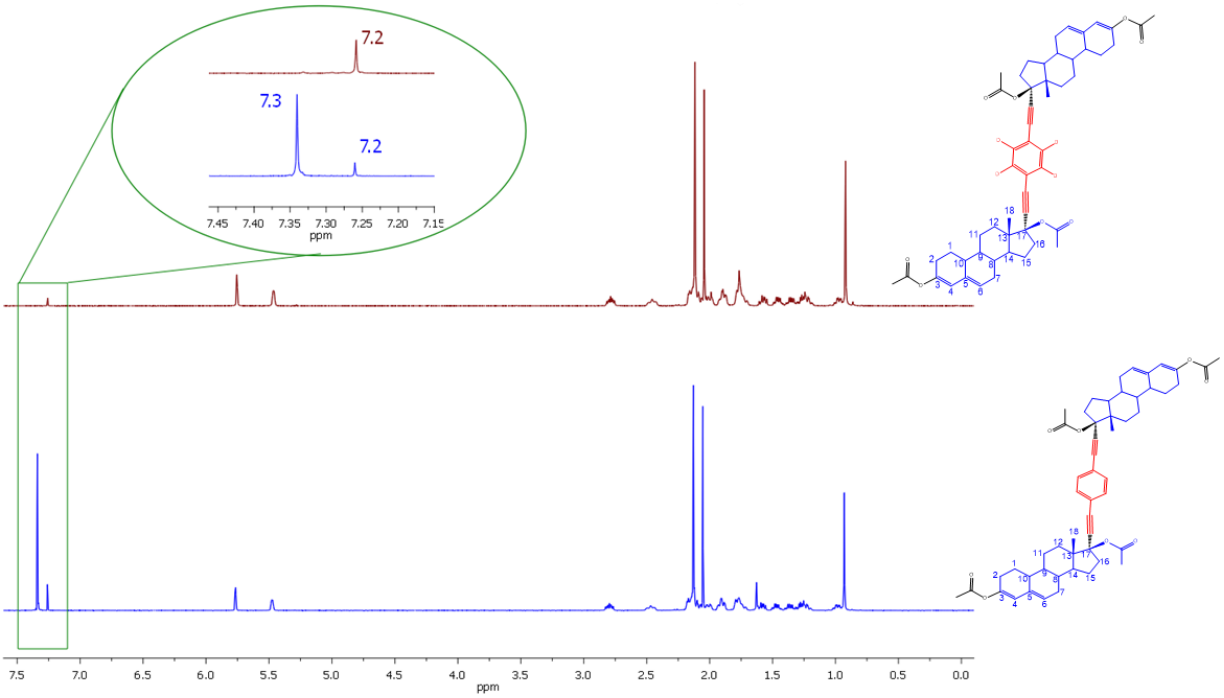


Figura 4. espectros de RMN de ^1H comparación de los rotores simétricos (2) y (3)

La resolución del espectro de ^{13}C RMN para los rotores moleculares **(2)** y **(3)** se presenta en la Figura 5, se encontraron un total de 24 señales promediadas de espejo de carbono, con dos carbonos de metilo en la región alifática fácilmente asignable con la ayuda de una correlación heteronuclear (HETCOR) ^1H–^{13}C, la señal en δ_C = 13.6, para **(2)** δ_C = 13.6 es asignado a C-18 y el otro en δ_C = 21.5 para **(2)** δ_C = 21.6 al acetato metilo. Los carbonos cuaternarios C-3 δ_C = 148.8 para **(2)** δ_C = 148.8 , C-5 δ_C = 134.6 para **(2)** δ_C = 134.6, C-13 δ_C = 48.3 para **(2)** δ_C = 48.3, y C-22 δ_C = 122.8, para **(2)** δ_C = 122.6 , y el del carbonilo del grupo acetato (δ_C = 169.7) para **(2)** δ_C = 169.7, fueron fácilmente asignables, también fue posible identificar el resto de carbonos cuaternarios, C-17 δ_C = 85.2, para **(2)** δ_C = 85.2 Las señales de los carbonos cuaternarios de alquino de C-20 en δ_C = 90.8 para **(2)** δ_C = 90.9, se diferenció la señal de C-21 en δ_C = 86.3, para **(2)** δ_C = 86.3 por la correlación de tres enlaces con H-16α.
La correlación heteronuclear (HETCOR) ^1H–^{13}C, Figura 6, permitió la asignación de las señales del espectro de protón que se pudo corroborar por la correlación con los carbonos a los cuales están unidos. La señal simple de δ 7.34 ppm que corresponde a H-23 correlaciona con la señal de δ 131.6 ppm (C-23), la señal simple de δ 5.76 ppm para H-4, correlaciona con la señal de δ 117.7 ppm (C-4), la señal simple de δ 5.47 ppm para H-6, correlaciona
con la señal de δ 123.8 ppm (C-6) y dos señales simples en δ 2.12 y δ 2.05 ppm de los metilos de los acetatos que correlacionan con las señales en δ 21.6 y δ 21.2 ppm y la señal de 0.92 de metilo 18 que correlaciona con la señal en δ 13.6

 ISSN 2007-8102

Finalmente, en los espectros de los compuestos **(2)** y **(3)**, la única señal aromática en la molécula en δC =131.8 se asignó a C-23, en el compuesto **(3)** que contiene un núcleo deuterado, pues a diferencia del rotor (1) no se observa una señal característica debida a los cuatro protones equivalentes del anillo, también se confirma por la señal triple en el espectro de RMN 13C en 131.45, 131.125 y 131.05 ppm correspondiente a la interacción del 13C-D con J C-D = 25.0 Hz, esta señal fue muy distinta del resto del esteroide, lo que sugiere que podría ser adecuado para examinar estos rotores moleculares **(2)** y **(3)** con de estado sólido de alta resolución CPMAS 13C NMR.

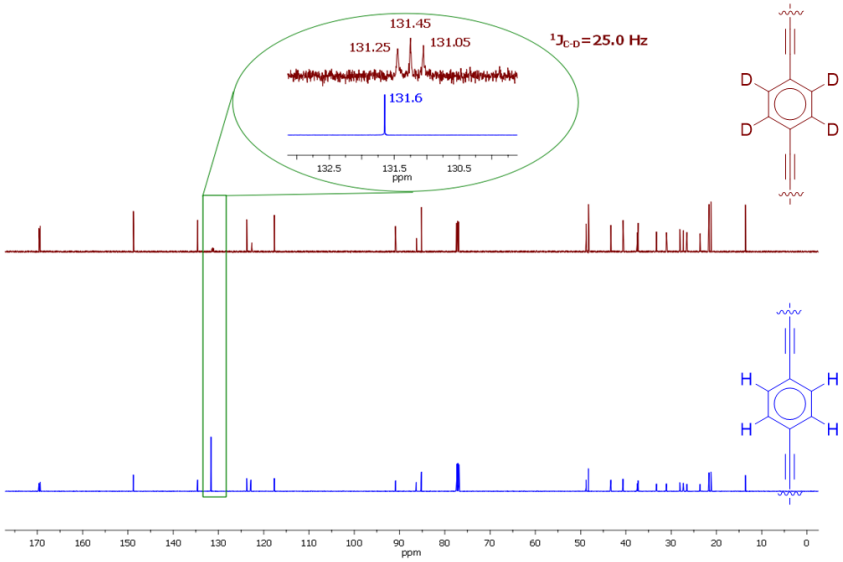


Figura 5. Espectros de RMN de ^{13}C comparación de los rotores simétricos (2) y (3)

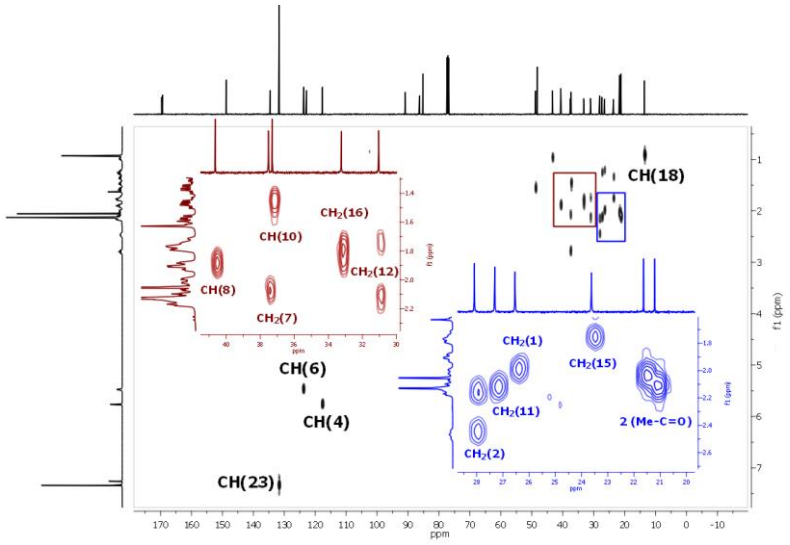


Figura 6. Espectro HETCOR ^{1}H–^{13}C del rotor molecular simétrico (2)

Trabajo a futuro

El compuesto **(3)** se analizará por ^{13}C CPMAS RMN y ^{2}H NMR en estado sólido para determinar si las modificaciones químicas tuvieron éxito en incrementar la dinámica molecular en estado sólido.

Conclusiones

Mediante cálculos computacionales se encontró que la barrera de rotación en compuestos esteroidales basados en etisterona es demasiado grande para permitir la dinámica molecular. Sin embargo, el análisis de los resultados computacionales y experimentales revelo que la limitación de la dinámica molecular está asociada a las interacciones causadas por los grupos funcionales en las posiciones 3, 10 y 17. Mediante la selección de un nuevo núcleo esteroidal y modificaciones químicas se sintetizo un compuesto alternativo sin la capacidad de formar estas interacciones. Con el fin de estudiar el efecto de las modificaciones químicas en el estado sólido también se sintetizo el derivado deuterado del compuesto anterior. Ambos compuestos fueron caracterizados completamente por diferentes técnicas espectroscópicas, confirmando su síntesis exitosa.

Referencias

[1] B. Rodríguez-Molina, S. Pérez-Estrada, and M. A. Garcia-Garibay “Amphidynamic Crystals of a Steroidal Bicyclo[2.2.2]octane Rotor: A High Symmetry Group That Rotates Faster than Smaller Methyl and Methoxy Groups”. *Journal of American Chemical Society*. Vol. 135, pp 10388−10395, 2013

[2] G. S. Kottas, L. I. Clarke and D. M. Horinek, “Artificial Molecular rotors” *Journal of chemical review*s. Vol. 105, no 4, pp 1281-1376, 2005.

[3] T.A. Khuong, G. Zepeda, R. Ruiz, S. I. Khan, and M.A. Garcia Garibay, ‘‘Molecular Compasses and Gyroscopes: Engineering Molecular Crystals with Fast Internal Rotation” *Crystal Growth and Desing*., Vol. 4, no 1, pp 15–18, 2004

[4] C. E. Godínez and M. A. Garcia Garibay, “Molecular Crystals with Moving Parts: Synthesis, Characterization, and Crystal Packing of Molecular Gyroscopes with Methyl-Substituted Triptycyl Frames” *Journal of Organic Chemistry*. Vol. 69, no 5, pp 1652-1662, 2004.

[5] S. L. Gould, D. Tranchemontagne, O. M. Yaghi and M. A. Garcia-Garibay, “Amphidynamic Character of Crystalline MOF-5: Rotational Dynamics of Terephthalate Phenylenes in a Free-Volume, Sterically Unhindered Environment” *Journal of the American Chemical Society,* Vol. 130, no 11, pp 3246-3247, 2008.

[6] D. Czajkowska Szczykowska, B. Rodríguez Molina, N.E. Magaña Vergara, R. Santillan, J. W. Morzycki and M. A. Garcia Garibay, “Macrocyclic Molecular Rotors with Bridged Steroidal Frameworks” *Journal of Organic Chemistry,* Vol. 77, no 22, pp 9970−9978, 2012.

[7] D. Czajkowska Szczykowska, I. Jastrzebska, R. Santillan and J. W. Morzycki, “The synthesis of disteroidal macrocyclic molecular rotors by an RCM approach”, *Tetrahedron*, Vol 70, no 49, 9427-9435, 2014.

[8] M. Ochoa, E. A. Aguilar-Granda, P.I. Ramirez-Montes, V. Barba, Y. López, R. Santillan, and N. Farfán, “Designed synthesis of “L” shaped 17-halo-aryl-ethynyl” *Steroids, Cryst Eng Comm,* Vol. 18, no 18, pp 6830-6840. 2016

[9] N. Aguilar-Valdez, M. Maldonado-Domínguez, R. Arcos-Ramos, M. Romero Ávila, R. Santillan and N. Farfán, “Synthesis of steroidal molecular compasses: exploration of the controlled assembly of solid organic materials”, *Cryst Eng Comm*, Vol 19, no 13, pp 1771-1777, 2017

[10] B. Rodríguez Molina, A. Pozos, R. Cruz, M. Romero, B. Flores, N. Farfán, R. Santillan, and M.A. García Garibay, “Synthesis and solid state characterization of molecular rotors with steroidal stators: ethisterone and norethisterone” *Organic and Biomolecular Chemistry*, Vol 8, no 13, pp 2993-3000, 2010

[11] M. C. Mayorquín Torres, A. Colin Molina, S. Pérez-Estrada, A. Galano, B. Rodríguez Molina, and M. A. Iglesias-Arteaga, “Synthesis, Characterization, and Solid State Dynamic Studies of a Hydrogen Bond-Hindered Steroidal Molecular Rotor with a Flexible Axis”, *Journal of Organic Chemistry*, Vol 83, no 7, pp 3768-3779, 2018.

Aromatización de etisterona a temperatura ambiente mediante catálisis heterogénea

D.J Ramírez Herrera[*], A. Jerónimo Flores, L.A. Alfonso Herrera, J.M. Rivera Villanueva. R. Peña Rodríguez.
Facultad de Ciencias Químicas, Universidad Veracruzana, UV, Prolongación Oriente 6, No. 1009, Colonia Rafael Alvarado, C.P. 94340 Orizaba, Veracruz, México
**Quim_herr@yahoo.com.mx*
***Área de participación**: Ingeniería Química*

Resumen

En este trabajo se desarrolló una metodología de catálisis heterogénea para la aromatización a temperatura ambiente de etisterona, para ello se utilizó amberlita 252 como catalizador ácido, las principales ventajas sobre la síntesis convencional son la disminución de la temperatura de reacción, el uso de compuestos de menor toxicidad y la fácil separación del catalizador de la reacción. La síntesis del compuesto fue confirmada por RMN ^{1}H, espectroscopia de FT-IR y DRX. El bajo costo del catalizador y su excelente actividad lo convierten en una opción adecuada para su empleo a escala industrial.

***Palabras clave**: Etisterona, amberlita 252, catálisis heterogénea*

Abstract

In this work is development a methodology of heterogeneous catalysis for the aromatization of Ethisterone at room temperature, for it was employed amberlite 252 as an acid catalyst, the principal advantages over the conventional synthesis are the decreasing of the temperature of reaction, the use of compounds with low toxicity and the easy separation of the catalyst from the reaction. The synthesis of the compound was confirmed by NMR, spectroscopy of FT-IR and XRD. The low cost of the catalyst and its excellent performance convert it in a suitable option for its use in an industrial scale.

***Key words**: Ethisterone, amberlite 252, heterogeneous catalysis.*

Introducción

En la actualidad el uso de la catálisis es fundamental para satisfacer las demandas de la sociedad, en este contexto, la catálisis heterogénea surge como una poderosa herramienta ya que presenta grandes ventajas como la disminución de los costos ambientales y económicos asociados a la separación del catalizador del medio de reacción, [1] muchos procesos industriales han sido mejorados por esta vía, por ejemplo: la síntesis de amoniaco, la oxidación de etileno, el cracking y la metástasis de alquenos [2]. Históricamente, la industria farmacéutica ha estado interesada en los compuestos esteroidales que pueden ser aislados de animales [3] o plantas [4] y usualmente presentan una importante actividad biológica [5]. Debido a ello, múltiples metodologías de catálisis heterogenia han sido desarrolladas con el fin de mejorar su síntesis, por ejemplo, en 2013 Shamsuzzaman et al., emplearon nanopartículas de ZnO para la síntesis de pirazolinas esteroidales [6], Gertosio et al., utilizaron catalizadores basados en SiO_2 para la hidrogenación diasteroselesctiva de compuestos esteroidales [7] y Salvador et al., emplearon acetato de cobalto para la oxidación de esteroides insaturados [8] en todos los trabajos mencionados se observaron las grandes ventajas de la catálisis heterogénea.

Motivados por los resultados presentados en trabajos previos, nuestro grupo de investigación decidió mejorar la reacción de aromatización de etisterona mediante el uso de una metodología de catálisis heterogénea, la síntesis original fue reportada en 1993 por Vincze et al. [9] y presenta grandes inconvenientes como el uso de reactivos tóxicos y temperaturas superiores a los 100°C. La importancia de explorar el mejoramiento de esta síntesis reside en que la etisterona y sus derivados usualmente presentan actividades biológicas muy relevantes [10].

 ISSN 2007-8102

En este trabajo se presenta el mejoramiento de la reacción de aromatización de etisterona mediante el empleo de catálisis heterogénea, para ello se utilizó la resina catiónica amberlita 252, a pesar de que la actividad catalítica de algunos compuestos análogos es bien conocida [11-12] la de este material no ha sido reportada previamente.

Metodología

Materiales

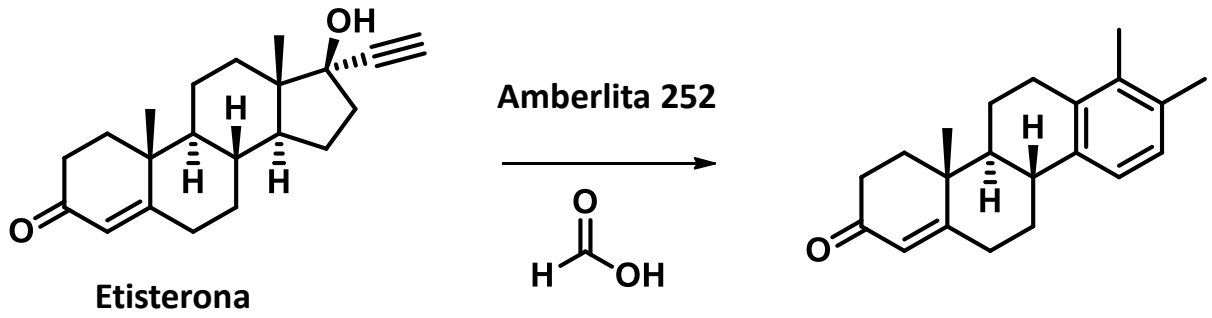
Se utilizaron: etisterona, amberlita 252 (catalizador heterogéneo), ácido sulfúrico y ácido fórmico

Activación de la resina amberlita 252

750 mg de la resina fueron pesados y colocados en un matraz Erlenmeyer, posteriormente se agregaron 3 ml de una solución de ácido sulfúrico al 25% en anhídrido acético, la mezcla fue agitada 45 minutos y posteriormente filtrada. La resina fue lavada 5 veces con 1 ml de anhídrido acético cada vez.

Síntesis del derivado D-homo de etisterona

La reacción general es presentada en el esquema 1, en un experimento típico 3 g de etisterona fueron disueltos en un matraz balón utilizando 20 ml de ácido fórmico, posteriormente 0.5 g de la resina fueron agregados, la mezcla de reacción fue agitada 2 horas a temperatura ambiente, el avance de la reacción fue seguido por cromatografía en capa fina (Hex/AcO 7:3) , una vez finalizado el tiempo, la reacción fue precipitada en 100 ml de agua destilada fría a pH de 7, el producto fue purificado por columna y secado a 60°C, posteriormente se analizado por FT-IR, DRX y RMN.



Esquema 1) ***reacción de aromatización de etisterona***

Instrumental

La determinación de los grupos funcionales fue llevada a cabo utilizando un espectrómetro Perkin Elmer**,** modelo Spectrum 100, con un rango de 4000 a 400 cm^{-1}, la caracterización por RMN fue llevada a cabo en un equipo de 500 MHz utilizando cloroformo deuterado como solvente. La determinación de la estructura cristalina fue llevada a cabo en un difractómetro Nonius Kappa CCD.

Resultados y discusión

Con el fin de facilitar la discusión el derivado D-homo de estisterona será llamado **(2)**

 ISSN 2007-8102

Como se mencionó anteriormente, la aromatización original de esteroides reportada en 1993 por Vincze et al. presenta varias desventajas [9], algunas de ellas son el empleo de reactivos peligrosos como: tolueno, 2,4-lutidine y oxicloruro de fosforo, cuya toxicidad y riesgos operativos han sido demostrados [13-15], en contraste en la síntesis presentada en este trabajo no se requiere el uso de ninguno de estos reactivos, en su lugar se emplea amberlita 252 de la cual no se ha encontrado ningún estudio que demuestre su toxicidad. Además del uso de reactivos tóxicos, una segunda desventaja que presenta la síntesis original es la alta temperatura de reacción, 100°C, la cual gracias al catalizador amberlita 252 pudo ser abatida hasta 25°C. Una tercera ventaja de la síntesis desarrollada por nuestro grupo de investigación es la fácil separación del catalizador de la reacción, característica propia de un catalizador heterogéneo. En cuestión del rendimiento, no se apreciaron diferencias significativas, ya que en la síntesis original se reportó un 61 %, mientras que al usar amberlita 252 el rendimiento determinado fue 57%.

Espectroscopia de FT-IR

A través de FT-IR puede ser confirmada de manera rápida la síntesis exitosa del derivado aromático D-homo de etisterona, en la Figura 1 es presentada una comparación entre el espectro FT-IR de etisterona y **(2),** en el espectro del precursor se observan dos importantes bandas en 3403.52 y 3258.57 cm^{-1} las cuales son atribuidas a la vibración de los enlaces O-H y C-H sp, respectivamente. Por otro lado, en el espectro de **(2)** no es posible observar ninguna de estas bandas, lo cual es un claro indicio de que la reacción fue llevada a cabo exitosamente. El resto de bandas importantes, como la de la cetona en 1500 cm^{-1} no presentan cambios significativos, indicando que no ocurrió ningún cambio adicional en la molécula.

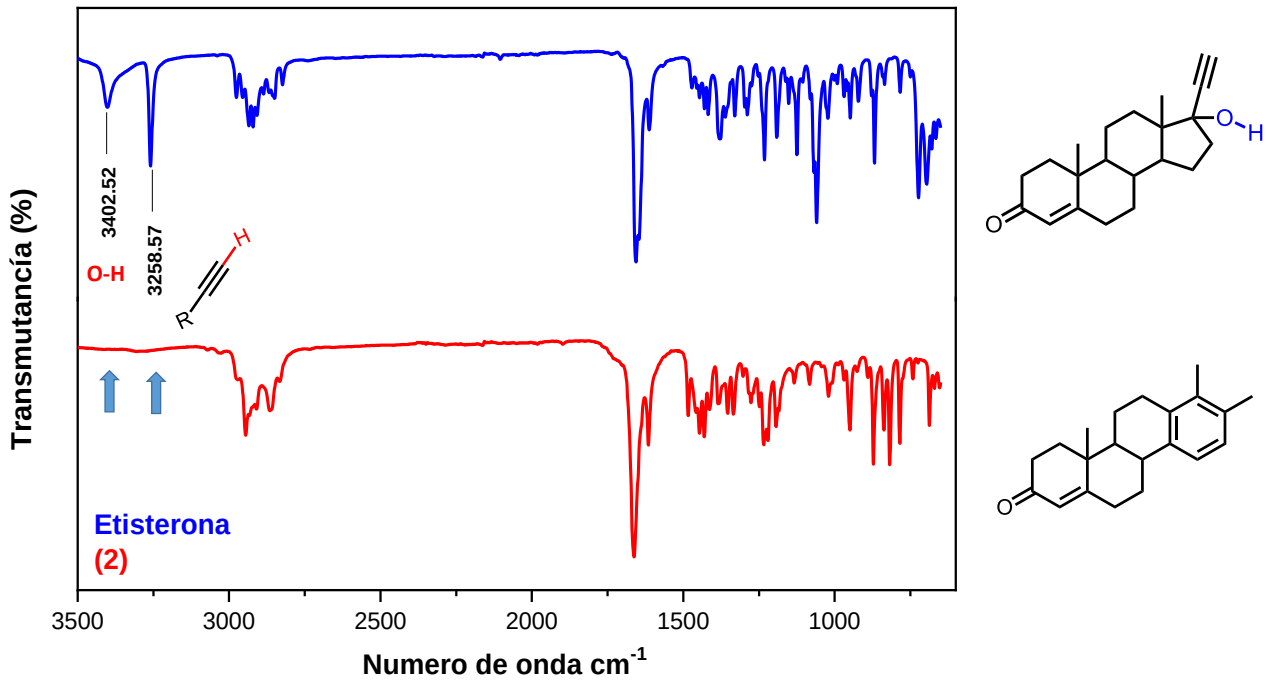


Figura 1. Comparación de los espectros FT-IR de etisterona (precursor) y (2)

 ISSN 2007-8102

Espectroscopia de RMN ^{1}H y ^{13}C

A través de esta metodología se llevó a cabo una caracterización estructural más detallado de **(2).** En la Figura 2 es presentado el espectro de ^{1}H del producto obtenido, en 2.6 y 2.13 pueden observarse dos singuletes atribuidos a los protones unidos a los grupos metilos en el anillo aromático. Una segunda evidencia importante de la que reacción fue llevada a cabo exitosamente es la presencia de los dobletes en 7.12 y 7.02 ppm que corresponden a los protones aromáticos acoplados entre sí. En el caso de ^{13}C, Figura 3, pueden observarse 6 señales en la región aromática lo cual es un claro indicio de que la síntesis fue llevada a cabo con éxito. La presencia de los picos en 200 y 170 ppm atribuidos al carbonilo y el doble enlace son un indicativo de que no ocurrieron cambios adicionales en la estructura de la materia prima.

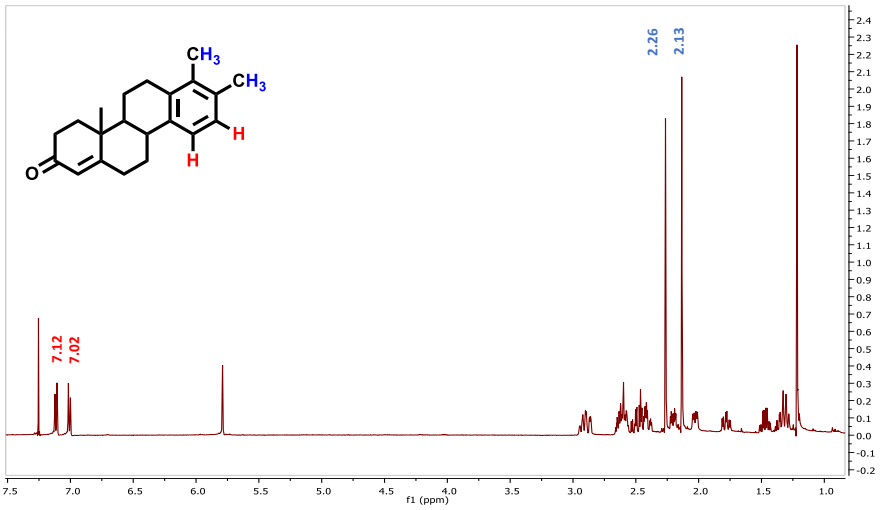


Figura 2. caracterización por ^{1}H de (2)

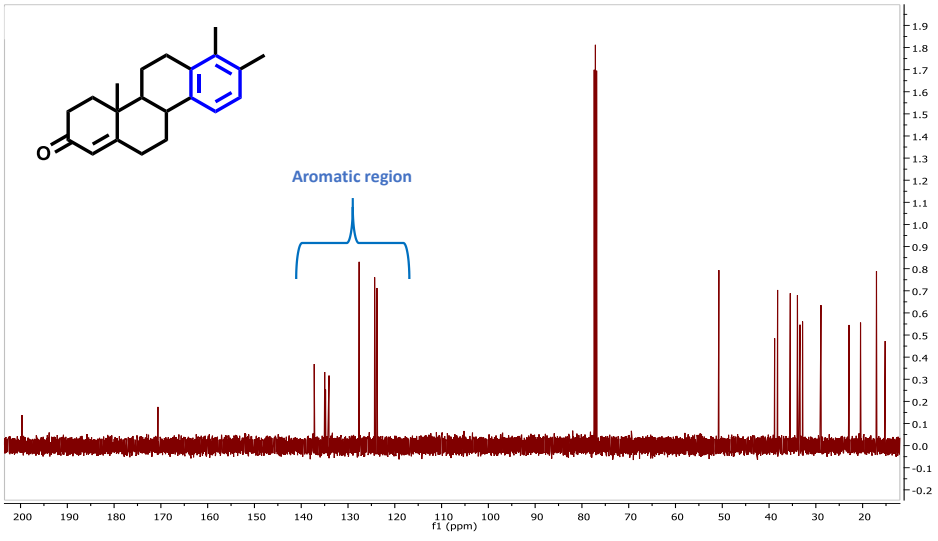


Figura 3. caracterización por ^{13}C de (2)

 ISSN 2007-8102

Caracterización por difracción de rayos X (DRX)

Se obtuvieron cristales adecuados para su caracterización por DRX, la estructura y empaquetamiento cristalino del producto es presentado en la Figura 4, si bien esta síntesis había sido reportada desde 1993 así como toda la caracterización por RMN del producto, este es el primer reporte de la estructura cristalina.

Un fenómeno interesante puede ser explicado mediante el análisis supramolecular de la estructura cristalina del producto y la materia prima. El punto de fusión de la etisterona es considerablemente mayor que el de **(2),** 278°C vs 140°C, en la figura 5a se puede observar las interacciones supramoleculares más importantes que dominan el empaquetamiento cristalino de **(2),** como se aprecia estas son dos enlaces de hidrógeno, el primero de ellos entre un hidrogeno unido al anillo aromático (donador) y la cetona unida al carbono 3 (aceptor), la segunda interacción importante que se observa es un enlace de hidrógeno entre un hidrógeno vinílico (donador) y la nube aromática de un segundo compuesto (aceptor), sin embargo los valores de ángulos y distancias de estas interacciones se alejan considerablemente de los reportados para un enlace de hidrógeno ideal (180° y 2 A) [16], sugiriendo que se trata de interacciones débiles. En comparación, la interacción que domina el empaquetamiento cristalino de la materia prima es un enlace de hidrógeno entre el hidroxilo de la posición 17 y la cetona de la posición 3, Figura 5b, esta interacción presenta un valor de ángulo y distancia mucho más cercano al de un enlace de hidrógeno ideal, indicando que esta es una interacción más fuerte que a su vez se traduce en un punto de fusión más elevado.

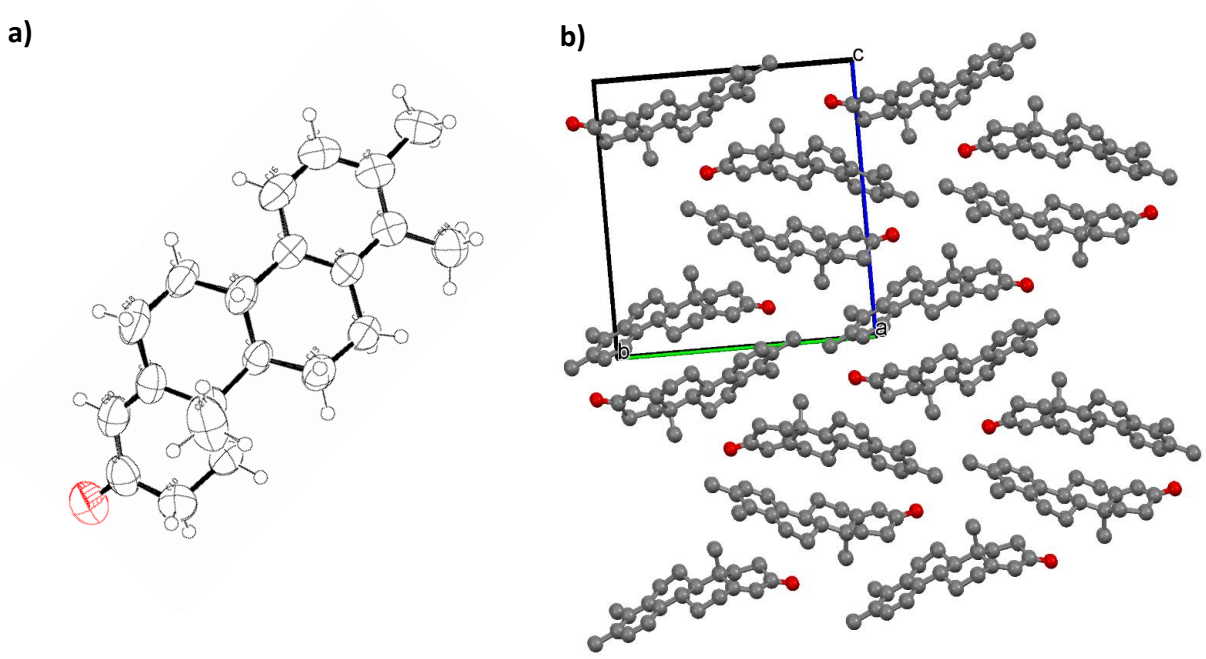


Figura 4. a) estructurara y b) empaquetamiento cristalino del derivado D-homo aromático de la etisterona

 ISSN 2007-8102

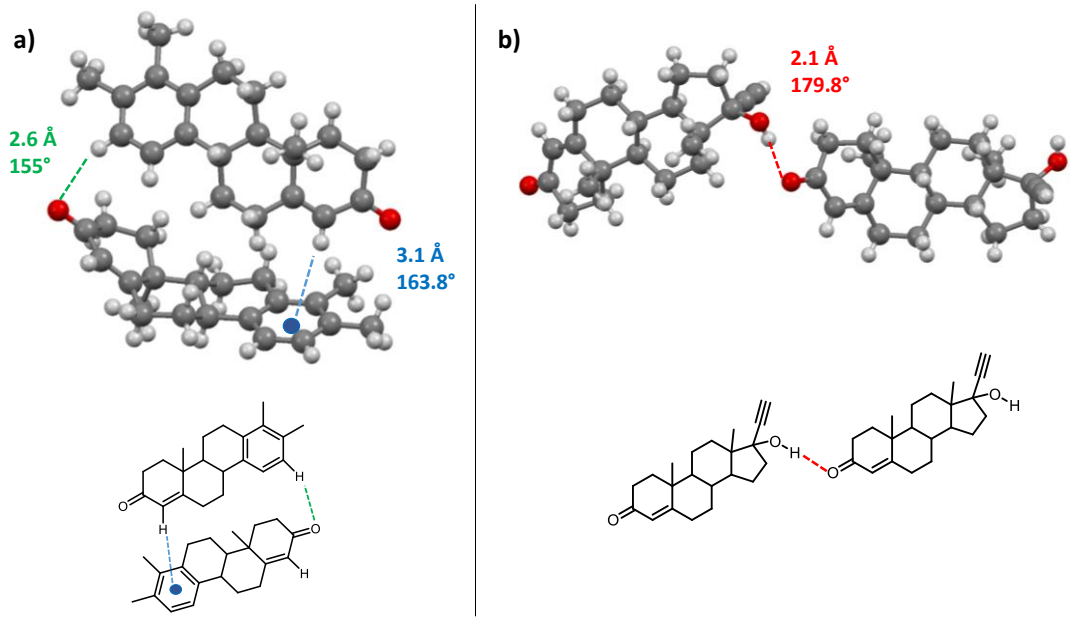


Figura 5. interacciones supramoleculares más importantes de a) Derivado D-homo y b) etisterona

Mecanismo de reacción

En la Figura 6 se presenta el mecanismo de reacción sugerido en la literatura [9] para la aromatización de la etisterona a través de catálisis ácida. Es importante considerar este mecanismo para entender la razón por la cual el catalizador ácido amberlita 252 tiene la capacidad de disminuir la temperatura a la cual se lleva a cabo la reacción. amberlita 252 es un polivinilo sulfonado cuya estructura simplificada se presenta en la Figura 6a, en la estructura del polímero los grupos sulfonilo se encuentran en forma de sal, sin embargo, cuando son sometidos a un tratamiento acido, estos grupos son protonados.

Una vez que los grupos sulfononilo se encuentran protonados, adquieren la capacidad de actuar como catalizadores ácido heterogéneo para promover la aromatización de la etisterona, el mecanismo de esta reacción se presenta en la Figura 6b, dicho mecanismo supone la protonación del grupo hidroxilo en la posición 17, la posterior perdida de agua y múltiples re-arreglos de enlaces sigma y pi.

La velocidad de una reacción es dependiente de los estados de transición implicados en ella, los cuales a su vez están relacionados con la energía de los intermediarios de reacción, cuanto mayor sea la estabilidad de estos intermediarios menor será la energía de activación de la reacción y por tanto la cinética más favorable. La carga aniónica de la resina desprotonada tiene la facultad de estabilizar los intermediarios catiónicos de la reacción, disminuyendo así la energía de estos intermediarios y por lo tanto la temperatura de la reacción, tal como se muestra en la Figura 6c.

Si bien los iones formeato de la síntesis original también tienen la facultad de estabilizar los cationes intermediarios, es importante recordar que el Pka del ácido fórmico es considerablemente mayor que el de HSO_3 (3.74 Vs 1.81), lo que significa que una mayor cantidad de aniones SO_3^- se encontraran disponibles en el medio de reacción para estabilizar los intermediarios, en comparación con lo que se observaría al usar ácido fórmico como catalizador.

 ISSN 2007-8102

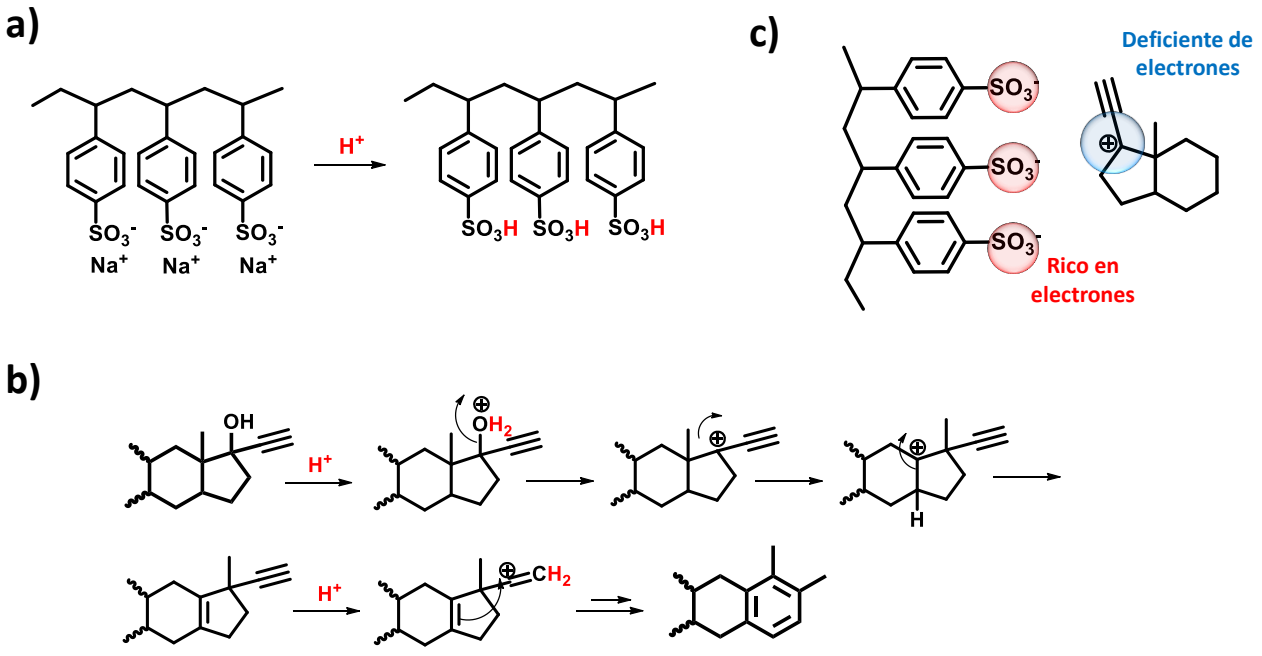


Figura 6. a) Estructura y activación de amberlita 252 b) mecanismo de aromatización de la etisterona c) estabilización de los intermediarios catiónicos de la reacción por parte de los grupos SO_3^- de la resina.

Trabajo a futuro

Como perspectiva, en un futuro se explorará la aromatización de otros esteroides como el etinil estradiol empleando amberlita 252 como catalizador, además se estudiará la actividad catalítica de amberlita 252 en otro tipo de reacciones.

Conclusiones

Se desarrolló una metodología efectiva para la aromatización de etisterona a temperatura ambiente mediante el empleo de amberita 252 como catalizador ácido heterogéneo. Se identificaron 3 ventajas importantes sobre la síntesis original: el abatimiento de la temperatura de reacción, el empleo de reactivos de menor toxicidad y la fácil separación del catalizador de la reacción. La síntesis fue confirmada por RMN, FT-IR y DRX.

Referencias

1. P. Loscha, W. Huanga, E.D. Goodmana, C. J. Wrasmana, A. Holma, A.R. Riscoea, J.A. Schwalbea and M. Cargnello, *"Colloidal nanocrystals for heterogeneous catalysis"* Nano today, Vol 25, pp. 15-47, 2019.
2. J. C. Védrine, "Fundamentals of heterogeneous catalysis"., in: *Elsevier, J.C. Védrine (eds) Paris*, pp 1-41. (2018)
3. Y.L. Xu, J. LV, W.F. Wang, Y. Liu, Y.J. Xu and T.H. Xu, "New steroidal alkaloid and furostanol glycosides isolated from Solanum lyratum with cytotoxicity", *Chinese Journal of Natural Medicines*. Vol. 16, no. 7, pp. 499-504, 2018.
4. Y.L. Song, C.P. Tian, Y. Wu, L.H Jiang and L.Q. Shen, "Design, synthesis and antitumor activity of steroidal pyridine derivatives based on molecular docking", *Steroids,* Vol. 143 pp. 53-61, 2019.

5. Z. Tuba, C.W. Bardin, A. Dancsi, E. Francsics-Czinege, C. Molnar and G. Falkay, “Synthesis and biological activity of a new progestogen, 16-methylene-17- hydroxy-18-methyl-19-norpregn-4-ene-3, 20-dione acetate*”, Steroids* Vol. 65, No. 5, pp 266–274, 2000.
6. A. Shamsuzzaman, H. Khanam and R. N. Aljawfi. “Biological synthesis of ZnO nanoparticles using C. albicans and studying their catalytic performance in the synthesis of steroidal pyrazolines” *Arabian Journal of Chemistry,* Vol. 10, pp. S1530–S1536, 2017.
7. V. Gertosio, C.C. Santini, J.M. Basset, F. Bayard, J. Buendia and M. Vivat, “Heterogeneous chemo-, regio- and diastereoselective hydrogenation of steroidic alpha-diketone” *Journal of Molecular Catalysis A: Chemical*, Vol.142, No. 2 pp. 141–145, 1999.
8. J.A. Salvador and J.H. Clark, “The allylic oxidation of unsaturated steroids by tert-butyl hydroperoxide using homogeneous and heterogeneous cobalt acetate” *Chemical Communications* Vol. 0, pp. 33–34, 2001.
9. I. Vincze, M. LbkGs, T. Bakes, A. Dancsi and M. MaikS, “Investigations on the dehydration of 17 α ethynyl β -17 hydroxysteroids” *Steroids*, Vol- 58, no. 5 pp. 220-224, 1993.
10. K. B. Mishra, B.B. Mishra, and V.K. Tiwari, “Efficient synthesis of ethisterone glycoconjugate via bis-triazole linkage” *Carbohydrate Research* Vol. 399, pp. 2-7, 2014.
11. P. E. Hoggard, and A. Maldotti, “Catalysis of the photodecomposition of carbon tetrachloride in ethanol by an Amberlite anion exchange resin”, *Journal of Catalysis* Vol. 275, no. 2, pp. 243-249, 2010.
12. M.R Muthukur Bhojegowd, A. Nizam, and M.A. Pash, “Amberlite IR-120: A Reusable Catalyst for N-Formylation of Amines with Formic Acid Using Microwaves” *Chinese Journal of Catalysis*, Vol. 31, no. 5 pp. 518-520, 2010.
13. T.D. Pham and B.K. Lee “Selective removal of polar VOCs by novel photocatalytic activity of metals co-doped TiO_2/PU under visible light” *Chemical Engineering Journal*, Vol. 307, pp. 63-73, 2017.
14. National Center for Biotechnology Information. PubChem Database. 2,4-Dimethylpyridine, CID=7936, https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/7936 (accessed on Apr. 28, 2019)
15. H. Jung, J. Kang, H. Chun and B. Han “first principles computational study on hydrolysis of hazardous chemicals phosphorus trichloride and oxychloride (PCl_3 and $POCl_3$) catalyzed by molecular water clusters”, *Journal of Hazardous Materials*, Vol. 341, pp. 457– 463, 2018.
16. A. Lucas, P. Cañizares, J. F. Rodríguez, and I. Gracia “Potassium removal from water-methanol-polyol mixtures by ion exchange on Amberlite 252” *Chemical Engineering Journal*, Vol. 66 pp. 137-147, 1997.

Análisis electrofisiológico del *Agave angustifolia* Haw

*C. F. Varapizuela-Sánchez[1], A. D. Pérez-Santiago[1], M. A. Sánchez-Medina[1], C. López-León[*1]*
[1]Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Oaxaca Av. Víctor Bravo Ahuja No. 125, Esq. Calz. Tecnológico de Oaxaca, Oaxaca Oax, México. CP 68030.
**phdslopez@gmail.com*
***Área de participación**: Ingeniería Química*

Resumen
La electrofisiología de las plantas estudia los fenómenos electroquímicos asociados a los estímulos recibidos en las plantas por su medio. Esto incluye mediciones electroquímicas tanto de corriente y potencial como respuesta a cambios en su medio, como por ejemplo: contaminantes, fertilizantes, humedad en el ambiente y cambios de temperatura. El objetivo de este estudio fue establecer una técnica confiable que permita detectar las diferentes señales generadas por los agaves ante este tipo de estímulos. Se utilizaron electrodos de Ag, Au, y Pt, y se analizaron en total 6 plantas al azar de una población de 50 provenientes de la región valle del estado Oaxaca. En los resultados se encontró que el sistema proporcionaba resultados más confiables al utilizar dos electrodos de Pt y uno de Ag después de 15 min de estabilización. Estos resultados proporcionan pruebas para un estudio más amplio de la electrofisiología del *Agave angustofilia* Haw.

Palabras clave: *Agave angustifolia* Haw, electrofisiología, electroquímica.

Abstract
The electrophysiology of plants studies the electrochemical phenomena associated with the stimuli received in plants by their means. This includes electrochemical measurements of both current and potential and response to changes in their environment, such as: pollutants, fertilizers, humidity in the environment and changes in temperature. The objective of this study is to establish a reliable technique that allows us to detect the different signals generated by the agaves before this type of stimuli. A total of 6 plants were analyzed from a population of 50 from the valley region of the state of Oaxaca and collected in the year 2018. Results in the different agaves used showed that when using different electrodes of Ag, Au, and Pt, the system showed more reliable results when a system comprised mainly of two electrodes of Pt and one of Ag after 15 minutes of stabilization of the system was used principally. These results open the door to a broader study of the electrophysiology of Agave angustifolia *Haw.*

***Key words:** Agave angustifolia* Haw, electrophysiology, electrochemistry.

Introducción
Una parte fundamental de los organismos está relacionada con la continua acumulación de la información del medio en el que se encuentran y dependiendo de ella, optimizarán los recursos con el fin de mejorar sus procesos para mostrar un buen desempeño de sus acciones dentro de estos nuevos medios [1]. En este contexto, las plantas son excitadas por el medio que las rodea, generando señales eléctricas que pueden ser detectadas (semejantes a las del sistema nervioso en el cuerpo humano) [2]. Estudiando el tipo de intensidad de las señales eléctricas que se llevan a cabo en las células de las plantas es posible determinar los efectos que tiene el medio sobre ellas (estrés por falta de agua, déficit de irrigación, ciclos de luz y daños en su estructura, etc.) [3, 4]].

El agave es una planta perenne conocida comúnmente como maguey, posee hojas alargadas y suculentas dispuestas en espiral sobre un tallo corto, formando una roseta. México es el centro de origen y diversidad natural del género *Agave* y cuenta con 150 de las más de 200 especies que existen, distribuidas principalmente en ecosistemas áridos [5, 6]. Su importancia ecológica radica en el número de especies animales y vegetales con las cuales establece asociaciones y en su capacidad de retención de suelos [7, 8]. Uno de sus usos más conocidos y tradicionales es la obtención de bebidas alcohólicas y recientemente, su aplicación en la elaboración de alimentos funcionales que contienen inulina y sus derivados por su alta concentración en este tipo de azúcares [9, 10, 11].

El estado de Oaxaca, una zona que se dedica en gran parte a la producción y comercialización internacional del mezcal debido a la calidad de sus agaves, tiene como reto actual el generar agaves de buena calidad. El principal reto existente a la fecha es el que establecer cultivos de este tipo de plantas en campo tiene poco éxito, haciendo que la mayoría de los agaves utilizados en la producción de mezcal sean de origen silvestre principalmente con

el impacto de una población mermada debido al sobre aprovechamiento de la misma. En consecuencia, las condiciones climáticas extremas de la región y las características biológicas propias de la especie generan un agave con características muy variadas dependiendo de la zona de donde son recolectados [12, 13, 14]. El presente estudio forma parte de un proyecto con el cuál se pretende mejorar la calidad y producción del *Agave angustifolia* Haw en cultivos en campo, llevando a cabo técnicas electrofisiológicas que garanticen la mejor calidad del agave posible, potencializando a futuro su comercialización y en consecuencia favorecer la tendencia de nuevos mercados internacionales.

Metodología

Agaves
Cincuenta agaves *Angustifolia* de 4 meses de edad fueron comprados en un vivero de la ciudad de Oaxaca. Se conservaron de forma individual en contenedores de 30 cm de diámetro en condiciones ambientes, con periodos de exposición a la luz y a la oscuridad de aproximadamente 12:12 horas, se regaron con agua de la red pública cada 4 días y sometidas a experimentación después de un periodo de adaptación de 1 mes en sus respectivos contenedores.

Electrodos
Todas las mediciones fueron realizadas en el laboratorio que se encontraba a 25 °C. Se utilizaron electrodos de Ag, Pt y Au, los cuales constaban de una punta de 0.5 cm de largo y 0.25 cm de diámetro. Los electrodos estaban embebidos en un cuerpo de vidrio con una conexión eléctrica de cobre en su interior, antes de su utilización fueron limpiados con etanol para eliminar las grasas que pudieran estar presentes, enjuagados con agua destilada y secados con un paño de papel. Los electrodos fueron insertados a una profundidad de 5 mm directamente en las hojas de los agaves.

Reactivos
Se utilizó agua destilada tanto para la limpieza de los electrodos como para su estimulación.

Registro de los datos
Se utilizó un equipo Potenciostato/Galvanostato (Orygalis, OGF500, Francia) para la detección de las lecturas electroquímicas. Los datos fueron almacenados por el software OrigaMaster 5 (compatible con Windows 10) y el graficado de las señales fue mediante la utilización del software Originlab 8.1 (2009). El estudio tuvo como primer paso la identificación de las partes de la hoja de la planta en los cuales los electrodos serían ubicados. Posteriormente los filtros y velocidad de muestreo del sistema. A continuación, el tiempo de estabilización del sistema. Ya con el sistema detector montado, el agave fue estimulado con agua destilada para determinar la sensibilidad del sistema ante este tipo de estímulos.

Resultados y discusión

Localización de los electrodos
El arreglo de los electrodos en el *Agave Angustifolia* se llevó a cabo inicialmente como se muestra en la Figura 1. Se introdujeron dos sensores (negros) en las hojas del agave a una distancia no mayor a un centímetro entre ellos para una mejor detección de las señales y disminución de la resistencia eléctrica del medio. El electrodo de pseudo - referencia (rojo) se localizó en la tierra que contiene al agave. Se decidió utilizar este arreglo ya que generalmente la literatura establece que este tipo de acomodo de los electrodos puede detectar la mayoría de los estímulos a los que se someten las plantas estudiadas.

Se probaron diferentes configuraciones (Cuadro 1). Cabe señalar que debido a la experiencia se utilizó el electrodo de Pt como referencia en todos los casos, ya que se obtienen señales de buena calidad, por lo mismo, se descartaron las configuraciones Au-Au, Ag-Ag y Au-Ag. Después de insertar los electrodos se dejó estabilizar el sistema por un lapso de 2 horas y se observó que al término de este lapso de tiempo, había una gran inestabilidad del sistema y una alta resistencia al paso de las señales eléctricas.

 ISSN 2007-8102

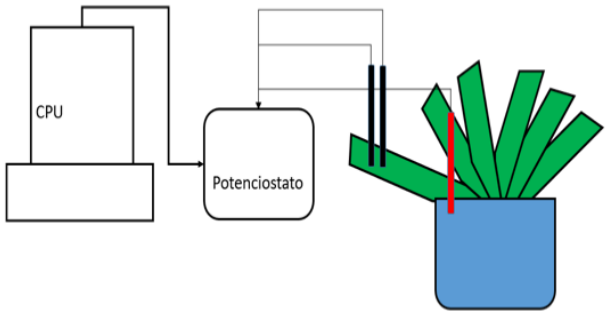


Figura 1. Conexión inicial de los electrodos en el agave *Angustifolia.*

Cuadro 1. Configuración de los electrodos para detección de las señales eléctricas en el agave.

Número de configuración	Par de electrodos detectores	Electrodo de pseudo referencia
1	Pt – Ag	Pt
2	Pt – Pt	Pt
3	Pt – Au	Pt

Después de múltiples intentos se decidió cambiar el electrodo de pseudo referencia y ponerlo cerca de los electrodos que se encontraban en la hoja del agave (Figura 2). Al hacer esta configuración se detectó que se disminuía la señal de resistencia del sistema y este se tornaba estable.

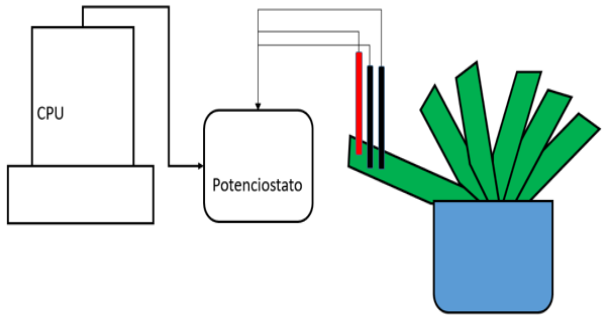


Figura 2. Arreglo de los electrodos definitivo para el estudio electrofisiológico del agave *Angustifolia.*

Filtros y velocidad de muestreo

Una vez que se consiguó tener buen contacto eléctrico, se estudió la velocidad de muestreo y filtro a utilizar para el tratamiento de datos. Al analizar los datos obtenidos con los diferentes filtros, se encontró que al utilizar filtros con tiempos de detección muy cortos, el sistema se volvía inestable y generaba señales de ruido únicamente (Cuadro 2). Al aumentar el paso del filtro fue posible detectar las señales generadas por estímulos tanto químicos (cambio de la atmósfera en la que se encuentra el agave) como mecánicos (daños a la estructura física del agave).

Cuadro 2. Respuesta de los filtros utilizados

FILTRO UTILIZADO	RESPUESTA
1 µs	Ruido
10 µs	Ruido
100 µs	Ruido
1 ms	Ruido
10 ms	Ruido
100 ms	Señal
1 s	Señal

 ISSN 2007-8102

Una vez seleccionado el filtro a utilizar, se realizó la selección de la velocidad de muestreo. En esta parte se utilizaron 4 velocidades: 0.1, 0.3, 0.5 y 1.0 segundos. Al hacer el análisis de los resultados se observó que en sí no había una diferencia significativa en la velocidad de muestreo, ya que como se observó en la figura 3 hay una variación de 5 mV entre el máximo y mínimo de la señal sensada en todos los casos. Es necesario aclarar que en esta parte no se presentan los datos de 0.3 y 0.5 segundos por su similitud con los datos aquí presentados.

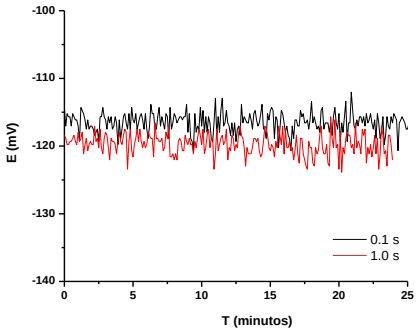


Figura 3. Lecturas de potencial con diferentes tiempos de muestreo.

Tiempo de estabilización y configuración del sistema sensor

Se determinó el tiempo en el que el agave regresa a su estado inicial sin estrés después de haber sido manipulado. Algunos autores han propuesto que es necesario esperar hasta dos horas para empezar a experimentar con las plantas. En consecuencia, se decidió empezar a censar el sistema desde el comienzo de la manipulación del agave para determinar su tiempo de estabilización. De igual manera se estudiaron diferentes configuraciones de pares de electrodos sensores para la determinación de cuál era la que podría detectar todos los cambios por estímulos efectuados en el agave (Cuadro 1).

En la Figura 4 se muestra el análisis de estabilización del medio utilizando tres configuraciones. En la configuración 1: a) la señal inicialmente se dirige a potenciales negativos; b) después de haber alcanzado un mínimo, este tiende a potenciales positivos para posteriormente c) estabilizarse. En este tipo de arreglo se puede argumentar que la estabilización del sistema se lleva a cabo después de 15 min de haber introducido los electrodos en las hojas del agave. Es necesario comentar en esta parte que este tipo de comportamiento de decaimiento de potencial y posteriormente incremento hasta estabilizarse está muy bien documentado en diferentes plantas a las cuales se les han efectuado estudios de este tipo [15]. Al utilizar la configuración 2, como se observa, no existe la parte de decaimiento de potencial (zona a de detección de señales “a”) ni estabilización del sistema (zona a de detección de señales “c”) como se ha observado previamente y como está reportado en la literatura [15]. Al llevar a cabo pruebas con la configuración número 3 sí se pueden observar estas etapas en el cambio de señales del sistema; pero todos estos cambios fueron detectados a una escala muy pequeña. En consecuencia, es necesario hacer un estudio extra de sensibilidad del sistema para determinar cuál es el más idóneo para llevar a cabo el estudio de detección de las señales del agave.

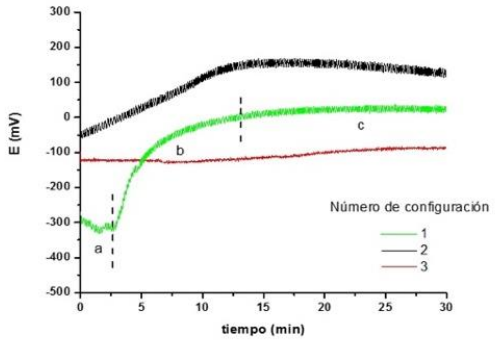


Figura 4. Tiempo de estabilización del agave después de haber sido manipulado. Utilizando electrodos de 1) Pt-Ag, 2) Pt-Pt y 3) Pt-Au como sensores, referidos a un pseudo electrodo de referencia de Pt.

 ISSN 2007-8102

Sensibilidad del sistema a cambios de humedad en la zona en la que se encuentran confinados. Todos estos análisis fueron llevados a cabo después de 30 min de haber insertado los electrodos en las hojas de los agaves. Los agaves utilizados en esta parte fueron regados por última vez tres días antes de llevar a cabo la experimentación. Los resultados en esta parte comprenden un análisis promedio de seis plantas analizadas. Los estímulos químicos fueron hechos añadiendo 100 mL de agua destilada en la tierra en la que se encontraba el agave. En total fueron tres estimulaciones consecutivas, cada una de ellas después de observar que el sistema había alcanzado su equilibrio:

a) Arreglo Pt-Ag. Al hacer el estudio con el arreglo de sensores número 1 (Pt-Ag), se observó que el potencial de estabilidad del sistema inicial era de -20 $\pm$ 10 mV. Al hacer las dos dosificaciones se observó de manera clara que el agave generaba señales de detección de humedad en el suelo en cada caso (Figura 5).

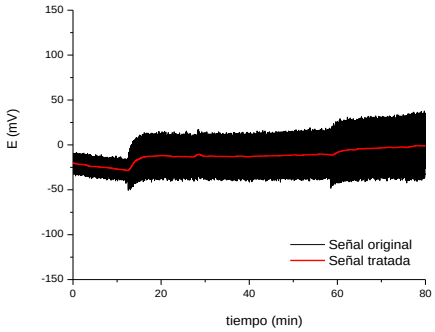


Figura 5. Respuesta del agave utilizando 100 mL de agua purificada. Sensores de Pt-Ag.

Al graficar la primera derivada de las señales generadas para determinar de una manera más clara los cambios en la señal obtenida, es posible observar los cambios de pendiente en cada caso al estimular la planta con agua (Figura 6). Aquí, las señales de agregar agua a las plantas generaron las 3 señales características obtenidas por una estimulación (parte 3 de resultados: Tiempo de estabilización y configuración del sistema sensor). El tiempo entre la detección y estabilización del sistema fue de aproximadamente 4 min, con un cambio de potencial de 15 $\pm$ 5 mV hacia potenciales más positivos. El tiempo entre agregar el agua y detectar el cambio en las señales fue de aproxidamente 1 minuto.

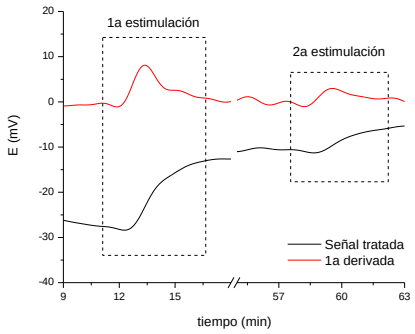


Figura 6. Respuesta tratada del agave utilizando 100 mL de agua purificada. Sensores de Pt-Ag.

b) Arreglo Pt-Pt. Al hacer el estudio con el arreglo de sensores número 2 (Pt-Pt), se observó que el sistema nunca alcanzó un potencial estable realmente ya que este continuaba disminuyendo conforme pasaba el tiempo. Al agregar agua a la tierra en la que se encontraba el agave, este generó una respuesta muy ligera que duró 25 min; al provocar una segunda señal no se supo realmente en que momento dejaba de generar la respuesta a la excitación (Figura 7).

 ISSN 2007-8102

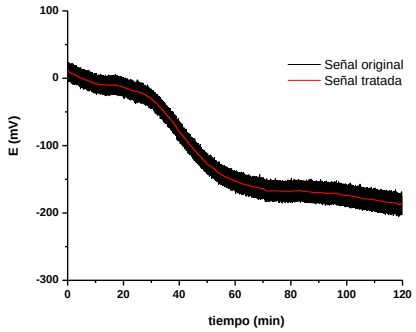


Figura 7. Respuesta del agave utilizando 100 mL de agua purificada. Sensores de Pt-Pt.

En el análisis de las señales generadas utilizando el principio de la primera derivada (Figura 8), al hacer la primera excitación a los primeros 15 min de haber comenzado el experimento, la señal de la primera derivada muestra efectivamente el inicio de la detección de la señal generada por el agua. A los 70 min se hizo la segunda excitación y el sistema volvió a detectar la señal de respuesta de la planta a la presencia del agua en su seno. Usando esta técnica de análisis es posible determinar hasta cierto punto el inicio de la detección de las señales generadas por el agua; su desventaja radica en el hecho que utilizando este arreglo de electrodos sensores las señales generadas son de muy baja intensidad y pueden ser confundidas fácilmente con el ruido de la señal original.

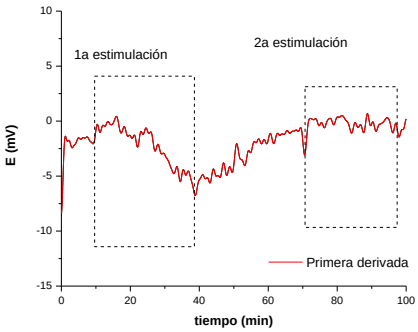


Figura 8. Respuesta tratada del agave utilizando 100 mL de agua purificada. Sensores de Pt-Pt.

c) Arreglo Pt-Au. El arreglo de electrodos sensores número 3 (Pt-Au) aunque parecía haber alcanzado la estabilidad del medio relativamente rápido, en realidad era un arreglo que casi no detectaba los cambios en el medio estudiado ya que como se puede ver en la Figura 9, entre las señales detectadas y el ruido del medio no existe una diferencia significativa entre ellas. Al hacer el análisis de la primera derivada a estos datos (Figura 10), se corrobora nuevamente lo encontrado previamente con los datos sin analizar, las estimulaciones no logran ser detectadas eficientemente por este arreglo de electrodos por la incapacidad de los mismos a sensar los más ligeros cambios en el medio.

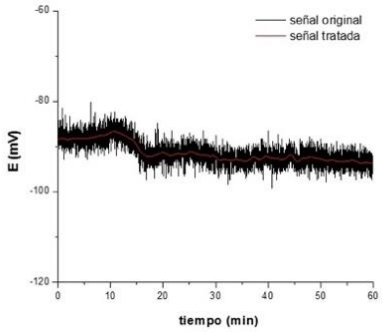


Figura 9. Respuesta del agave utilizando 100 mL de agua purificada. Sensores de Pt-Au.

 ISSN 2007-8102

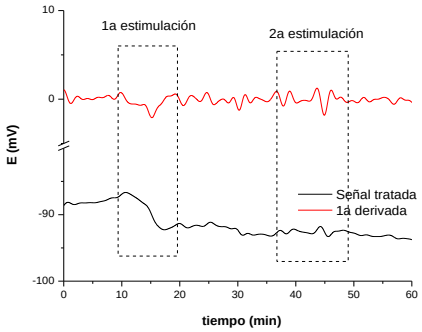


Figura 10. Respuesta tratada del agave utilizando 100 mL de agua purificada. Sensores de Pt-Au.

Conclusiones

Ha sido posible generar el protocolo de detección de señales en el *Agave angustifolia* de donde la configuración de electrodos sensores que se ajustan mejor para el proyecto es la de Pt-Ag, con un pseudo electrodo de referencia de Pt. Los electrodos deben de estar cercanos entre sí para una mejor detección de todas las señales eléctricas presentes en el agave y eliminación del ruido presente en las señales sensadas. También se determinó que los datos podían ser obtenidos a partir de 15 min de manipulación de las plantas. Es necesario remarcar que estos resultados preliminares abren la puerta a pruebas donde diferentes estímulos serán aplicados a l.

Referencias

[1] A. G. Volkov, *Plant Electrophysiology*. 1a. Ed. New York: Springer Heidelberg New York Dordrecht London, 2012.
[2] J. Fromm and S. Lautner, “Electrical signals and their physiological significance in plants”, *Plant, Cell and Environment*, no. 30, pp. 249–257, December 2006.
[3] V. S. Markin, A. G. Volkov and E. Jovanov, “Historical Overview on Plant Neurobiology”, *Plant signaling & Behavior*, vol. 1, no. 1, pp. 6-8, 2006.
[4] J. Chaparro, “Instrumentación en electrofisiología celular vegetal”, *Actividad eléctrica en plantas*, 2001.
[5] L. Núñez and V. Salazar, “La producción y comercialización de bacanora como estrategia de desarrollo regional en la sierra sonorense”, Estud. Soc., vol. 17, pp. 205-219, noviembre 2009.
[6] A. Delgado-Lemus, A. Casas and O. Téllez, “Distribution, abundance and traditional management of *Agave potatorum* in the Tehuacán Valley, Mexico: bases for sustainable use of non-timber forest products”, *Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine,* vol. 10, no. 63, September 2014.
[7] E.J. García-Herrera, S. de J. Méndez-Gallegos. and D. Talavera-Magaña, “El género *Agave* spp. en México: principales usos de importancia socioeconómica y agroecológica”, *Revista salud pública y nutrición*, no. 5, pp. 109-129, 2010.
[8] A. García, “Distribution of the genus Agave (*Agavaceae*) and its endemic species in Mexico”, *Cactus and Succulent Journal,* no. 74, pp. 177-187, 2002.
[9] A. J. García, “Los agaves de México”, *Ciencias*, no. 87, pp. 14-23, 2007.
[10] L. A. Espinosa. “Generalidades e importancia de los agaves en México”, *Herbario CICY*, no. 7, pp- 161-164, Octubre 2015.
[11] E. Pérez, M. C. Chávez and C. González, “*Revisión del agave y el mezcal*”, *Rev. Colomb. Biotecnol*, vol. 18, no.1, pp. 148-164, 2016.
[12] D. Aguirre and L. Eguiarte, “Genetic diversity, conservation and sustainable use of wild *Agave cupreata* and *Agave potatorum* extracted for mezcal production in Mexico”, *Journal of Arid Environments*, vol. 90, pp. 36-44, March 2013.
[13] M. Cházaro, O. Valencia and M. Hernández, “Agaves silvestres usados en la elaboración de bebidas alcohólicas. Agaves del Occidente de México. Guadalajara, México” *CUCBA-CUCSH*, pp. 123-126, 2007.
[14] G. Hernández, M. Cházaro and E. Flores, “Inventario, distribución y hábitat del género *Agave* en Jalisco, Agaves del Occidente de México. Guadalajara, México”, *CUCBA-CUCSH*, pp. 6-12, 2007.
[15] A. G. Volkov, “Signaling in electrical networks of the Venus flytrap (*Dionaea muscipula* Ellis)”, *Bioelectrochemistry*, vol. 125, pp. 25-32, February 2019.

Reología lineal del sistema decilsufato de anilinio (DeSAn)/Agua

A. Romero-Alberto[1], E.E. Suárez-Alvarez[1], G. Pérez-Hernández[1], J. Barajas-Fernández[1], J-G. Alvarez-Ramírez[1]
[1]División Académica de Ingeniería y Arquitectura, Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, km 1 carretera Cunduacán-Jalpa, Colonia la Esmeralda, Cunduacán, Tabasco, 86690, México.
**gabriel.alvarez@ujat.mx*
***Área de participación**: Ingeniería Química*

Resumen
Los surfactantes polimerizables son aquellos que presentan un grupo polimerizable ya sea en el extremo de la porción hidrofóbica o en el contraión. Al utilizar surfactantes polimerizables, se evita el uso de monómeros, ya que el mismo surfactante puede ser polimerizable. En este trabajo se reporta la síntesis y caracterización fisicoquímica de un surfactante polimerizable catiónico de cola sencilla, decilsulfato de anilinio (DeSAn). El DeSAn fue sintetizado por una reacción de sustitución ácido-base del decilsulfato de sodio y el clorohidrato de anilina. La zona viscoelastica en las muestras de analizadas alcanza hasta un 40%.

***Palabras clave**: Surfactantes, Reología, Decilsulfato de sodio, Anilina.*

Abstract
Polymerizable surfactants are those that have a polymerizable group either at the end of the hydrophobic portion or at the counterion. By using polymerizable surfactants, the use of monomers is avoided, as the surfactant itself can be polymerizable. This paper reports the synthesis and physicochemical characterization of a single-tailed cationic polymerizable surfactant, anilinium decyl sulfate (DeSAn). DeSAn was synthesized by an acid-base substitution reaction of sodium decyl sulfate and aniline hydrochloride. The viscoelastic zone in the analyzed samples reaches up to 40%

***Key words**: Surfactants, Rheology, Sodium decyl sulfate, Aniline.*

Introducción
Los surfactantes son sustancias anfifílicas, que provocan la disminución de la tensión superficial o interfacial y pueden formar una gran variedad de microestructuras con agua y otros solventes polares o no polares [1]. Los surfactantes polimerizables son aquellos que presentan un grupo polimerizable ya sea en el extremo de la porción hidrofóbica o en el contraión. Al utilizar surfactantes polimerizables, se evita el uso de monómeros, ya que el mismo surfactante puede ser polimerizable. Las microestructuras formadas por los surfactantes polimerizables se pueden utilizar para preparar películas de alta elasticidad, catalizadores con gran área superficial [2]; electrodos poliméricos [3] compuestos nanopoliméricos [4], dispositivos fotónicos [5] y plantillas para la síntesis de materiales mesoporosos [6], entre otros.

En el presente trabajo, se sintetizó el decilsulfato de anilino y investigó la formación de micelas en soluciones acuosas. Se eligió de clorohidrato de anilina debido a su importancia en la síntesis de polímeros conductores [7].

 ISSN 2007-8102

Metodología

Para la realización de este trabajo de investigación los reactivos utilizados fueron:

- Decilsulfato de sodio, marca SIGMA-ALDRICH con pureza de 99%.
- Clorhidrato de anilina (HClA) marca ALDRICH al 99% de pureza.
- Agua desionizada.

El decilsifultato de anilinio (DeSAn) se sintetizó a partir de una reacción de sustitución del ion Na^+ por el ión anilinio $[C_6H_5NH_3]^+$ siguiendo el procedimiento que a continuación se describe: Se prepararon 200 ml de solución acuosa al 5% en masa de decilsulfato de sodio y una segunda solución 200ml al 5% en masa de clorhidrato de anilina. La solución de decilsulfato de sodio se agregó gota a gota en el matraz que contenía la solución de clorhidrato de anilina, se selló y se colocó en la parrilla para mezclarse a 50°C durante 24 horas. El matraz se protegió de la luz.
Una vez concluidas las horas de agitación, se llevó a refrigeración a 4°C durante 5 días para que el tensoactivo se precipitara al fondo del matraz y separarse por decantación. El tensoactivo fue secado a 35°C por 3 días; el resto de la solución se refrigeró nuevamente para otra recuperación. La homogenización del tensoactivo se realizó por molienda en un mortero de ágata y purificado.

Las muestras se prepararon pesando las cantidades de DeSAn y agua desionizada en viales de vidrio de 25 ml., para las concentraciones 1 a 10% en masa. Las soluciones fueron selladas con parafilm y protegidas de la luz, luego se dejaron estabilizar a una temperatura de 30ºC.

Para determinar el comportamiento reológico del sistema DeSAn/Agua se utilizó un reómetro que opera bajo condiciones de deformación controlada TA-ARES22. Se realizó una caracterización dinámica del sistema en un intervalo de concentraciones de 1 a 10 % en masa de DeSAn y a diferentes temperaturas (30, 40, 50 y 60°C). Cabe señalar que el DeSAn forma micelas alargadas a estas condiciones de concentración y temperatura, por lo que se pretende relacionar el comportamiento reológico de este sistema como función de la concentración y la temperatura. Para esto, se realizaron barridos de deformación y frecuencia. Se utilizó una geometría de cono y plato con un diámetro de 25 mm y el ángulo de 0.0985 rad para las muestras del 3-10% en masa de DeSAn. En el caso de las muestras de 1 y 2% en masa de DeSAn se utilizó la geometría de cono y plato de 40 mm y ángulo de 0.0385 rad. Los resultados obtenidos se graficaron usando el software *Origin Pro*®.

Resultados y discusión

Barridos de deformación

Los barridos de deformación del sistema DeSAn/agua se realizaron a una frecuencia de 10 rad/s con un intervalo de deformación del 0.1 – 100 % de deformación. Las temperaturas a las que se hicieron estos barridos fueron de 30, 40, 50 y 60 ºC con el fin de evaluar la zona viscoelástica lineal del sistema.

Para la concentración de 1% en masa de DeSAn, su comportamiento dominante es el viscoso. Para las concentraciones del 2%, 3%, 4% 5%, y 10% en masa de DeSAn el comportamiento dominante es el elástico.

Para la concentración del 1% en masa de DeSAn, el módulo elástico es independiente de la deformación, exhibiendo el sistema una amplia zona viscoelástica lineal, hasta el 40% de deformación. Para las demás concentraciones se observa el mismo comportamiento (Figura 1).

Barridos de frecuencia

Los barridos de frecuencia del sistema DeSAn/Agua se realizaron en la zona viscoelástica lineal con una deformación del 10%, en un intervalo de frecuencia de 0.1 -100 rad/s. Se analizaron las mismas soluciones que se usaron en los barridos de deformación.

 ISSN 2007-8102

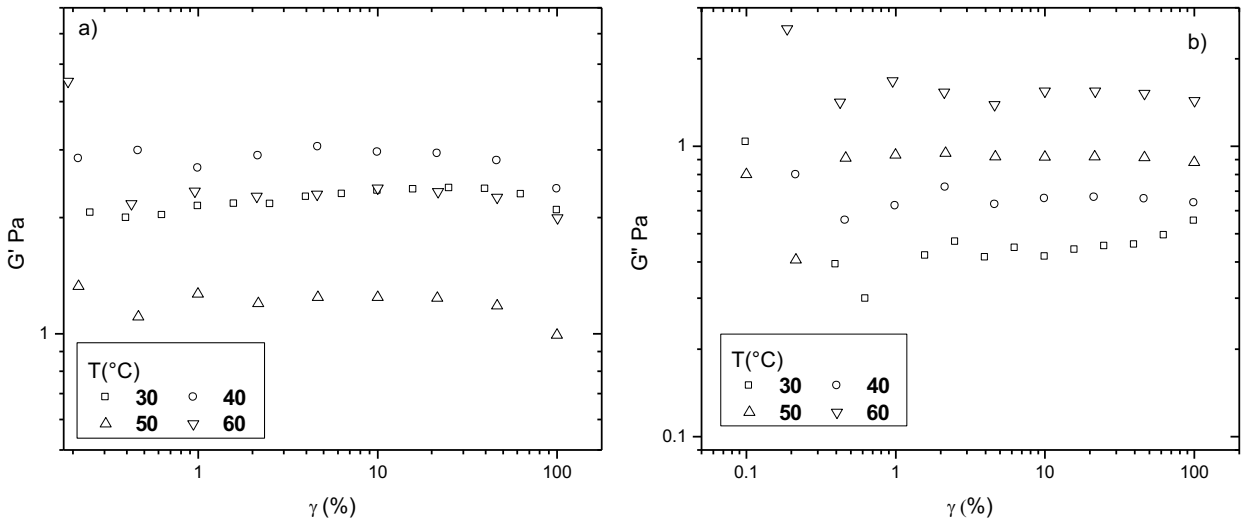


Figura 1. Módulo elástico (G') y viscoso (G") en función del porcentaje de deformación [γ (%)] para la solución del 1% en masa de DeSAn a 30ºC, 40ºC, 50ºC y 60ºC

Se observa en todas las muestras analizadas para frecuencias inferiores a la frecuencia de cruce, el comportamiento que predomina es el viscoso, a medida que aumenta la frecuencia se llega a la frecuencia de cruce (la frecuencia de cruce se relaciona con el tiempo característico principal del sistema) y hay un cambio de comportamiento, de viscoso a elástico. Con el aumento de la temperatura, la frecuencia de cruce aumenta.

En la Figura 2 se muestran los barridos de frecuencia de la concentración del 1% en masa de DeSAn a las temperaturas de 30ºC, 40ºC, 50ºC y 60ºC. Los barridos de frecuencia son dependientes de la temperatura, a medida que aumenta la temperatura también aumenta la frecuencia de cruce. Para la temperatura de 30ºC la frecuencia de cruce es 0.0126 rad/s, a 40ºC de 0.1273 rad/s, a 50ºC es 0.2164 rad/s y para la temperatura de 60ºC la frecuencia de cruce es 48.3436 rad/s. El valor del módulo elástico a altas frecuencias es 2 Pa, y varia muy poco con la temperatura. En el caso de la temperatura de 60ºC debido a que la muestra es muy fluida, se seca más rápido y la medición de los datos se hace muy difícil.

Analizando los resultados obtenidos para la solución con un contenido del 2% en masa de DeSAn se observó la misma tendencia en la frecuencia de cruce y sus valores son 0.03320, 0.171, 0.7615, y 4.1848 a 30, 40, 50 y 60 ºC respectivamente. El valor del módulo elástico es de 14 Pa a 30ºC, y cambia muy poco conforme aumenta la temperatura.

Finalmente tenemos la concentración del 10% en masa de DeSAn (Figura 3), la frecuencia de cruce para la temperatura de 30ºC es 0.03267 rad/s, a 40ºC es 0.1452 rad/s, a 50ºC es 0.7912 rsad/s y 60ºC es 4.9893 rad/s. El valor del módulo elástico es de 250 Pa a 30ºC, y para la temperatura de 40ºC su valor es de 340 Pa y cambia muy poco para las temperaturas de 50ºC y 60ºC. En general, para todas las concentraciones se observó que la frecuencia de cruce aumenta a medida que aumenta la temperatura.

 ISSN 2007-8102

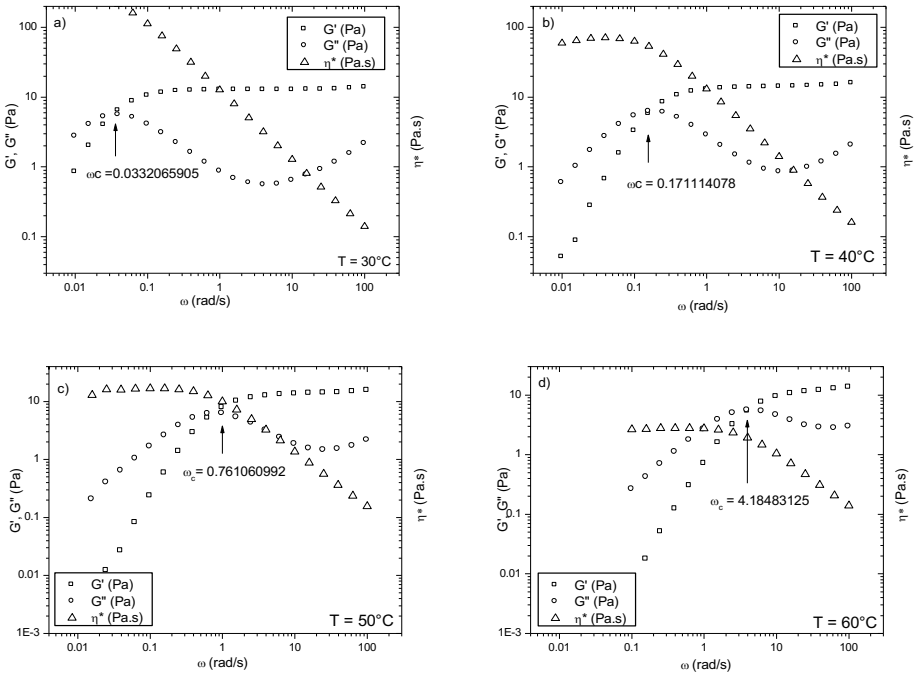


Figura 2. Módulo elástico (G') y viscoso(G") en función de la frecuencia para la concentración del 1% en masa de DeSAn a 30ºC, 40ºC, 50ºC, y 60ºC.

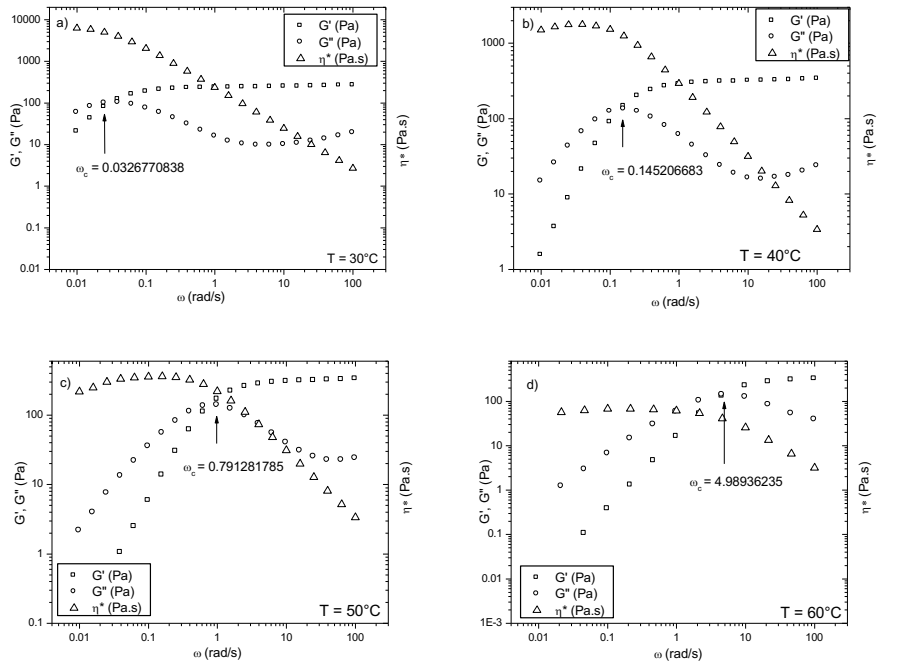


Figura 3. Módulo elástico (G') y viscoso (G") en función de la frecuencia para la concentración del 10% en masa de DeSAn a 30ºC, 40ºC, 50ºC, y 60ºC.

 ISSN 2007-8102

En las Figuras 4, 5 y 6 se muestra la dependencia de tiempo principal de relajación (τ_R), la viscosidad de corte cero (ηo), y el módulo de Plateau (Go) en función de la concentración de DeSAn y la temperatura. Se observa que todas las propiedades se modifican conforme aumenta la concentración de surfactante, y también que el τ_R disminuye con la concentración y la temperatura, en la Figura 4, mientras que la viscosidad de corte cero (ηo) aumenta con la concentración y disminuye con la temperatura varía fuertemente con la concentración y la temperatura (Figura 5), a medida que aumenta la concentración, pero disminuye con el aumento de la temperatura.

El módulo de Plateau (Go), aumenta con la concentración, pero es independiente de la temperatura. En la Figura 6, el módulo Plateau (Go) se incrementa con la concentración en forma exponencial y presenta una pendiente de 2.17 en el intervalo de concentraciones del 1 – 10% en masa de DeSAn, como la pendiente no varía, indica que se conserva la estructura. Pendientes del orden de 2 ± 0.2 se han observados en otros sistemas surfactante/agua [8] y con pendiente de 2.3 ± 0.2 para sistemas surfactante/agua/salicilato [9].

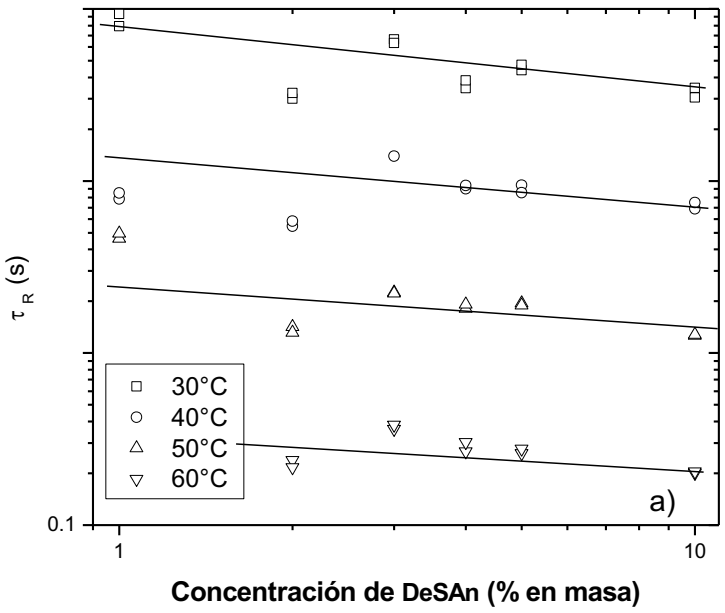


Figura 4. Tiempo de relajación principal τ_R, en función de la concentración de DeSAn a 30ºC, 40ºC, 50ºC y 60ºC. Las líneas son ayuda visual.

 ISSN 2007-8102

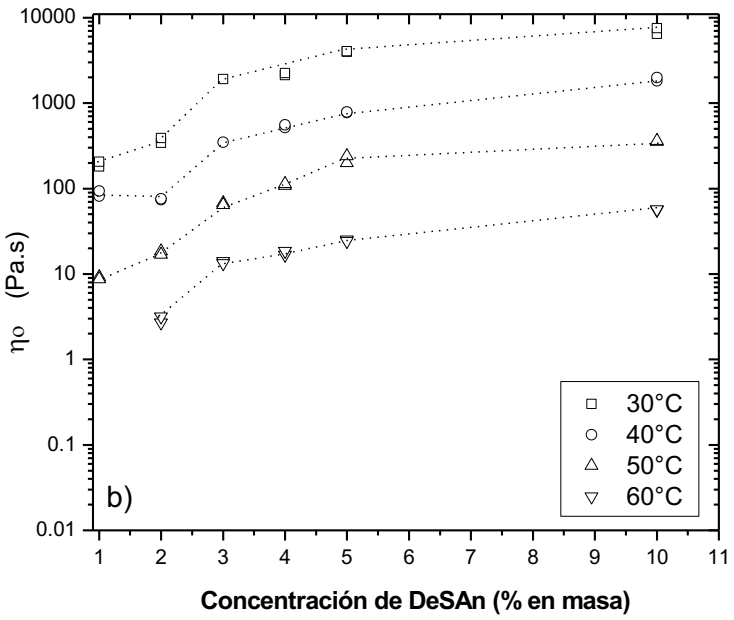


Figura 5. Viscosidad de corte cero (ηo) en función de la concentración de DeSAn a 30ºC, 40ºC, 50ºC y 60ºC. Las líneas son ayuda visual.

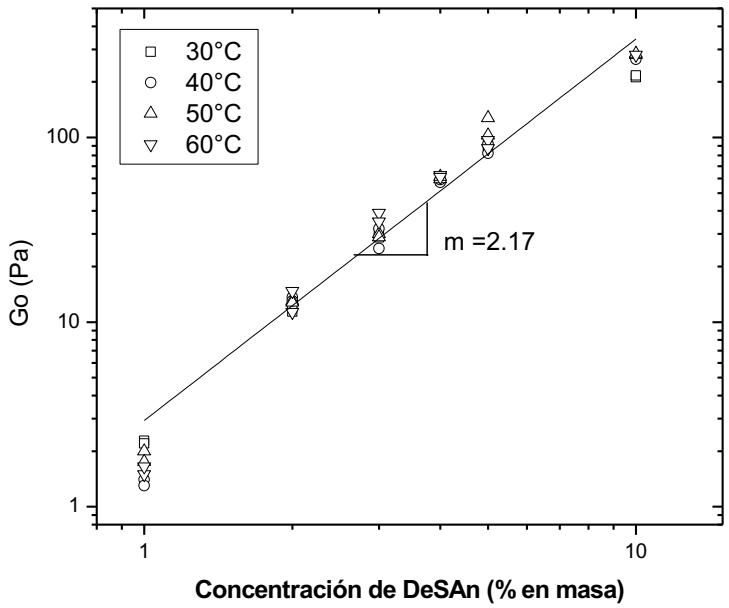


Figura 6. Módulo elástico (Go), en función de la concentración de DeSAn a 30ºC, 40ºC, 50ºC y 60ºC.

Trabajo a futuro

Se propone ampliar el estudio para concentraciones intermedias, modelar los datos reológicos lineales y realizar el estudio reológico no lineal del sistema

Conclusiones

Para el estudio reológico del sistema DeSAn/agua se analizaron las concentraciones del 1%, 2%, 3%, 4%, 5% y 10% en masa de DeSAn, efectuándose mediciones reológicas dinámicas. Los barridos de deformación nos indican que la zona viscoelástica lineal es del 40%.

De acuerdo a los barridos de frecuencia, las propiedades se modifican conforme aumenta la concentración de surfactante. El tiempo de relajación disminuye, lo que nos indica la ruptura de las micelas en el sistema. La visocidad de corte cero depende de la concentración y temperatura. Finalmente, el módulo de Plateau crece conforme aumenta la concentración, pero es independiente de la temperatura.

Agradecimientos

Agradecemos al laboratorio de Reología de la Universidad de Guadalajara por las todas facilidades para realizar las mediciones reológicas.

Referencias

[1] B. Tamamushi, “Colloid and surface chemical aspects of mesophases (liquid-crystals)”, Pure & Appl. Chem., Vol.48, pp. 441-447, 1976.

[2] J.H. Ding, D.L. Gin, ″Catalytic Pd Nanoparticles Synthesized Using a Lyotropic Liquid Crystal Polymer Template″, Chem. Mater., vol.12, no. 1, pp. 22-24, 2000.

[3] W. Xu, K.S. Siow, Z. Gao, S.Y. Lee, P.Y. Chow, L.M. Gan, “Microporous Polymeric Composite Electrolytes from Microemulsion Polymerization”, Langmuir, Vol. 15, no. 14, pp. 4812-4819, 1999.

[4] R.C. Smith, W.M. Fischer, D.L. Gin, “Ordered Poly(p-phenylenevinylene) matrix nanocomposites via Lyotropic Liquid-Crystalline Monomers”, J. Am. Chem. Soc., vol. 119, no. 17, pp. 4092-4093, 1997.

[5] B.T. Holland, C.F. Blandford, A. Stein, “Synthesis of macroporous minerals with highly ordered three-dimensional arrays of spheroidal voids”, Science, vol. 281, pp. 538-540, 1998.

[6] Y. Peidong, T. Deng, D. Zhao, P. Feng, D. Pine, B.F. Chmelka, G.M. Whitesides, and G.D. Stucky, “Hierarchically Ordered Oxides”, Science, vol. 282, pp. 2244-2246, 1998.

[7] S.T. Huerta-Marcial, G. Landázuri, E.R: Macías-Balleza, L.C. Rosales-Rivera, J.M. Ruso, J.E. Puig, J.F.A. Soltero, “Effect of the aniline hydrochloride hydrotrope on the microstructure of SDS/ water system: Linear rheological behavior”, Colloids and surfaces, vol. A523, pp. 19-26, 2017.

[8] J.F.A. Soltero, J.E. Puig, O. Manero, “Rheology of the Cetyltrimethylammonium Tosilate-Water System. 2. Linear Viscoelastic Regime”, Langmuir, vol. 12, no. 11, pp. 2654-2662, 1996.

[9] H. Rehage, H. Hoffmann, “Rheological properties of viscoelastic surfactant systems”, J. of Phys. Chem., vol. 16, no. 92, pp. 4712-4719, 1988.

Efecto bioestimulante del fosfito en la variedad CP 72-2086 de caña de azúcar cultivada *in vitro*

*I. Morán-González[1], F. C. Gómez-Merino[2], M. C. Pastelín-Solano[1], J. E. Bulbarela-Marini[1], O. Castañeda-Castro[1]**
[1]Facultad de Ciencias Químicas. Universidad Veracruzana. Prolongación de Oriente 6 #1009, Rafael Alvarado, C.P. 94340, Orizaba, Veracruz, México.
[2]Colegio de Postgraduados. Campus Córdoba. Carretera Federal Córdoba-Veracruz km 348, Congregación Manuel León, Amatlán de los Reyes, C.P. 94946, Veracruz, México.
**odcastaneda@uv.mx*

***Área de participación**: Ingeniería Química*

Resumen

La caña de azúcar es de los principales cultivos en México, sin embargo, enfrenta problemáticas para su producción y calidad debido a factores de estrés biótico y abiótico. Se ha demostrado que el fosfito (Phi), presenta efectos benéficos sobre los cultivos aumentando el rendimiento y calidad. Se evaluó el efecto en distintas variables de crecimiento, peso fresco y seco, concentración de carbohidratos y macronutrimentos como respuesta a diferentes concentraciones de Phi abastecido como ácido fosforoso adicionado al medio de cultivo MS, en la variedad CP 72-2086 de caña de azúcar cultivada *in vitro* durante 30 días. La bioestimulación en las vitroplantas tuvo mayor efecto en su desarrollo morfológico y mayor abatimiento de P y NH_4+ con la adición de 200 ppm Phi en el medio de cultivo, mientras que concentraciones de 600 y 1200 ppm Phi presentaron la mayor acumulación de carbohidratos además de un mayor abatimiento de NO_3-; en ausencia del bioestimulante se produce mayor peso fresco, peso seco de raíces y abatimiento de K.

***Palabras clave**: HPLC, minerales, Saccharum, vitroplantas.*

Abstract

Sugarcane is one of the main crops in Mexico, however, it faces problems for its production and quality due to biotic and abiotic stress factors. Phosphite (Phi) has been demonstrated to have beneficial effects on crops, increasing yield and quality. The effect on different growth variables, fresh and dry weight, concentration of carbohydrates and macronutrients was evaluated in response to different concentrations of Phi supplied as phosphorous acid added to the MS culture medium, in the variety CP 72-2086 of cultivated sugar cane in vitro for 30 days. Biostimulation in vitroplants had a greater effect on their morphological development and greater depletion of P and NH_4+ with the addition of 200 ppm Phi in the culture medium, while concentrations of 600 and 1200 ppm Phi had the highest accumulation of carbohydrates in addition to a greater depletion of NO_3-; in the absence of the biostimulant, a higher fresh weight, dry weight of roots and K depletion are produced.

***Key words**: HPLC, minerals, Saccharum, vitroplantas.*

Introducción

La caña de azúcar (*Saccharum* spp.) es un cultivo muy importante debido a que de éste se obtiene cerca del 70% del azúcar mundial [1]. La producción del cultivo en México es de más de 56 millones de toneladas cultivadas en aproximadamente 785 mil ha [2]. Dentro del contexto nacional, Veracruz se ubica en el primer lugar como productor, generando más de 21 millones de ton que destina una superficie cosechada de más de 289 mil ha durante el año 2018 [3]. Una de las principales características que posee la caña de azúcar, es que posee una ruta metabólica C4 por lo cual, produce gran cantidad de biomasa teniendo una alta eficiencia fotosintética; además para su óptimo crecimiento y producción requiere de grandes cantidades de agua, nutrientes y luz solar [4].

Actualmente, este cultivo enfrenta problemáticas para su producción y calidad de diferentes índoles, principalmente por factores de estrés biótico, como las plagas y enfermedades, y abiótico como la salinidad, sequias, altas temperaturas y malas prácticas de fertilización [5, 6]. Estos factores afectan directamente la producción de carbohidratos, debido a que ejercen una influencia negativa sobre su acumulación reflejándose al momento de la cosecha [7].

De acuerdo con du Jardin [8] un bioestimulante es cualquier sustancia que, al ser aplicado a las plantas, mejora aspectos como la eficiencia nutricional, la tolerancia al estrés abiótico y/o rasgos de calidad, independientemente de su contenido de nutrientes, además de su acción como fungicida. Estos influyen con el normal funcionamiento de todos sus tejidos y órganos teniendo resultados benéficos, debido a que se almacenan en puntos de crecimiento [9]. El ion fosfito (Phi) es una sal de ácido fosforoso que presenta gran parecido estructural con el fosfato (Pi), siendo absorbido rápidamente por la planta a través de transportadores de Pi [10].

Sin embargo, Phi no puede sustituir a Pi y por lo tanto no puede participar en las rutas metabólicas de las plantas, pero se ha comprobado que Phi tiene la capacidad de estimular la activación de sistemas naturales de las plantas protegiéndolas ante distintos patógenos [11]. Así mismo, se han demostrado los efectos benéficos de fosfito en cultivos hortícolas, debido a que mejora el rendimiento y la calidad, además de ayudar a reducir el estrés biótico y abiótico, especialmente porque se transloca a través de xilema y floema [12].

Por lo anterior, el objetivo de esta investigación fue evaluar el efecto de la aplicación de distintas dosis de Phi sobre características morfológicas y bioquímicas en la variedad CP 72-2086 de caña de azúcar cultivada *in vitro*.

Metodología

Material vegetal y medio de cultivo

Vitroplantas de la variedad CP 72-2086 de caña de azúcar (*Saccharum* spp.) con tres meses de edad fueron cultivadas en medio de cultivo MS [13] líquido al 100%, suplementado con 3% de sacarosa (p/v), 100 mg/L de kinetina, 0.65 mg/L de AIA y 0.3 mg/L de BAP. El pH del medio de cultivo se ajustó a 5.7 ± 0.1. Se depositaron 20 mL de medio de cultivo líquido en frascos con capacidad para 500 mL y se esterilizó en autoclave vertical (Lab-Tech modelo LAC5060s; Namyangju, Corea del Sur) a 121 °C y 15 Lb/in^2 durante 15 min.

Fosfito (Phi)

Brotes individualizados se depositaron en frascos de vidrio con capacidad para 500 mL a los cuales se les adicionó 20 mL de medio de cultivo MS líquido. Se evaluó el efecto de distintas concentraciones (0, 200, 600 y 1200 ppm) de ácido fosforoso (H_3PO_3) como fuente de fosfito, mismo que fue adicionado al medio de cultivo.

Parámetros morfológicos

Las plantas fueron extraídas para cuantificar hojas (número, ancho y largo), tallos (número y diámetro) y raíces (número, longitud y volumen). Variables como ancho, largo y longitud se midieron utilizando hojas milimétricas, el diámetro se midió con un vernier electrónico (Steren, HER-411) y el volumen se determinó con base en el principio de Arquímedes utilizando el método propuesto por Córdoba *et al*. [14]. El peso fresco (mg) se determinó en una balanza analítica (VELAB, VE-204, 049022). Para el peso seco (mg) del material vegetal se determinó utilizando un analizador de humedad (Moisture Analyzer, LSC-60, Wiggen Hauser), siguiendo el protocolo adecuado para tejidos vegetales, el porcentaje de humedad fue determinado por gravimetría [15].

Análisis de carbohidratos por cromatografía líquida de alta resolución (HPLC)

Los carbohidratos fueron determinados por cromatografía líquida de alta resolución (HPLC) siguiendo la metodología descrita en la Norma ISO-11292-1195 [16]. El equipo utilizado fue un HPLC (Dionex®, ICS-3000) equipado con un detector electroquímico, columna CarboPac PA1 2×250 mm, marca ThermoFisher® utilizando agua grado HPLC como fase móvil con un flujo isocrático de 0.5 mL/min y NaOH 300 mM para la reacción electroquímica postcolumna. La temperatura de análisis fue de 30 °C, con un tiempo de corrida de 80 minutos. Los estándares utilizados fueron glucosa, xilosa y fructuosa ≥95%, marca Sigma-Aldrich®, con nueve diferentes concentraciones (0.1, 0.2, 0.5, 0.8, 1, 2, 3, 4 y 5%), la extracción se realizó con 30 mg de material vegetal seco, el volumen de inyección fue de 25 µL y la cuantificación se realizó por medio de una curva de calibración y estándar externo.

Abatimiento del medio de cultivo

Se analizó el abatimiento en el medio de cultivo con Phi después de 30 días en contacto con las vitroplantas de caña de azúcar. La concentración de nitrógeno se determinó por el método Semimicro-Kjeldahl [17]; para las determinaciones de fósforo y potasio se determinaron mediante espectroscopía de emisión atómica en plasma acoplada inductivamente (ICP-OES Agilent™ 725, Melbourne, Australia) siguiendo el método de Alcántar y Sandoval [18].

Análisis estadístico

Los datos obtenidos fueron analizados mediante un ANOVA con comparación de medias y pruebas de Tukey ($p \leq 0.05$) con el programa estadístico R versión 3.6.1.

Resultados y discusión

Efecto del fosfito en el desarrollo morfológico de las hojas

Hubo diferencias estadísticas significativas por la adición del Phi al medio de cultivo para estimular las vitroplantas de caña de azúcar con hasta 200 ppm de Phi, ya que se obtuvo el mayor número y largo de las hojas, en tanto al ancho de hojas la adición de fosfito no afecta esta variable (**Tabla 1**). En Paltos, la evaluación con fosfitos llevó a una estimulación en el número de hojas, teniendo un alto rendimiento fotosintético, además de una mayor densidad de raíces, por lo cual se sugiere controlar la dosis y aplicación de fosfito [19]. En plántulas de tomate, el Phi no influyó en el área foliar, sin embargo en este estudio el largo de hojas si disminuye al aumentar la concentración de Phi, mientas que el ancho de hojas no se ve influenciado [20].

Tabla 1. Efecto de diferentes concentraciones de fosfito en el desarrollo morfológico de las hojas de la variedad CP 72-2086 de caña de azúcar después de 30 días cultivada *in vitro*.

Phi [ppm]	Hojas [número]	Ancho de hojas [mm]	Largo de hojas [cm]
0	38.00 ± 4.58 a	2.45 ± 0.12 a	11.40 ± 0.73 a
200	32.33 ± 2.18 ab	2.60 ± 0.11 a	9.60 ± 0.67 ab
600	22.67 ± 2.03 b	1.45 ± 0.30 a	7.07 ± 0.61 bc
1200	19.00 ± 2.89 b	2.49 ± 0.45 a	5.49 ± 0.76 c

Las medias ± error estándar con letras distintas en cada columna indican diferencias estadísticas significativas ($p \leq 0.05$).

Efecto del fosfito en el desarrollo morfológico de los tallos

Al estimular las vitroplantas de caña de azúcar con hasta 600 ppm de fosfito se obtuvo mayor número de tallos y con respecto al diámetro de los tallos la adición de Phi al medio de cultivo, no se ve afectado (**Tabla 2**). La aplicación de fosfito estimula el metabolismo de la planta equilibrando las funciones fisiológicas a nivel celular, mejorando el crecimiento vegetativo, el desarrollo de raíces y por ende la calidad [21]. Sin embargo, el uso de fosfito de potasio en la variedad de arroz SFL-09 no

estimuló el amacollamiento ni la altura de la planta, teniendo en esta investigación el mismo resultado al no generar mayor número ni diámetro en tallos en la variedad CP 72-2086 de caña de azúcar [22].

Tabla 2. Efecto de diferentes concentraciones de fosfito en el desarrollo morfológico del tallo de la variedad CP 72-2086 de caña de azúcar después de 30 días cultivada *in vitro*.

Phi [ppm]	Tallos [número]	Diámetro de tallos [mm]
0	10.67 ± 0.88 a	1.40 ± 0.22 a
200	8.00 ± 0.58 a	1.31 ± 0.23 a
600	7.67 ± 0.88 a	1.31 ± 0.02 a
1200	2.33 ± 0.88 b	0.96 ± 0.38 a

Las medias ± error estándar con letras distintas en cada columna indican diferencias estadísticas significativas (p≤0.05).

Efecto del fosfito en el desarrollo morfológico de las raíces

Hubo diferencias estadísticas significativas al adicionar 200 ppm de Phi ya que se presentó el mayor número y tamaño de raíces, en tanto que, para el volumen de raíces, la adición del bioestimulante afecta dicha variable (**Tabla 3**). En fresa, la aplicación de fosfito de potasio aplicado vía sistema radicular, en riego controlado, promovió el crecimiento de raíces y brotes [23]. El efecto que produce Phi por su contenido de fósforo estimula el crecimiento del sistema radicular, por lo cual se atribuye que el fosfito actúa como componente de los fosfolípidos que conforman la membrana celular de la planta [24].

Tabla 3. Efecto de diferentes concentraciones de fosfito en el desarrollo morfológico de la raíz de la variedad CP 72-2086 de caña de azúcar después de 30 días cultivada *in vitro*.

Phi [ppm]	Raíces [número]	Longitud de raíces [cm]	Volumen de raíces [µL]
0	29.00 ± 2.89 a	7.06 ± 0.36 a	533.33 ± 33.33 a
200	23.33 ± 0.67 a	5.52 ± 0.59 a	233.33 ± 33.33 b
600	12.67 ± 0.88 b	2.39 ± 0.28 b	99.00 ± 0.58 c
1200	6.67 ± 0.33 b	2.97 ± 0.09 b	100.00 ± 5.77 c

Las medias ± error estándar con letras distintas en cada columna indican diferencias estadísticas significativas (p≤0.05).

Efecto del fosfito en el peso fresco

Hubo diferencias estadísticas significativas cuando se adicionó Phi al medio de cultivo disminuyendo el peso fresco, ya que la ausencia del bioestimulante provocó el mayor peso fresco de hojas, tallos, raíces y total de las vitroplantas (**Tabla 4**). Al estudiar la bioestimulación en plántulas de col, a medida que aumenta la concentración de fosfito tiende a haber una reducción del peso fresco en hojas, lo cual se relacionó con la disminución en el área foliar, efecto mismo que se presenta tanto en hojas, tallos y raíces de la variedad CP 72-2086 de caña de azúcar [25].

Tabla 4. Efecto del fosfito el peso fresco (PF) de la variedad CP 72-2086 de caña de azúcar después de 30 días cultivada *in vitro*.

Phi [ppm]	PF hojas	PF tallos	PF raíces [mg]	PF total
0	620.3 ± 73.6 a	538.9 ± 62.0 a	261.4 ± 23.3 a	1420.6 ± 102.7 a
200	455.9 ± 69.5 ab	340.5 ± 35.5 b	169.0 ± 18.6 b	965.4 ± 93.8 b
600	221.7 ± 47.1 bc	341.1 ± 29.7 b	60.0 ± 12.6 c	622.8 ± 80.5 bc
1200	192.1 ± 29.4 c	163.7 ± 32.8 c	11.2 ± 0.2 c	367.0 ± 53.8 c

Las medias ± error estándar con letras distintas en cada columna indican diferencias estadísticas significativas (p≤0.05).

Efecto del fosfito en el peso seco

La adición de hasta 1200 ppm de fosfito al medio de cultivo presentó el mayor peso seco de hojas, mientras que, con la adición de hasta 600 ppm de Phi se obtuvo el mayor peso seco de los tallos, pero la ausencia del bioestimulante presentó el mayor peso seco de las raíces y la adición de 200 ppm de fosfito provoca el mayor peso total de vitroplantas de caña de azúcar (**Tabla 5**). En lechuga, tomate y plátano al adicionar fosfito correspondiente al 50 % de fósforo total, generó un aumento en el peso seco generando también mayor área foliar y por lo tanto un mayor contenido de P en toda la planta [26]. En otra investigación, al aplicar fosfito al sustrato, deficiente de fósforo, en plantas de calabacita hubo una disminución en su crecimiento y por consiguiente menor materia seca. Por lo cual sugieren, que cuando se utiliza fosfito como única fuente de fósforo o incluso cuando existe deficiencia de este nutrimento, las respuestas son negativas, debido a que se inhibe el crecimiento de la raíz, existe clorosis en láminas foliares jóvenes y una acumulación irregular de antocianinas en hojas viejas, por lo cual fosfito debe ser adicionado con suficiencia de fósforo y en bajas concentraciones [27].

Tabla 5. Efecto del fosfito el peso seco (PS) de la variedad CP 72-2086 de caña de azúcar después de 30 días cultivada *in vitro*.

Phi [ppm]	PS hojas	PS tallos	PS raíces [mg]	PS total
0	89.3 ± 10.5 a	50.7 ± 8.7 a	27.7 ± 2.5 a	167.7 ± 15.4 a
200	63.4 ± 5.0 a	47.5 ± 3.0 a	16.2 ± 2.0 b	127.0 ± 4.8 ab
600	57.4 ± 9.7 a	47.2 ± 2.1 a	1.6 ± 0.4 c	106.2 ± 8.4 b
1200	57.2 ± 8.8 a	22.0 ± 3.2 b	2.4 ± 0.1 c	81.5 ± 10.9 b

Las medias ± error estándar con letras distintas en cada columna indican diferencias estadísticas significativas (p≤0.05).

Efecto del fosfito en la acumulación de carbohidratos

La mayor concentración de glucosa y fructuosa se encontró con la adición de 1200 ppm de fosfito al medio de cultivo para estimular las vitroplantas de caña de azúcar, en tanto que la adición de 600 ppm o ausencia de Phi presentó la mayor concentración de xilosa en las vitroplantas (**Tabla 6**). La adición de 3 mg/L de Phi en la solución nutritiva de Steiner para el cultivo de fresa, en la etapa inicial y 5 mg/L en la etapa de fructificación (manteniéndose niveles óptimos de P) aumentan sus rendimientos, tamaño del fruto y concentración de azúcares totales en las hojas en la etapa de floración [28]. Por lo tanto, el Phi puede influir en el metabolismo de las plantas, estimulando la acumulación de carbohidratos, lo que puede causar cambios, tanto hormonales como químicos internos e inducir la vía del ácido shikimico, aumentando su rendimiento y calidad, además los azúcares juegan un papel importante en las plantas cuando están sometidas a periodos de estrés, acumulándose en los tejidos de mayor necesidad para la planta, teniendo un crecimiento más aletargado [29].

Tabla 6. Efecto del fosfito en la concentración de carbohidratos en la variedad CP 72-2086 de caña de azúcar después de 30 días cultivada *in vitro*.

Phi [ppm]	Glucosa	Xilosa [%]	Fructuosa
0	4.52 ± 0.06 b	6.57 ± 0.07 ab	1.38 ± 0.01 c
200	3.92 ± 0.06 c	5.88 ± 0.07 c	1.49 ± 0.02 c
600	3.61 ± 0.05 d	6.89 ± 0.09 a	2.19 ± 0.01 b
1200	5.34 ± 0.05 a	6.40 ± 0.06 b	2.46 ± 0.04 a

Las medias ± error estándar con letras distintas en cada columna indican diferencias estadísticas significativas (p≤0.05).

Efecto del fosfito en el abatimiento del medio de cultivo

Concentraciones de 600 ppm de Phi adicionados al medio de cultivo para bioestimular vitroplantas de caña de azúcar, generan el mayor abatimiento de nitrato, la ausencia del bioestimulante provocó

el mayor abatimiento de amonio, la aplicación de hasta 200 ppm de fosfito logra el mayor abatimiento de fósforo y la ausencia o adición de 1200 ppm de Phi logran el mayor abatimiento de potasio en el medio de cultivo (**Tabla 7**). Se ha comprobado que una buena adsorción de nutrimentos en las plantas promueve su desarrollo fisiológico promoviendo la producción de azúcares y, por tanto, estimulando el proceso de la fotosíntesis [30]. Los nutrimentos tienen diversas funciones en las plantas, participando en el metabolismo, crecimiento y desarrollo de las mismas [31]. El fosfito al ser un derivado del ácido fosforoso tiene influencia sobre la nutrición de las plantas, por lo cual en diversos cultivos el fosfito incrementa el rendimiento [32]. Además, se ha demostrado que el fosfito penetra fácilmente en las plantas debido a que es sistémico facilitando el transporte de macronutrimentos, cuando la planta se encuentra con un buen aporte de fósforo [33].

Tabla 7. Efecto del fosfito en el abatimiento del medio de cultivo en macronutrimentos como nitrato (NO_3-), amonio (NH_4+), fósforo (P) y potasio (K).

Phi [ppm]	NO_3-	NH_4+	P	K
		[g/L]		
0	0.14 ± 0.003 a	0.02 ± 0.004 c	0.00 ± 0.000 c	0.19 ± 0.004 c
200	0.13 ± 0.006 a	0.09 ± 0.010 b	0.01 ± 0.002 c	0.24 ± 0.009 b
600	0.05 ± 0.001 c	0.06 ± 0.004 b	0.21 ± 0.016 a	0.29 ± 0.010 a
1200	0.08 ± 0.003 b	0.39 ± 0.296 a	0.16 ± 0.008 b	0.21 ± 0.005 bc

Las medias ± error estándar con letras distintas en cada columna indican diferencias estadísticas significativas ($p \leq 0.05$).

Trabajo a futuro

Esta investigación puede continuar estudiando otras concentraciones de fosfito a partir de dosis más bajas a 200 ppm, así como otras variables para conocer como se relaciona fosfito a nivel fisiológico con la planta. También se pueden implementar otro tipo de sistemas biotecnológicos, por ejemplo, el uso de biorreactores, para comparar la exposición del contacto del medio de cultivo con el sistema radicular de la planta. Otro trabajo a futuro podría ser analizar a nivel molecular si existe alguna mutación debido a la exposición de las vitroplantas ante el fosfito. Por último, las plantas obtenidas de *in vitro*, podrían pasar a etapa de aclimatación para su respuesta ante factores no controlados.

Conclusiones

La adición de cantidades relativamente bajas de Phi (200 ppm) en el medio de cultivo, para bioestimular la variedad CP 72-2086 de caña de azúcar, promueve su desarrollo morfológico, en tanto que concentraciones de 600 a 1200 ppm de Phi generan una mayor concentración de carbohidratos y nitratos, sin embargo, la ausencia del fosfito provocó el mayor abatimiento de amonio, fósforo y potasio.

Agradecimientos

Al LADISER de Biotecnología y Criobiología Vegetal de la Facultad de Ciencias Químicas de la Universidad Veracruzana y el Laboratorio de Nutrición Vegetal *LABSAB* del Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo, por las facilidades brindadas para el desarrollo de esta investigación.

Referencias

[1] F. R. Marín, M. A. Farías, F. Villegas, J. M. R. Baide y M. Van den Berg, " Modelación de la caña de azúcar en Latinoamérica: Estado del arte y base de datos para parametrización", EUR 29018 ES, Oficina de Publicaciones de la Unión Europea, Luxemburgo, 2018.

[2] FAOSTAT, "Estadísticas agrícolas de caña de azúcar", 2018. [En línea]. Disponible: http://www.fao.org/faostat/es/#data/QC
[3] SIAP, "Anuario estadístico de la producción agrícola", 2018. [En línea]. Disponible: https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola/
[4] P. Cairo, B. Díaz and A. Rodríguez, "Soil quality indicators in Vertisols under sugarcane", *Archives of Agronomy and Soil Science*, vol. 63, no. 11, pp. 1477–1488, 2017.
[5] Aucatoma, R. Castillo, J. Mendoza, E. Silva, F. Garcés y E. Vázquez, "Factores que afectan la calidad de la caña de azúcar", Carta informativa 17, Cincae, no. 1, pp. 1-16, 2015.
[6] M. C. Pastelín y O. Castañeda, "Afectaciones fisiológicas y bioquímicas en vitroplantas de caña de azúcar en respuesta al estrés hídrico y salino", *Rev*. *Mex*. *Cienc*. *Agríc*., vol. 9, no. 7, pp. 1483-1493, 2018.
[7] A. Hernández, "La agroindustria de la caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) en México", *Agroproductividad*, vol. 7, no. 2, pp.35-42, 2014.
[8] P. du Jardin, "Plant biostimulants: Definition, Concept, Main Categories and Regulation", *Rev*. *Scientia Horticulturae*, vol. 196, pp. 03-14, 2015.
[9] A. Borbor y G. Suárez, "Producción de tres híbridos de pimiento (*Capsicum annuum*) a partir de semillas sometidas a inhibición e imbición más campo magnético en el campo experimental Río Verde, cantón Santa Elena", Tesis de Grado, Universidad Estatal Península de Santa Elena, La Libertad-Ecuador, 2007.
[10] R. N. I. Torres, L. I. Trejo, F. C. Gómez, G. Alcántar, F. Bello, B. I. Trejo y P. Sánchez, "Fosfito en la fenología en dos variedades de lisianthus", *Agroproductividad*, vol. 11, no. 8, pp. 163-166, 2018.
[11] F. Rodríguez, "El fosfito: frontera entre la nutrición de cultivos y el control de plagas y enfermedades", pp. 48-53, 2017. [En línea]. Disponible: https://www.ecorfan.org/handbooks/Ciencias%20de%20la%20Quimica%20y%20Agronomia%20TI/HCQA_TI_6.pdf
[12] F. C. Gómez and L. I. Trejo, "Biostimulant activity of phosphite in horticulturae", *Review Scientia Horticulturae*, vol. 196, pp. 82-90, 2015.
[13] T. Murashige and F. Skoog, "A revised medium for rapid growth and bioassays with tobacco tissue cultures", *Physiologia Plantarum*, vol. 15, pp. 473-497, 1962.
[14] D. Córdoba, J. Vargas, J. López y A. Muñoz, " Crecimiento de la raíz en plantas jóvenes de Pinus pinceana Gordon en respuesta a la humedad del suelo", *Agrociencia*, vol. 45, no. 4, pp. 493-506, 2011.
[15] R. Kirk, R. Sawyer y H. Egan, "Composición y análisis de alimentos de Pearson", 2da. Edición, Compañía editorial Continental SA de CV, México, 1996.
[16] International Organization for Standardization, ISO-11292:1195, Instant Coffe, "Determination of free and total carbohydrate contents", Method using high performance anion-exchange chromatography, Geneva, Switzerland, 1995. [En línea]. Disponible: https://www.iso.org/standard/19270.html
[17] P. J. Kirk, "Método de Kjeldahl para nitrógeno total", *Anal*. *Chem*., vol. 22, pp. 354-358, 1950.
[18] G. G. Alcántar y M. V. Sandoval, "Manual de análisis químico de tejido vegetal", Publicación especial, no. 10, SMCS, Chapingo, Texcoco, Estado de México, p. 150 , 1999.
[19] M. Cervera, R. Cautín y G. Jeria, "Evaluación del fosfito cálcico, potásico y magnésico en el control de *Phytophthora cinnamomi* en paltos (*Persea americana* Mill) cv. Hass plantados en contenedor", In *Proceedings VI World Avocado Congress*, Viña del Mar, Chile, p. 8, 2007.
[20] C. A. Casasola, L. I. Trejo, G. Alcántar, F. C. Gómez y S. García, "Cadmio y fosfito en crecimiento de plántulas de tomate", Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo, Texcoco, Estado de México, 2017.
[21] A. Lamilla, E. Colina, C. Castro, D. Santana, G. García, O. Mora, M. U. Vélez y J. León, "Fertilización con potasio y fosfitos, sobre el rendimiento de Maíz Duro (*Zea Mays*) en la zona subcentral Litoral", *European Scientific Journal*, vol. 14, no. 15, pp. 46-57, 2018.
[22] G. D. Martínez, "Efectos de la aplicación de silicio y fosfito de potasio en la variedad de arroz SFL-09 (*Oryza sativa*. L)", Tesis de Grado, Universidad de Guayaquil, Guayaquil, Ecuador, 2017.

[23] R. Glinicki, L. Sas and E. Jadczuk, "The effect of plants stimulant/fertilizer “Resistim” on growth and development of strawberry plants", *Journal of Fruit and Ornamental Plant Research*, vol. 18, no. 1, pp. 111-124, 2010.
[24] L. Knowles, R. Trimble and R. Knowles, "Phosphorus status affects postharvest respiration, membrane permeability and lipid chemistry of European seedless cucumber fruit (Cucumis sativus L.)", *Postharv*. *Biol*. *Technol*., vol. 21, pp. 179-188, 2001.
[25] O. R. Pérez, L. I. Trejo, F. C. Gómez, A. Contreras y N. I. Torres, "Fosfito y ácido salicílico en crecimiento de plántulas de col", En *Contribución a la Ciencia en México*, vol. 2, 2016.
[26] F. Bertsch, F. Ramírez y C. Henríquez, "Evaluación del fosfito como fuente fertilizante de fósforo vía radical y foliar", *Agronomía Costarricense*, vol. 33, no. 2, pp. 249-265, 2009.
[27] A. M. Ratjen and J. Gerendás, "A critical assessment of the suitability of phosphite as a source of phosphorus", *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, vol. 172, no. 6, pp. 821-828, 2009.
[28] E. Estrada, L. I. Trejo, F. C. Gómez, R. Núñez y M. Sandoval, "Respuestas bioquímicas en fresa al suministro de fósforo en forma de fosfito", *Revista Chapingo Serie Horticultura*, vol. 17, no. 3, pp. 129-138, 2011.
[29] C. J. Lovatt and R. L. Mikkelsen, "Phosphite fertilizers: What are they? Can you use them? What can they do?", *Bette Crops*, vol. 90, no. 4, pp. 11-13, 2006.
[30] R. S. Singha and T. Baugher, "Concise encyclopedia of temperate tree fruit", CRC Press, 2003.
[31] F. W. Smith, "Plant responses to nutritional stress", In *Hawkesford M*. *J*., Buchner P. (eds.), Molecular Analysis of Plant Adaptation to the Environment, Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, pp. 249-269, 2001.
[32] M. Carmona y F. Santúa, "Impacto de la nutrición y de fosfitos en el manejo de enfermedades en cultivos extensivos de la región pampeana", In *Actas Simposio Fertilizar*, pp. 73-82, 2011.
[33] G. Mixquititla y O. G. Villegas, "Importancia de los fosfatos y fosfitos en la nutrición de cultivos", *Acta Agrícola y Pecuaria*, vol. 2, no. 3, pp 55-61, 2016.

Saneamiento del híbrido MSXJ de papaya contra el virus de la mancha anular de papaya

J. Martínez-Ballesteros[1], J. E. Bulbarela-Marini[1], M. C. Pastelín-Solano[1], L. A. Solano-Rodríguez[2], O. Castañeda-Castro[1]*
[1]Universidad Veracruzana. Facultad de Ciencias Químicas. Prolongación de Oriente 6 No. 1009. C. P. 94340, Orizaba, Veracruz. México
[2]Laboratorio de Biotecnología Vegetal, Producción Genética Agropecuaria de México S. P. R., de R. L., de C. V. (PROGAMEX), Parque Innovación y Desarrollo del Estado de Veracruz. ITESM Campus Veracruz. Córdoba, Veracruz, México
**odcastaneda@uv.mx*

***Área de participación**: Ingeniería Química*

Resumen

La papaya (*Carica papaya*), es un fruto de importancia económica y alimenticia en México. El híbrido MSXJ de Papaya presenta características sobresalientes como tolerancia a altas temperaturas y una baja frecuencia de carpeloidía, siendo una alternativa comercial para el mercado de exportación. El cultivo es principalmente afectado por el virus de la mancha anular del Papayo (PRSV), una enfermedad viral que afecta el rendimiento y calidad del fruto, por tanto, es de suma importancia el establecimiento de plantas sanas. Las técnicas de cultivo de tejidos vegetales y termoterapia en ápices, son usadas para la eliminación de virus en cultivos. El objetivo del trabajo fue el saneamiento de vitroplantas MSXJ infestadas con el PRSV mediante termoterapia y su confirmación de la eliminación mediante RT-PCR. Las vitroplantas MSXJ toleran la termoterapia a 40 °C de temperatura con índices altos de sobrevivencia (100 %) y alta eficiencia de saneamiento (80 %) PRSV.

***Palabras clave**: Carica papaya, PRSV, RT-PC*.

Abstract

Papaya (Carica papaya L.) is a fruit of economic and nutritional importance in Mexico. The MSXJ hybrid of papaya has outstanding characteristics such as tolerance to high temperatures and a low frequency of carpellody, drunk to its characteristics presented by the MSXJ hybrid, becomes a commercial alternative for the export market. However, the cultivation of papaya is mainly affected by Papaya Ringspot Virus (PRSV), a viral disease that affects the yield and quality of the fruit, therefore, the establishment of healthy plant crops is of paramount importance. The techniques of cultivation of plant tissues and thermotherapy in apices are used for the elimination of viruses in many crops. Therefore, the objective of this work was the sanitation of vitroplants of the MSXJ hybrid of Papaya infested with the PRSV by means of the thermotherapy technique and its confirmation of the elimination by RT-PCR. MSXJ vitroplants tolerate thermotherapy in a temperature of 40 °C with high survival rates (100%) and high sanitation efficiency (80 %) PRSV.

***Key words**: Carica papaya, PRSV, RT-PC*.

Introducción

La papaya (*Carica papaya* L.) es un cultivo de importancia económica para las regiones tropicales y subtropicales, es la tercera fruta tropical más consumida del mundo, debido a su sabor dulce y a que proporciona un elevado contenido de vitaminas A, B y C. Se consume como fruta fresca y en productos procesados [1, 2]. México es el tercer productor a nivel mundial [3] con una producción de 961,768.25 toneladas de las cuales el 98 % corresponden a la variedad Maradol [4]. La mayor parte de la producción es para el mercado de exportación, siendo Estados Unidos de América (EUA) el principal mercado, el cual demanda frutos de calidad, con sabor dulce y tamaño homogéneo [5]. Además, la demanda a nivel mundial ha aumentado un 36.6% [6].

La papaya MSXJ es un híbrido realizado por el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). El híbrido MSXJ de papaya presenta características sobresalientes como tolerancia a

temperaturas superiores a 35 °C durante la floración y una baja frecuencia de carpeloidía, por ello es considerado un cultivar productivo con la capacidad para producir de 31 a 41 frutos alargados con un peso promedio de 1.5 kg con un rendimiento entre 50 y 60 kg por planta, con una productividad de 100 a 125 t ha^{-1}, el fruto tiene un tamaño intermedio entre 25 y 29 cm de longitud y de 10 a 13 cm de diámetro [7]. Presenta una pulpa consistente, con una firmeza de 8 a 12 N y un contenido se sólidos solubles totales de 10.5 a 11.0 °Brix [8]. Debido a la calidad que el fruto de MSXJ presenta, se convierte en una alternativa comercial a la variedad Maradol para el mercado de exportación [9].

El cultivo de papaya presenta problemas fitosanitarios, uno de los más dañinos es el Virus de la Mancha Anular de la Papaya (PRSV), que pertenece al género *Potyvirus*, con un único filamento de RNA, es una enfermedad viral trasmitida a través de insectos vectores áfidios que afecta a plantas de todas las edades y generando síntomas después de 3 o 4 semanas de infección. Causa síntomas de mosaico en las hojas, bandas oleosas y acuosas en los pecíolos de las hojas y en el tronco de la planta, provocando un bajo rendimiento del cultivo y una mala calidad del fruto [10, 11]. En los casos severos las plantas pierden capacidad fotosintética, generan una necrosis sistemática y marchitamiento. El PRSV en etapas tempranas de infección las plantas se atrofian y no desarrollan frutos; las plantas maduras infectadas producen frutos de mala calidad con protuberancias o manchas en forma de anillo y una concentración baja de azucares [12]. Los métodos para la detención e identificación de virus son de gran importancia para el manejo de esta enfermedad, estos deben ser los más convenientes, efectivos, específicos y rápido [13].

La técnica de cultivo *in vitro*, permite la propagación masiva de plantas elites provenientes de campo, que garantiza obtener material vegetal homogéneo con alto rendimiento y mejor calidad de fruto, para el establecimiento de huertos libres de enfermedades [14]. Para lograr este objetivo es necesario el establecimiento de procesos de saneamiento vegetal que garanticen que el material vegetativo esté libre de enfermedades, una alternativa es el uso de la técnica de termoterapia *in vitro* que permite la erradicación de virus al exponer los tejidos vegetales a una temperatura entre 35 a 45 °C por periodos de tiempo de 20 a 30 días, esta técnica permite la eliminación de virus en diversos cultivos. Sin embargo, su tasa de éxito ha sido poco favorable debido a la baja erradicación del virus y a un bajo porcentaje de sobrevivencia [15].

Las técnicas moleculares permiten evaluar la sanidad del material vegetal una vez que fueron sometidos a saneamiento, por ejemplo, la Reacción en Cadena de la Polimerasa con Transcriptasa Reversa (RT-PCR) es utilizada para la detención de virus, que se divide en tres fases: en la extracción y purificación del RNA del virus presente en la planta, la amplificación de un segmento seleccionado del genoma del virus y la detención de los fragmentos amplificados en la PCR utilizando electroforesis [16].

En este experimento se realizó la técnica de termoterapia *in vitro* en ápices del híbrido MSXJ de papaya, utilizando un termociclador debido a que permite mantener una temperatura con mayor estabilidad durante el desarrollo de la termoterapia para la eliminación del Virus de la Mancha Anular de la Papaya (PRSV), utilizando como confirmación de la eliminación del virus la prueba molecular RT-PCR.

Metodología

Ubicación

El presente trabajo de investigación se llevó a cabo en los laboratorios de Biotecnología y Criobiología Vegetal de la Facultad de Ciencias Químicas de la Universidad Veracruzana, campus Orizaba, Veracruz.

Material vegetal

Se utilizaron plantas del híbrido MSXJ de papaya positivas para Virus de la Mancha Anular de la Papaya (PRSV) con ocho meses de edad y cultivadas en el campo experimental “La tinaja”, Cotaxtla, Veracruz, México localizado en las coordenadas geográficas 18° 44'-18° 59' latitud norte y 96° 11'- 96° 32' longitud oeste a una altitud de 10 a 200 metros sobre el nivel del mar y vitroplantas del híbrido MSXJ de papaya, provenientes de semillas introducidas *in vitro*.

Multiplicación *in vitro*

La propagación *in vitro* de los tejidos positivos en PRSV fueron cultivados en medio de cultivo MS [17] suplementado con 10 mg L^{-1} adenina, 40 mg L^{-1} tiamina, 100 mg L^{-1} myo-inositol, 100 mg L^{-1} ácido ascórbico, 0.2887 µM GA_3, 0.2685 µM ANA y 2.219 µM BAP, 30 g L^{-1} sacarosa y 2.3 g L^{-1}, contenidos 30 mL en frascos con capacidad para 250 mL, mismos que fueron esterilizados en autoclave vertical a 120 °C durante 15 minutos.

Extracción de RNA

La extracción del RNA total se efectuó utilizando el protocolo establecido con TRIsure™ (Bioline, London, UK) utilizando 100 mg del material vegetal del híbrido MSXJ en condiciones de campo y de *in vitro*.

Diagnóstico molecular de PRSV en plantas del híbrido MSXJ de papaya mediante RT-PCR

Para determinar la incidencia del PRSV en plantas del híbrido MSXJ de papaya provenientes de campo y de cultivo *in vitro*, se realizó el estudio molecular de retrotranscipción y la reacción en cadena de la polimerasa (RT-PCR) implementando la metodología y los iniciadores reportados por Tuo *et al*. [18] (Tabla 1). Posterior a la RT-PCR se realizó una electroforesis en geles de agarosa al 2 %.

Tabla 1. Primers utilizados para la detección del virus Virus de la Mancha Anular de la Papaya en el híbrido MSXJ de papaya.

Virus	Primer	Secuencia (5'-3')	Tamaño del fragmento (pb)	Gen objetivo	Ubicación (nt)[b]
PRSV	PRSV613-F	TTGTGTACGACTTCTCACCGAA	613	P3	3693-3714
	PRSV613-R	CGAATGTCATCCAAAGACTGATGA TAAAC			4277-4305

La reacción se llevó a cabo en un volumen final de 25 µL que conteniendo la molécula molde de cDNA, 5 µL Buffer de PCR 5X (Bioline), 2 µL de $MgCl_2$ (25 mM), 5 mM dNTP's y 20 µM de Primer PRSV-613F y PRSV-613R, 5 unidades de enzima Go-Taq ADN polimerasa (Bioline).

Los productos de PCR se amplificaron usando un termociclador (Apollo ATC 201, NYXTECHNIK) bajo el siguiente programa: un ciclo a 94 °C por 3 min; seguido de 35 ciclos con 94 °C durante 30 s; un alineamiento a 58 °C durante 30 s; 72 °C durante 60 s y una extensión final a 72 °C durante 5 min.**Electroforesis**

La electroforesis se llevó acabo en geles de agarosa al 2 %, con bromuro de etidio y buffer TAE 1x. se ocupó un volumen de muestra de 10 µL y una escalera de peso molecular de 100 pb (Axygen Scientific, Fisher Scientific, Madrid, Spain).

Termoterapia *in vitro*

La desinfestación del híbrido MSXJ de papaya, a través de la termoterapia se realizó siguiendo la metodología descrita por Torres *et al.* [19]. Se utilizaron ápices de 1 cm de vitroplantas confirmadas y positivas para Virus de la Mancha Anular de la Papaya (Figura 1a), mismos que fueron colocados dentro de microtubos con capacidad para 200 µL (Fig. 1b), adicionandos medio de cultivo líquido MS (Murashigue y Skoog, 1962), esto con base a la formulación propuesta por Solís *et al*. [20].

Los microtubos con los ápices del híbrido MSXJ de papaya, se incubaron dentro de un termociclador AXYGEN® (MaxyGene II, California, USA), utilizando una temperatura de 40 °C en los tratamientos con 2, 4 y 7 horas, como testigo se utilizaron vitroplantas del híbrido MSXJ libres del Virus de la Mancha Anular de la Papaya (Fig. 1c). Transcurridos los tratamientos establecidos en termoterapia, se introdujeron los ápices tratados en medio MS de cultivo semisólido para regeneración, en condiciones de 16 h luz / 8 h de oscuridad a una temperatura de 25 °C para su crecimiento durante 45 días (Figura 1d).

Por otro lado, se utilizaron vitroplantas, las cuales fueron obtenidas mediante la germinación *in vitro* de semillas de frutos con 30 días de poscosecha de plantas del híbrido MSXJ positivas para PRSV.

 ISSN 2007-8102



Figura 1. Ápices positivos en PRSV. a) etapa de micropropagación; b) en microtubos con medio liquido; c) etapa de termoterapia mediante termociclador; d) plantas en medio MS después de 24 días.

Resultados y discusión

Diagnóstico molecular en el híbrido MSXJ de papaya

Las plantas provenientes de campos del híbrido MSXJ de papaya analizadas mediante RT-PCR se muestran positivas al virus PRSV antes de la termoterapia (Fig. 2a). las vitroplantas del híbrido MSXJ expuestas a termoterapia mostraron un saneamiento positivo en PRSV (Figura 2b).

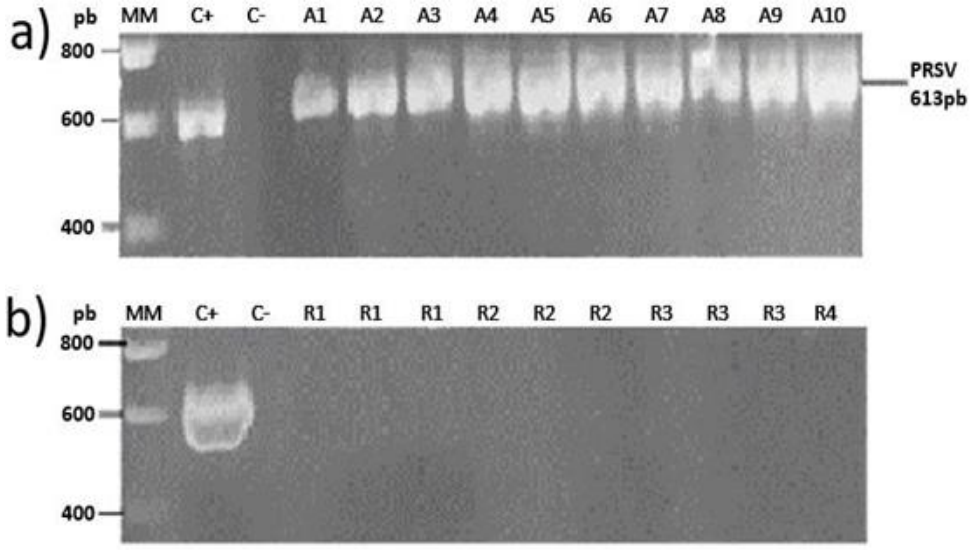


Figura 2. Electroforesis de las RT-PCR. a) Electroforesis de la presencia de plantas infectadas con PRSV; b) Determinación de la presencia del virus PRSV mediante RT-PCR después de la termoterapia. Donde en el carril C+: planta infectada como control positivo, carril C-: planta sana control negativo, carril M: marcador del peso molecular HyperLadder 1kb (AXYGEN. Fischer Scientific SL, Madrid, Esp.).

Termoterapia *in vitro* de ápices

Las vitroplantas del híbrido MXSJ de papayas infestadas con PRSV y saneadas mediante la termoterapia de los ápices, fueron favorables, debido a que la temperatura de 40 °C en tiempos que van de 0 a 4 horas presentó un porcentaje del 100 % de sobrevivencia (Tabla 2).

Tabla 2. Sobrevivencia de vitroplantas del híbrido MSXJ de papaya saneadas de PRSV mediante termoterapia, después de 24 días.

Tratamiento	Temperatura (°C)	Tiempo (h)	Sobrevivencia (%)
Test.	-	-	100.00±0.00a
T 1	40	2	100.00±0.00a
T 2	40	4	100.00±0.00a
T 3	40	7	26.66±6.66b

Medias ± error estándar con letras distintas en las columnas indican diferencia estadística significativa (P < 0.05).

Se obtuvieron los valores de sobrevivencia más altos (100 %) a través del testigo, tratamiento 1 y tratamiento 2, cuando todos tratamientos fueron sometidos a 40 °C, pero en tiempos distintos (2 y 4 hrs), estos resultados son muy similares a los reportados por Torres *et al.* [19] cuyas pruebas de termoterapia se llevaron a cabo utilizando un termociclador, en explantes de camote expuestos a una temperatura de 40° C, obtuvo una sobrevivencia del 100 %. En contraste en experimentos realizados en cámaras con un ambiente controlado, como el experimento reportado por Dugassa *et al.* [21] que obtuvo un porcentaje de sobrevivencia del 36.5 %, cabe señalar que este experimento se llevó acabo con pruebas de distintas temperaturas, que iban de 32 a 36 °C por un periodo de tiempo de una semana.

De acuerdo con lo reportado por Hu *et al*. [15], ellos establecen que la manera en la que actúa el mecanismo, cuando se somete a termoterapia, es que el estrés provocado por el calor inhibe la replicación del virus en tejidos vegetales, cuando se encuentran en etapa de crecimiento, especialmente cuando se exponen a temperaturas no letales, con estos resultados queda demostrado que la técnica de termoterapia es altamente efectiva, cuando se pretende la eliminación del virus y la sobrevivencia explantes vegetales.

Las vitroplantas del híbrido MXSJ de papaya que fueron sometidas a la desinfestación por termoterapia, tuvieron comportamientos distintos, ya que el tratamiento que consta de una temperatura de 40 °C durante 4 horas, obtuvo el porcentaje mas alto (80 %) de saneamiento por el Virus de la Mancha Anular de la Papaya (Tabla 3).

Tabla 3. Saneamiento de vitroplantas del híbrido MSXJ de papaya infestadas por el Virus de la Mancha Anular de la Papaya mediante termoterapia.

Tratamiento	Temperatura (°C)	Tiempo (h)	Saneamiento (%)
Test.	-	-	0.00±0.00c
T 1	40	2	64.00±15.68ab
T 2	40	4	80.00±13.33a
T 3	40	7	19.99±8.16bc

Medias ± error estándar con letras distintas en las columnas indican diferencia estadística significativa (P < 0.05).

En el tratamiento T2 se obtuvo el mejor valor de saneamiento (80 %) resultado similar fue reportado por Min *et al.* [22] cuyas pruebas de termoterapia se llevaron a cabo en cámaras con un ambiente controlado, que obtuvo un saneamiento del 63 %.

Aqleem *et al.* [23] realizo pruebas de termoterapia para reducir el virus (PLRV) de las hojas de la papa en periodos de 30 a 55 días bajo un régimen de temperaturas de 32 y 37 °C resultado que permitió la erradicación del virus usando material directo de campo.

Rodríguez *et al*. [24] realizo experimentos de termoterapia en baño maría en temperaturas de 54 a 60 °C con un tiempo de exposición de 1 horas y se obtuvieron valores de saneamiento del 37.42 al 72.91 %. de acuerdo con

Min *et al.* [19] determina que la eficacia de la termoterapia no solamente se basa en la eliminación del virus sino además se debe de obtener altos índices de sobrevivencia.

Trabajo a futuro

Se recomienda realizar la evaluación de la aclimatización de las plantas saneadas, así como su evaluación morfoagronómica en campo.

Conclusiones

El híbrido MXSJ de papaya infectada con PRSV y sometido al tratamiento de termoterapia a una temperatura de 40 °C y tiempo de 4 horas, demostró la mayor efectividad de sobrevivencia y saneamiento de ápices.

Agradecimientos

Al Laboratorio de Biotecnología Vegetal, Producción Genética Agropecuaria de México S. P. R., de R. L., de C. V. (PROGAMEX) por el material vegetal proporcionado.

Referencias

[1] T. Vij and Y. Prashar. “A review on medicinal properties of *Carica papaya* Linn”. *Asian Pacific Journal of Tropical Disease*, vol. 5, no. 1, pp. 1-6, 2015.

[2] J. V. Megchún, D. A. Rodríguez, M. R. Castañeda, J. Murguía, F. Lango and O. R. Leyva. *International Journal of Environment Agriculture and Biotechnology*, vol.2, no. 2, pp. 874-880, 2017.

[3] FAO. (2017). [Online]. Available: http://www.fao.org/faostat/es/?#data

[4] SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera). (2017). Anuario estadístico de la producción agrícola [Online]. Available: https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola

[5] SAGARPA. (2018) Planeación Agrícola Nacional (2017-2030) PAPAYA Mexicana [Online].

[6] P. L. Posada, K. R. Gómez, P. J. Pérez, V. M. Reyes and M. O. Norman. “Development of a new papaya (*Carica papaya* L.) hybrid IBP”. *Interciencia*, vol. 35, no 6, pp. 461-465, 2010.

[7] F. Mirafuentes and F. Santamaría. “MSXJ, híbrido de papaya sin carpeloidía para el sureste de México”. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, vol. 5, no. 7, pp. 1297-1301, 2014.

[8] G. E. Vázquez, B. F. Santamaría and V. O. Mata. “Manejo postcosecha y empaque. In: estándares de calidad de papaya. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP)”. *Centrode Investigación Regional Sureste. Mérida, Yucatán, México*, pp. 106, 2012.

[9] F. Santamaría, F. Mirafuentes, J. M. Zavaja y E. Vázquez. “Calida de frutos de materiales comerciales de papaya roja producidos en Yucatán, México”. *Agronomía Costarricense*, vol. 39, no. 1, pp. 161-167, 2015.

[10] D. Ordaz, J. Gámez, J. Hernández, E. Espinosa, P. Rivas and I. Castro. “Resistencia de *Vasconcellea cauliflora* al Virus de la Mancha Anular de la Papaya-potyvirus (PRSV-P) y su introgresión en *Carica papaya*”. *Revista mexicana de fitopatología*, vol. 35, no. 3, pp. 571-590, 2017.

[11] N. Kumar, H. Singh and C. Kalleshwaraswamy. “Aphid (*Aphididae*: homoptera) vectors of Papaya Ringspot Virus (PRSV), bionomics, transmission efficiency and factors contributing to epidemiology*”. Acta Horticulturae*, vol. 851, no. 67, pp. 431-443, 2010.

[12] I. Hamim, , W. B. Borth, J. Marquez, J. C. Green, M. J. Melzer and J. S. Hu. “Transgene-mediated resistance to Papaya Ringspot Virus: challenges and solutions”. *Phytoparasitica*, vol. 46, no. 1, pp. 1-18, 2018.

[13] M. González-Lázaro, F. Hernández-Rosas, F. C. Gómez-Merino, M. C. Pastelín-Solano, J. E. Bulbarela-Marini, L. A. Solano-Rodríguez and O. Castañeda-Castro. “PCR diagnosis and *in vitro* sanitation of the papaya MSXJ hybrid with ringspot virus disease”. *Chilean Journal of Agricultural Research*, vol. 79, no. 3, pp. 376-384, 2019.

[14] F. López-Fortoso, L. A. Solano-Rodríguez, M. C. Pastelín-Solano, L. A. Sanchez-Bazán, L. G. Balderas-Solano and O. Castañeda-Castro. “Lengthening, rooting and acclimatization of *in vitro* propagated plants of the MSXJ hybrid of Papaya (*Carica papaya*)”, *Mexican Journal of Biotechnology*, vol. 4, no. 3, pp. 33-40, 2018.

[15] G. Hu, Y. Dong, Z. Zhang, X. Fan, F. Ren and J. Zhou. “Virus elimination from *in vitro* apple by thermotherapy combined with chemotherapy". *Plant Cell, Tissue and Organ Culture (PCTOC),* vol. 121, no. 2, pp. 435, 2015.

[16] M. Orozco, M. M. Robles, J. J. Velázquez, M. A. Manzanilla-Ramírez and M. J. Bermúdez. “Diagnóstico de enfermedades. In: El limón mexicano (*Citrus aurantifolia*)”. *Talleres Gráficos de Prometeo*, pp. 345-362, 2014.

[17] T. Murashige and F. Skoog. “A revised medium for rapid growth and bioassays with tobacco tissue culture”. *Physiologia Plantarum*, vol. 15, pp. 437-497, 1962.

[18] D. Tuo, W. Shen, Y. Yang, P. Yan, X. Li, and P . Zhou. “Development and Validation of a Multiplex Reverse Transcription PCR Assay for Simultaneous Detection of Three Papaya Viruses”. *Viruses*, vol. 6, no. 1, pp. 3893-3906, 2014.

[19] P. Torres, W. Montero, and C. Varela. “Metodología para el diagnóstico viral y la producción de plantas de camote libres de virus”. Costa Rica: ITCR, 2013.

[20] L. R. Solís, J. Olivera and R. S. La Rosa. “Propagación *in vitro* de *Carica papaya* var. PTM-331 a partir de meristemos apicales”. *Revista Peruana de Biología*, vol. 18, no. 3, pp. 343-347, 2011.

[21] G. Dugassa and Tileye Feyissa. “*In vitro* production of virus-free *Sweet potato* [ipomoea batatas (l.) lam] by meristem culture and thermotherapy”. *Ethiopian Journal of Science*, vol. 34, no. 1, pp. 17-28, 2011.

[22] W. Min, C. Zhen, L. Jin, H. Xin, Z. Lei and W. Qiao. “*In vitro* thermotherapy-bases methods for plant virus eradication”. *Plant Methods*, vol. 14, no. 87, pp. 87, 2018.

[23] A. Aqleem, A. Muhammad, and A. Asad. “Use of hot water-thermotherapy to free potato tubers of Potato leaf roll virus (PLRV)”. *International Journal of Life Sciences Scientific Research,* vol. 2, no. 1, pp. 155-162. 2016

[24] D. Rodríguez, M. Alonso, T. Tornet, L. Valero, E. Rainildes and R. Pérez. “Evaluación de accesiones cubanas de papaya (*Carica papaya* L.) ante la mancha anular”. *Summa Phytopathologica*, vol. 39, no 1, pp. 24-27, 2013.

Numerical simulation of forced convection induced in an industrial scale electrochemical reactor

J. A. Yáñez Varela[1], S. A. Martínez Delgadillo[2]*
[1]Posgrado en Ing. de Procesos, Universidad Autónoma Metropolitana Azcapotzalco, Av. San Pablo 180. Azcapotzalco, CP 02200, CDMX, México
[2]Depto. Ciencias Básicas, Universidad Autónoma Metropolitana Azcapotzalco, Av. San Pablo 180. Azcapotzalco, CP 02200, CDMX, México
**al2182800033@azc.uam.mx*

***Área de participación**: Ingeniería Química*

Resumen

Este trabajo presenta un análisis de dinámica de fluidos computacional de dos mecanismos de convección forzada implementados en un reactor electroquímico a escala industrial. El reactor tiene el objetivo principal de reducir el cromo hexavalente acuoso proveniente de los baños de enjuague de la industria de galvanoplastia. Los mecanismos disponibles en la planta galvanoplástica son agitación mecánica con impulsor y agitación neumática con sopladores de aire. Los resultados teóricos confirman que, debido a la geometría y la disposición de la celda electroquímica, los sopladores de aire desarrollan un flujo homogéneo, mientras que la agitación mecánica solo mejora la circulación en la zona del impulsor. Este comportamiento explica los resultados obtenidos a escala industrial, ya que la tasa de reducción de Cr (VI) es más rápida con la agitación neumática, por lo que este mecanismo debe seleccionarse.

***Palabras clave**: Reactor Electroquímico, Cromo Hexavalente, Simulación Numérica, Flujo de Fluidos*

Abstract

This work presents a computational fluid dynamics analysis of two mechanisms of forced convection implement in an industrial scale electrochemical reactor. The reactor has the main objective of reducing aqueous hexavalent chromium from rinse baths of the electroplating industry. The mechanisms available in the manufacturing plant are mechanical agitation with an impeller and pneumatic agitation with air blowers. Theoretical results confirm that due to the geometry and arrangement of the electrochemical cell, the air blowers develop a homogeneous flow, while the mechanical agitation only enhances the circulation in the impeller zone. This behavior explains the results obtained at the industry scale since the rate of Cr(VI) reduction is faster with pneumatic agitation, so this mechanism must be selected.

***Keywords**: Electrochemical Reactor, Hexavalent Chromium, Numerical Simulation, Fluid Flow*

Introduction

Electroplating industries are an anthropogenic source of hexavalent chromium (Cr(VI)) present in wastewaters. Due to the poisonous properties of Cr(VI) for mammals is necessary to remove from the waste effluents to avoid its incorporation toward the food chain [1]. Several electroplating industries in the Metropolitan Area of Mexico City are small and medium businesses that have a small gap in the amount of investment, so it is highly expensive to pay for treating their wastes [2]. The current strong environmental regulations have been to force this industry to implement technologies to make a non-polluting production.

Electrochemical reduction under acid conditions using iron electrodes has been a profitable technique in its implementation to remove Cr(VI) from the wastewaters of this industry, since that the equipment and infrastructure are very similar to the available in this kind of manufacturing plants [3]. The overall reactions of this process are:

 ISSN 2007-8102

$$6Fe^{2+}_{(aq)} + Cr_2O^{2-}_{7(aq)} + 14H^{+}_{(aq)} \rightarrow 6Fe^{3+}_{(aq)} + 2Cr^{3+}_{(aq)} + 7H_2O \quad (1)$$

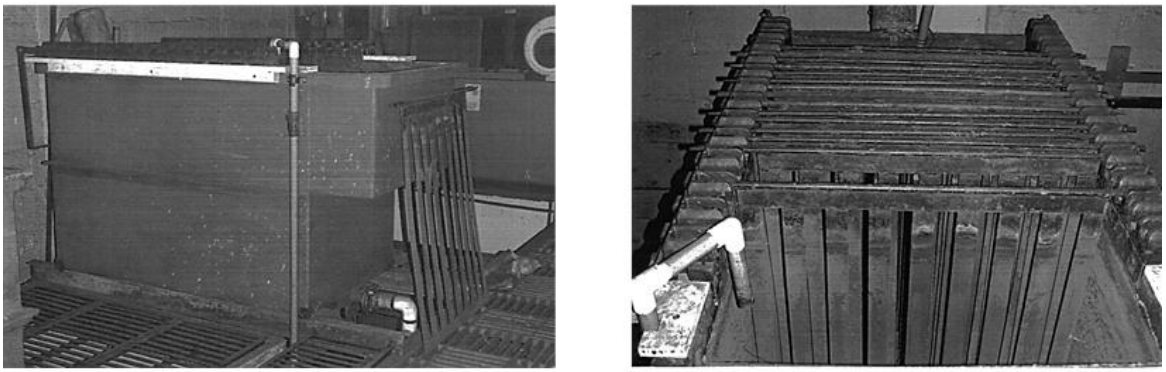
The electrochemical reduction is based on the electro-dilution of Fe(II) from the anodes which acts as a reducing agent of Cr(VI) to trivalent chromium (Cr(III)). After the reduction, the pH of the medium is raised to nine units to cause the precipitation of the metal hydroxides [4]. The success of the electrochemical reduction depends on to maintain an acid pH and a high mass transfer during the electrolysis [5].

The present work focus on comparing two forced convection mechanism to enhance the mass transfer in an industrial scale batch electrochemical reactor. The electrochemical reactor operates in industry “Alvarez Hermanos S.A. de C.V.” located industrial zone of Vallejo, Mexico City. The objective of implementing forced convection is to increase the reduction rate of Cr(VI) which implies the reduction of power consumption. The available mechanisms in the manufacturing plant are mechanical agitation with a four-blade impeller, and pneumatic agitation with air blowers connect to a stream of compressed air. The investigation of both agitation mechanism was with computational fluid dynamics (CFD) tools to resolve the flow behavior in the steady-state and evaluate the convection in all zones of the reactor. Also, plant tests were performed to confirm that improvement improvements of each mechanism in the reduction of Cr(VI) see with the CFD analysis. Experimental and numerical analyses are carried out to understand the behavior of flow especially in the zone between electrodes.

Methodology

Batch Electrochemical Reactor

The electrochemical reactor vessel has a capacity of 1250 L, with 1 m high, 0.9 m width, and 1.5 m long. The electrochemical reactor has 15 electrodes, eight were used as a cathode and seven as an anode (Fig. 1 A). The electrodes are rectangular plates of carbon steel of ¼” thickness with 0.95 m high and 0.85 m width. The holes of electrodes are 0.85 m high and 0.05 m width (Fig. 1 B). The electrodes operation was in monopolar with a gap between electrodes of 0.03 m. A DC source was used to apply a current of 100 A through the electrode holders.



A B

Figure 1. Pictures of the industrial-scale electrochemical reactor.

Mechanical and pneumatic agitation was applied for separate mechanisms of forced convection for the electrolytic solution. Mechanical agitation was achieved with a four flat blade turbine to improve the radial circulation between electrodes. The diameter of the impeller (D) is 0.3 m, and the paddle has 0.02 m thickness and 0.05 m high. The impeller shaft was placed 20 cm from the wall of the vessel and left a bottom clearance of 0.475 m. The shaft of the impeller was fixed in a motor to achieve a velocity of 1000 rpm. Pneumatic agitation was implemented with three air blowers equal spaced in the midplane of the bottom vessel to improve the axial circulation in the electrochemical cell (Fig. 2).

 ISSN 2007-8102

Each air blower has a quadratic area of 0.01 m^2, which generated bubbles with a mean diameter of 0.0015 m. The air blowers were connected to the stream of compressed air to produce a flow of 60 L min^{-1}.

Numerical simulation strategy

A commercial code Ansys Fluent® was used to resolve the partial differential equations of moment and mass with the numerical method of finite volume. The full domain of the reactor was considered to resolve the spatial development of the flow field. The pre-processing software Ansys Meshing© was used to discretize the domain in tetrahedral control volumes. Patch conforming method was used to build the grid in the whole domain and local size method functions were implemented to refine in walls of interest (i.e. electrodes, air inlets, and impeller). Then, in Ansys Fluent© the elements were converted to polyhedral, to improve the quality (Maximum Skewness and Minimum Orthogonal Quality was 0.79 and 0.2, respectively) and reduce the size of the grid. Grid independence study was carried out using the solution of the mechanical agitation and result in an optimum size of ~2.3 million elements (Fig. 2).

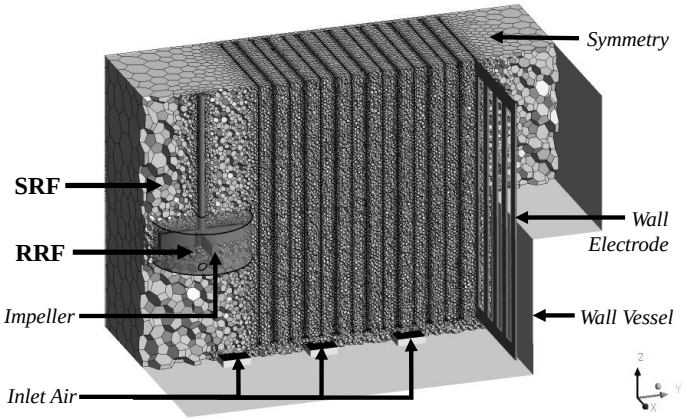


Figure 2. Computational domain of electrochemical reactor. Only one electrode is shown so as not to obstruct the view of the polyhedral elements near the wall.

Two mechanisms of forced convection apply in the reactor needs specially treat to establish a CFD simulation. In both cases the convection caused by the cathodic hydrogen is neglect, therefore, the properties of the electrolytic solution were supposed to equal the water at standard conditions. The operating conditions of the electrochemical cell allow us to suppose isothermal and incompressible flow for the CFD analysis. The next two sections explain the considerations for simulating the impeller motion and the air dispersion in the reactor.

Simulation of mechanical agitation

Multiple reference frame (MRF) method is an approach widely implement to simulate the rotation of the impeller, since saving of the calculation time with a good approximation of the mean flow [6]. The MRF method needs to divide the domain into regions named rotating reference frame (RRF) and stationary reference frame (SRF). The Navier-Stokes equations are formulated for each reference frame as follow:

$$\frac{\partial}{\partial t}(\rho\vec{v}) + \nabla\cdot(\rho\vec{v}\otimes\vec{v}) = -\nabla P + \nabla\cdot\tau - \rho[\vec{\omega}\times(\vec{\omega}\times\vec{r}) + 2\vec{\omega}\times\vec{v}] \quad (2)$$

where $\vec{v}$ is the instantaneous vector of the velocity of the reference frame, τ is the tensor of viscous stresses, $\vec{\omega}$ is the angular velocity of the reference frame. The origin of the coordinates system is in the center of impeller, thus $\vec{r}$ denoted the vector position respect to the origin. The last two terms of equation 2 are the centrifuge and the Coriolis force, respectively. In this work, the RRF is a volume of the revolution that involves the impeller and the SRF is the rest of the vessel (Fig. 2). The top

surface of liquid was assumed as an "inviscid wall" using symmetry boundary condition, while in the rest of the walls "no-slip condition" was applied with standard wall functions. The impeller wall is the only moving wall, therefore its velocity is set relative to the adjacent cell zone (RRF). The discretization for all flow field variables was achieved with second-order upwind schemes, and the system of algebraic equations is solved using the SIMPLE algorithm. The steady-state solution was stopped when residuals of velocities reach values < 10^{-4}.

Simulation of pneumatic agitation

Pneumatic agitation was applied through with the bubble's dispersion; therefore, the flow needs multiphase modeling. The disperse phase of air in a continua medium of liquid water has been successfully predicted with Euler-Euler model, where the momentum equation for each phase, p, are formulated as follow:

$$\frac{\partial}{\partial t}\left(\alpha_p \rho_p \vec{v}_p\right) + \nabla \cdot \left(\alpha_p \rho_p \vec{v}_p \otimes \vec{v}_p\right) = -\alpha_p \nabla P + \nabla \cdot \left(\alpha_p \tau_p\right) + \alpha_p \rho_p g + R_p \quad (3)$$

where ρ_p, $\vec{v}_p$, τ_p are the density, velocity, and viscous stress of each phase, p, α_p denote the phase volume fraction $(\alpha_L + \alpha_G = 1)$, and R_p represents the terms of interphase momentum exchanges. In the airlift reactors, the main interphase momentum exchange is related to drag force between air bubbles and liquid media, hence the mass and lift force is neglect in this work [7]. For the drag force calculation, the drag coefficient is estimated by the correlation of Schiller and Naumann [8]. The surface tension of the interphase water-air is assumed constant (0.073 $N \cdot m^{-1}$). Three types of boundary conditions are implanted in this case: (1) velocity inlet in the air blower surface to set the normal velocity magnitude of air (0.1 $m \cdot s^{-1}$), (2) "no-slip condition" with standard wall functions at all vessel, electrode and impeller walls (3) symmetry in the upper part of the domain to only allow the escape of air through that surface. The pseudo transient formulation was performed to solve the steady-state. At the beginning of simulations, all domain was patch as water. First-order upwind schemes were applied to all flow field variables to avoid the instabilities of convergence reports in this kind of flows [9]. The SIMPLE coupled algorithm was applied, and convergence was assumed when residuals values of momentum were below 10^{-4}.

Turbulence modeling

Due to the inherent turbulent flow in the two mechanisms of agitation, the average time modeling of the turbulence is using with the standard κ-ε model. This approach has been used to modeling the flow of agitated tanks [10] and airlift reactors [9] with good agreement with experimental validation. In the case of the Euler-Euler model, the continua phase is liquid water, and the diluted phase is air, therefore the dispersed standard κ-ε model is implemented to calculate the turbulent proprieties in the water flow. The standard values of the empirical constants of the model are used in this work ($C_{1\varepsilon}$ = 1.44, $C_{2\varepsilon}$ = 1.92, C_μ = 0.09, σ_κ = 1.0 and σ_ε = 1.3).

Experiments in plant

Two mechanisms implemented in real operation to evaluate its efficiency to carry out the reduction of Cr(VI). Before of fill the reactor, the electrodes were sanded to encourage all tests to be performed under the same conditions. The wastewater was fed to the batch electrochemical reactor from the rinse baths of the plant. A DC source was used to apply a current of 100 A. Due to electrolysis of water ions OH^- are formed in the cathode, so that to control the pH H_2SO_4 was used. During the operation samples of 10 mL were taken from the reactor at different times. The sample's pH was raised with four drops of NaOH 8M and filtering to remove all hydroxides ($FeOH_3$ and $CrOH_3$). The diphenylcarbazide method [11] was used in the filtered solution to determine the residual Cr(VI). The data of the residual concentration of Cr(VI) was adjusted to a variable order kinetic model [12].

 ISSN 2007-8102

Results

Flow patterns

Each mechanism of agitation develops a specific behavior of the electrolytic solution inside of the reactor. The four flat blade turbine generates a typical radial pattern for this kind of agitators (Fig. 3 A) because the suction of fluid is from the top and bottom of the impeller and expulses by the radial section. Due to the presence of the vessel wall and electrode near the discharge region of the impeller, the axial component of the suction areas increases considerably. When the fluid transport through electrodes, the velocity speeds are only high between the first four electrodes, generating two strong recirculation regions in the upper and bottom part of the impeller. This fact is explained by the impact of the fluid with the electrode walls, that cause dissipation of energy from the fluid motion.

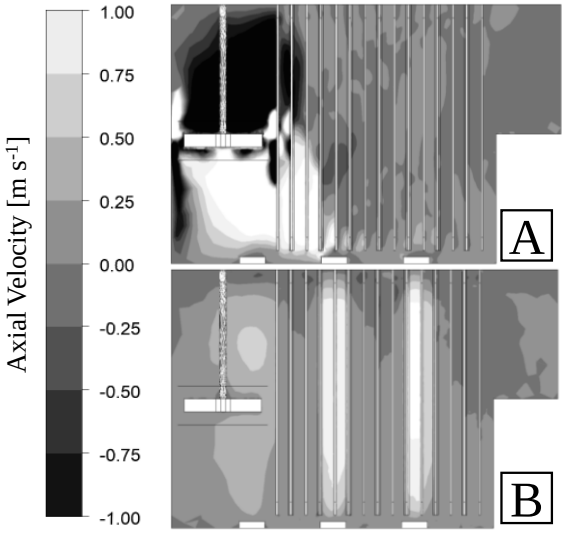


Figure 3. Contour plot of axial velocity in the midplane zy. Agitation (A) Mechanical and (B) Pneumatic.

In the case of the pneumatic agitation, the flow is predominantly axial due to the presence of air blowers that drag to the water to circulate in a positive axial form near of the inlets of air and recirculate in the negative axial form to reincorporated to the positive streamlines (Fig. 3 B). Three zones of axial recirculation are formed, one in each air blower. The air blower located out of electrodes causes the smaller velocities because the air is more dispersed than in the other two inlets, in which the electrodes keep the gas in a smaller volume and causes a rapid rise of air (Fig. 4).

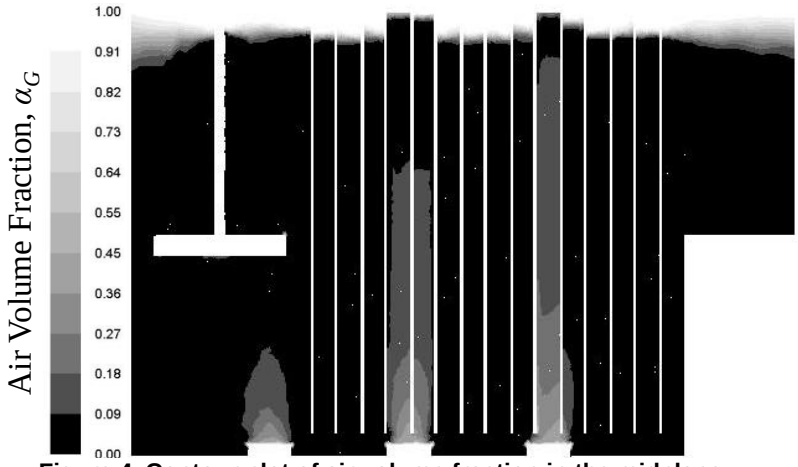


Figure 4. Contour plot of air volume fraction in the midplane zy.

 ISSN 2007-8102

Macro mixing parameters

Macro mixing parameters have been applied to characterize the flow development in the multistage stirred vessel [13]. Flow field results permits calculate the axial flow ($Q_{ax}(z)$) on a given cross-sectional plane (A) with the next expression:

$$Q_{ax}(z) = \int_A |v_z^+| \, dA \tag{4}$$

where v_z^+ are the upward component of axial velocity and dA is the differential area defined by the product of dxdy. The $Q_{ax}(z)$ can be obtained at different heights of the vessel for each case. Analyzing the profiles of Qax(z) in both cases, the mechanical agitation achieve five times bigger axial flows than pneumatic agitation (Fig. 5). The increment of $Q_{ax}(z)$ can be explained by the impeller suction in the region out of electrodes described in the previous section (Fig. 3 A). On the other hand, the profile of $Q_{ax}(z)$ in the pneumatic agitation is more homogeneous along with the height of the reactor as a result of the flow generated by the three air blowers (Fig. 5 and Fig. 3-B).

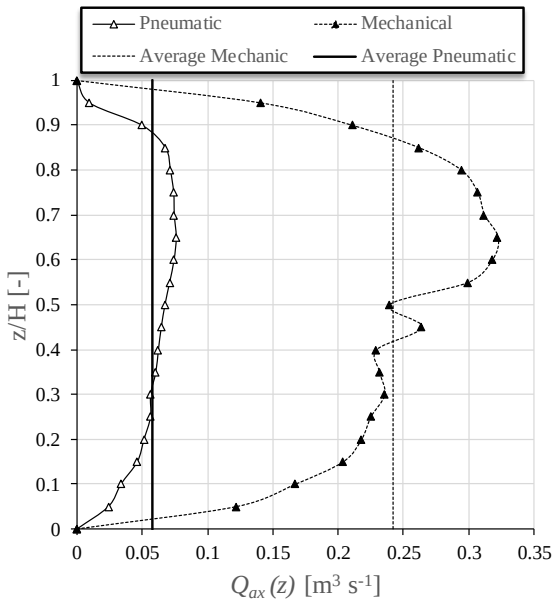


Figure 5. Profiles of axial flor in both mechanisms of agitation. The black line and the dotted line represent Q_{Aax} for the mechanical and pneumatic agitation respectively

Using the local values of the $Q_{ax}(z)$ is possible to determine the average axial flow (Q_{Aax}) in the whole vessel. This parameter is useful because it permits calculate with the steady-state solution the axial circulation time as follows:

$$t_{ax} = \frac{V_L}{Q_{Aax}} \tag{5}$$

For each mechanism, the axial circulation is 4.21 and 20.69 s for mechanical and pneumatic agitation, respectively. It concluded that the macromixing parameters using in this work are five times better for the mechanical than the pneumatic agitation.

Velocity profiles between electrodes

To determine the better mechanism that enhances the convection of the electrolytic solution between electrodes, three lines are defined at different heights ($z = 0.05, 0.55, 0.95$ m) to extract the local axial velocities (Fig. 6). The velocity profile of line 1 is more pronounced with mechanical agitation, especially in the region near impeller discharge ($-0.35 > y > -0.15$). However, in lines 2 and 3, the

 ISSN 2007-8102

local velocities are bigger in the case of pneumatic agitation, due to the loss of dynamic pressure of the flow in the first electrodes near the impeller region. This fact promotes that the spatial distribution of the local axial velocities been more homogeneous along the electrodes in pneumatic agitation rather than mechanical agitation.

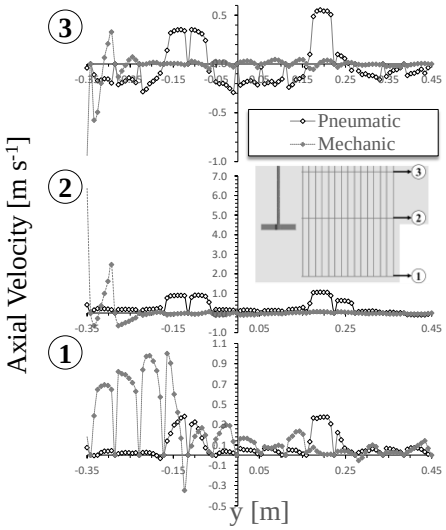


Figure 6. Profiles of the local axial velocities at different heights. The location of the lines is shown by numbers 1, 2, and 3.

Cr(VI) reduction

The data of residual concentration of Cr(VI) was adjusted to equation 4 (fig. 7), resulting in the kinetic constants of k_1 = 0.053 min^{-1} and k_2 = 0.11 $L \cdot mg^{-1}$ for mechanical agitation, while for pneumatic agitation the constants are k_1 = 0.045 min^{-1} and k_2 = 0.009 $L \cdot mg^{-1}$. As can be seen in Fig. 7, the mechanical agitation is less efficient to promote the Cr(VI) reduction due to the poor diffusion of the Fe(II) released from the anode to the bulk solution. The pneumatic agitation promotes high velocities in the surface of the electrodes (Fig. 6), hence, promotes the best diffusion in overall volume with a homogeneous circulation.

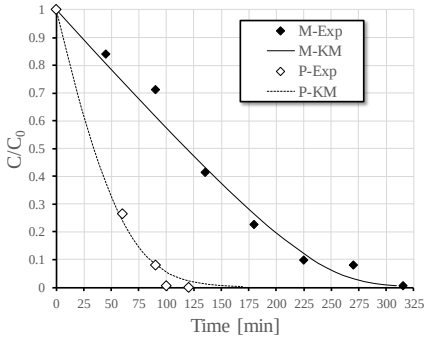


Figure 7. Reduction of Cr(VI) at the plant. Dots represent the experimental data and lines the kinetic model prediction. The capital letter M and P in label means Mechanic and Pneumatic agitation.

Conclusions

The batch electrochemical reactor used in this industry to reduce the Cr(VI) can improve the performance with the induced forced convection. From the two options to induces forced convection available in the manufacturing plant, CFD modeling and experiments demonstrate that pneumatic agitation is the best choice, due to homogeneous flow in the overall tank promotes a high rate of

reduction. To improve this efficiency of reduction, the industry needs to invest in a novel electrochemical cell configuration that can be designed by CFD tools.

References

[1] H. Lai and L. S. McNeill, “Chromium Redox Chemistry in Drinking Water Systems,” *J. Environ. Eng.*, vol. 132, no. 8, pp. 842–851, 2006.

[2] Comisión Ambiental Metropolitana, “Manual de minimización, tratamiento y disposición: Concepto de manejo de residuos peligrosos e industriales para el giro de la galvanoplastia.,” México D.F., 1998.

[3] H. Puebla, M. G. Rodríguez, S. A. Martínez-Delgadillo, V. X. Mendoza, and S. Gómez-Callejas, “A simple robust control approach for Cr(VI) regulation of wastewater at electrochemical mixed-flow reactors in series,” *Chem. Eng. Commun.*, vol. 196, no. 10, pp. 1278–1290, 2009.

[4] S. A. Martínez, M. G. Rodríguez, R. Aguilar, and G. Soto, “Removal of chromium hexavalent from rinsing chromating waters electrochemical reduction in a laboratory pilot plant,” *Water Sci. Technol.*, vol. 49, no. 1, pp. 115–122, 2004.

[5] M. D. Sergio, M. E. Victor, H. R. Mollinedo-Ponce, H. Puebla, and Méndez, “Effect of the Ultrasonic Irradiation on the Cr (VI) Electroreduction Process in a Tubular Electrochemical Flow Reactor,” *Ind. Eng. Chem. Res*, no. Vi, pp. 2501–2508, 2011.

[6] A. D. De La Concha-Gómez, J. J. Ramírez-Muñoz, V. E. Márquez-Baños, C. Haro, and A. R. Alonso-Gómez, “Effect of the rotating reference frame size for simulating a mixing straight-blade impeller in a baffled stirred tank,” *Rev. Mex. Ing. Química*, vol. 18, no. 3, pp. 1143–1160, 2019.

[7] J. M. van Baten, J. Ellenberger, and R. Krishna, “Hydrodynamics of internal air-lift reactors: Experiments versus CFD simulations,” *Chem. Eng. Process. Process Intensif.*, vol. 42, no. 10, pp. 733–742, 2003.

[8] M. Karimi and G. Akdogan, “Comparison of different drag coefficient correlations in the CFD modelling of a Laboratory-Scale Rushton-Turbine Flotation Tank,” *Ninth Int. …*, no. December, pp. 1–7, 2012.

[9] F. Kerdouss, A. Bannari, and P. Proulx, “CFD modeling of gas dispersion and bubble size in a double turbine stirred tank,” *Chem. Eng. Sci.*, vol. 61, no. 10, pp. 3313–3322, 2006.

[10] V. X. Mendoza-Escamilla, A. Alonzo-García, H. R. Mollinedo, I. González-Neria, J. Antonio Yáñez-Varela, and S. A. Martinez-Delgadillo, “Assessment of k–ε models using tetrahedral grids to describe the turbulent flow field of a PBT impeller and validation through the PIV technique,” *Chinese J. Chem. Eng.*, 2018.

[11] A. P. H. Association, A. W. W. Association, and others, *Standard methods for the examination of water and wastewater*. American public health association, 1989.

[12] S. A. Martínez, M. G. Rodríguez, and C. Barrera, “A kinetic model that describes removal of chromium VI from rinsing waters of the metal finishing industry by electrochemical processes,” *Water Sci. Technol.*, vol. 42, no. 5–6, pp. 55 LP – 61, Sep. 2000.

[13] M. Alliet-Gaubert, R. Sardeing, C. Xuereb, P. Hobbes, B. Letellier, and P. Swaels, “CFD analysis of industrial multi-staged stirred vessels,” *Chem. Eng. Process. Process Intensif.*, vol. 45, no. 5, pp. 415–427, 2006.

 ISSN 2007-8102

Optimización del proceso de maximización de xilosa a partir de residuos lignocelulósicos de madera

S. Carrera Varela[1], L. López Zamora[1], M.G. Aguilar Uscanga[2]*

[1]Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Orizaba. Departamento de Posgrado e Investigación, Av. Oriente 9 No. 852, Colonia Emiliano Zapata C.P. 94320, Orizaba, Veracruz, México.
[2]Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Veracruz· Unidad de Investigación y Desarrollo en Alimentos, Miguel Ángel de Quevedo 2779, Formando Hogar, Veracruz, Ver. 91897, México
**llopezz02@yahoo.com.mx*

***Área de participación**: Ingeniería Química*

Resumen

Los residuos de madera, se han empleado para el estudio de la producción de biocombustibles y subproductos de alto valor agregado como el xilitol. El objetivo de este trabajo fue estudiar el proceso de hidrólisis ácida de residuos de madera mediante un diseño central compuesto (CDC), evaluando las variables de relación sólido-líquido (RSL) (p/v) y concentración de ácido sulfúrico (% v/v). Las condiciones óptimas se determinaron a partir del gráfico de contornos, localizando las condiciones óptimas en un rango RSL (p/v) de 1:3.4 a 1:4.1 y [H_2SO_4] de 2.9 a 3.2 % v/v. La determinación de puntos estacionarios, permitió establecer los valores óptimos de: RSL de 1:3.93 (p/v) y [H_2SO_4] al 3.02 % con un tiempo fijo de proceso de 30 min, determinándose la maximización de la concentración de xilosa de 27.68 g/L.

***Palabras clave**: Xilosa, Maximización, Hidrólisis ácida, Residuos de madera*

Abstract

Wood residues have been lignocellulosic material studied for the production of biofuels and by-products of high added value such as xilitol. The objective of this work is to study the acid hydrolysis process of wood residues by means of a central composite design (CCD) in which the conditions of solid-liquid relationship (w/v) and concentration of sulfuric acid (v/v) were evaluated. Optimal conditions are determined from the contour plot, locating optimal conditions in an RSL (w/v) range from 1:3.4 to 1:4.1 and [H_2SO_4] from 2.9 to 3.2% v/v. The determination of stationary points, allowed to establish the optimal values of: RSL of 1:3.93 (w/v) and [H_2SO_4] at 3.02% with a fixed process time of 30 min, determining the maximization of the xylose concentration of 27.68 g / L.

***Key words**: Xylose, Maximization, Acid hydrolysis, Wood waste*

Introducción

Grandes cantidades de residuos vegetales y agroindustriales son generados y acumulados anualmente en la naturaleza, han ocasionado serios problemas de contaminación ambiental y pérdidas de fuentes de alto valor agregado [1]. En la actualidad se ha incrementado el uso de la biomasa para la producción de combustibles y de otros productos químicos convirtiéndose en uno de los puntos clave en el desarrollo sostenible [2].

El término de biomasa de refiere a toda la materia orgánica que proviene de árboles, plantas y desechos de animales; o las provenientes de la agricultura (residuos de café), del aserradero (podas, ramas, aserrín, cortezas) y de los residuos urbanos (aguas negras, basura orgánica) [3].

La biomasa lignocelulosa es el principal componente de la pared celular de las plantas [4]. Consiste en tres tipos diferentes de polímeros: celulosa, hemicelulosa y lignina. La celulosa está compuesta por subunidades de D-glucosa unidas por el enlace glucosídico β 1-4. La celulosa en una planta se compone de piezas con una estructura cristalina [5]. La hemicelulosa sirve como una conexión entre la lignina y las fibras de celulosa, haciendo una unión rígida entre celulosa-hemicelulosa-lignina [6]. La lignina es uno de los polímeros más abundantes en la naturaleza, después de la celulosa y hemicelulosa, su objetivo principal es dar a la planta el soporte estructural, impermeabilidad y resistencia contra el ataque microbiano y el estrés oxidativo [7].

Las hemicelulosas, a diferencia de la celulosa, son polímeros heterogéneos de pentosas (xilosa, arabinosa), hexosas (manosa, glucosa, galactosa) y ácidos derivados de azúcares. Las hemicelulosas constituyen el 20-35% de la biomasa lignocelulósica, siendo D-xilosa su principal componente [8]. En este sentido, D-xilosa es el monosacárico más abundante en el material lignocelulósico, después de la glucosa [9].

El pretratamiento de la lignocelulosa, para obtener azúcares fermentables, es un paso esencial para la conversión con fermentación microbiana, Existe una variedad de pretratamientos como el mecánico, químico y biológico que han sido desarrollados para cambiar la estructura y la composición química de la lignocelulosa y así mejorar la producción de azúcares fermentables [10].

La hidrólisis es un proceso de transformación en medio acuoso, de las moléculas complejas en azúcares simples mediante reactivos químicos. Durante esta reacción química, los ácidos empleados actúan como catalizadores y transforman las cadenas de polisacáridos en sustancias más simples [11]. Para esta reacción se han empleado gran cantidad de ácidos como el sulfúrico, clorhídrico, sulfuroso, fosfórico y nítrico. Al utilizar ácidos diluidos la principal ventaja que se tiene es el relativo bajo consumo de ácidos, sin embargo, se deben emplear altas temperaturas para alcanzar rendimientos aceptables de conversión [12]. De este proceso se obtiene una fracción líquida que contiene principalmente xilosa. La xilosa ($C_5H_{10}O_5$), también llamada azúcar de madera, se obtiene a partir de frutas, bayas, vegetales y otros productos hemicelulósicos los cuales contienen xilano. No se encuentra libre en la naturaleza, es un producto intermediario necesario para el metabolismo orgánico del reino animal y constituye uno de los ocho azúcares esenciales para la nutrición humana y animal [13]. La celulosa y la hemicelulosa al ser hidrolizadas liberan carbohidratos de los cuales es posible obtener etanol y xilitol por medio de la fermentación.

El xilitol es un polialcohol natural de cinco átomos de carbono, su consumo se ha incrementado en los últimos años debido a que tiene un poder edulcorante parecido al de la sacarosa, siendo utilizado principalmente por las personas diabéticas, con la ventaja de ser anticariogénico y además de tener un sabor agradable [14]. Es usado en el área clínica porque es muy bien asimilado en infusiones poscirugía por los pacientes con dificultad de metabolizar la sacarosa, mejora las propiedades bioquímicas de los huesos en caso de osteoporosis y previene la otitis aguda [15].

El objetivo de este estudio es optimizar el proceso de la hidrólisis ácida de residuos de madera para maximizar la concentración de xilosa empleando un Diseño Central Compuesto.

Metodología

Materiales

Se empleó H_2SO_4 de Fermont al 99%, BaO 0.3 M y $ZnSO_4$ al 5% p/v. El material lignocelulósico de residuos de madera (RM) se obtuvo de una carpintería local del municipio de Orizaba, Veracruz.

 ISSN 2007-8102

Hidrólisis ácida

El estudio de la hidrólisis ácida se realizó mediante un CDC evaluando los niveles descritos en la Tabla 1 sobre las variables independientes X_{1HAC}= relación sólido-líquido (RSL) p/v y X_{2HAC}= [H_2SO_4] % v/v y cuya variable de respuesta es la concentración de xilosa (g/L), considerando un tiempo constante de 30 min para cada experimentación sobre lotes de 5 g de viruta de RM a 120 °C, utilizando una autoclave marca AESA. Concluido el tiempo de hidrólisis, el material pretratado se prensó y filtró, el RM hidrolizado se caracterizó mediante la técnica Determination of Structural Carbohydrates and Lignin in Biomass (NREL) [16] y en el licor obtenido se evaluó la concentración de xilosa mediante HPLC, los resultados obtenidos fueron analizados estadísticamente, lo que permitió generar un polinomio de optimización de segundo orden y emplear la Metodología de superficie de respuesta para determinar las condiciones óptimas.

Tabla 1. Factores y niveles de operación del diseño central compuesto (CDC) para la optimización de hidrólisis ácida

No.	Variables Codificadas		Variables Naturales	
	x_{1HAc}	x_{2HAc}	RSL (p/v)	[H_2SO_4] (% v/v)
1	-1	-1	1:1.5	2
2	0	0	1:3.5	3
3	1	1	1:5.5	4

La matriz y la estructura del CDC equiradial con un alfa (α) de 1.41421 se muestra en la Figura 1. El diseño está compuesto de 4 puntos axiales y 4 repeticiones en los puntos centrales.

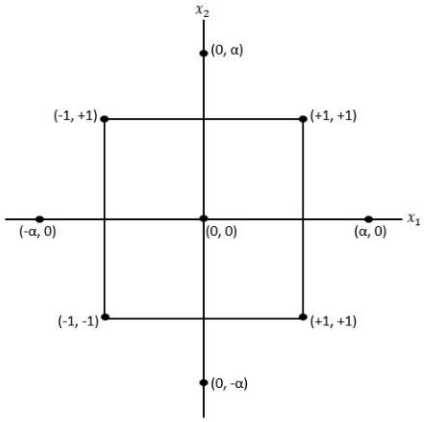


Figura 1. Matriz y estructura de CDC equiradial, α=1.41421

Resultados y discusión

Caracterización

La composición y estructura lignocelulósica de RM que se utilizó como sustrato para esta investigación se muestra en la Tabla 2. Los RM están compuesto de una mezcla no controlada de diferentes tipos de madera (blandas y duras). Los RM presentan un porcentaje mayor en la hemicelulosa a la realizada por *Torres-Jaramillo et al*. [17], quienes estudiaron la estructura lignocelulósica de aserrín siendo una mezcla de maderas duras y blandas (cedro, roble, teca y

 ISSN 2007-8102

nogal), obteniendo: hemicelulosa 7%, celulosa 36.6% y lignina 38.8%. La composición química puede variar por el tipo de madera, parte del árbol (raíz, tallo o rama), ubicación geográfica, condiciones de suelo y clima.

Tabla 2. Caracterización de la masa lignocelulósica de RM.

Estructura lignocelulósica	RM
Hemicelulosa (%)	56.17
Celulosa (%)	23.33
Lignina (%)	13.79

Optimización del proceso de maximización de concentración de xilosa

La optimización de los datos experimentales de la maximización de xilosa sobre el material lignocelulósico de RM se evaluaron mediante el software NCSS, en el cuál se generó el polinomio de segundo orden (Ec. 1), dónde X_{1HAC} es la relación sólido-líquido y X_{2HAC} es la concentración de H_2SO_4. Se obtuvo un ajuste en el coeficiente de determinación (R^2) de 0.9482, implicando que el 94.82% de los datos de las variables se ajustan al modelo, lo que garantiza que se obtuvo un error mínimo y asegurando con ello su reproducibilidad.

$$xilosa_{RM}(g/L) = -73.884 + 17.206X_{1HAC} + 44.513X_{2HAC} - 1.772X_{1HAC}^2 - 6.650X_{2HAC}^2 - 1.075X_{1HAC}X_{2HAC} \quad (1)$$

Se determinaron las condiciones óptimas de operación para la maximización de la concentración de xilosa mediante el análisis de la metodología de superficie de respuesta de RM (Figura 2), se observa que las concentraciones bajas y altas de ácido no tienen un efecto significativo en la generación de xilosa, el rango de operación de la hidrólisis ácida infiere una tendencia hacia la maximización sobre los niveles de operación medios.

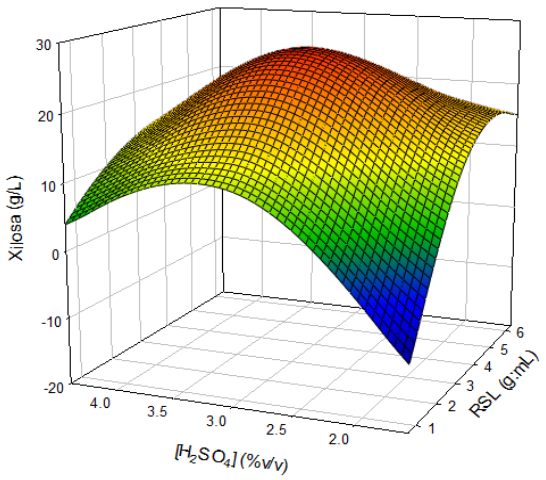


Figura 2. Diagrama de superficie de respuesta de la maximización de la hidrólisis ácida de RM.

 ISSN 2007-8102

La maximización de la concentración de xilosa, como se observa en la Figura 3 en el gráfico de contornos de RM, se obtiene a partir del intervalo de RSL de entre 1:3.4 a 1:4,1 p/v y concentraciones de H_2SO_4 de 2.9% a 3.2% v/v, de proceso lo que garantiza una producción máxima de xilosa de 27.68 g/L. La concentración de xilosa obtenida por *Rafiqul y Mimi-Sakina* [18] es de 17.9 g/L, utilizaron aserrín de maderas blandas y encontraron las mejores condiciones de su proceso. La variación de concentración de xilosa respecto a esta investigación puede deberse a la variación del tiempo y temperatura del proceso, la concentración de ácido, la RSL empleada y la variación de los residuos de madera.

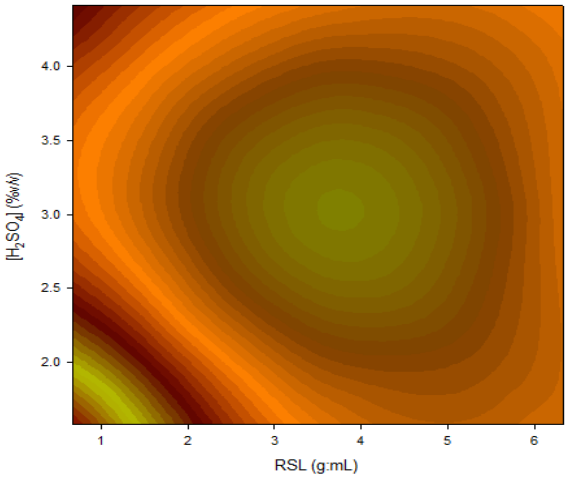


Figura 3. Diagrama de contornos de producción de xilosa a partir de RM. Xo=[3.9363; 3.0287]

El proceso optimizado de la hidrólisis ácida de RM se determinó mediante el análisis canónico el cuál se basa en la localización de los puntos estacionarios (Ec. 2) generados a partir del modelo experimental (Ec. 1). Obteniendo que las condiciones óptimas de la hidrólisis son una RSL de 1:3.93 p/v y la concentración de H_2SO_4 de 3.02% v/v, en un tiempo de proceso de 30 min.

$$x_0 = -\frac{1}{2}\begin{bmatrix} -1.772 & -0.5375 \\ -0.5375 & -6.650 \end{bmatrix}^{-1}\begin{bmatrix} 17.206 \\ 44.513 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 3.9363 \\ 3.0287 \end{bmatrix} \quad (2)$$

La forma canónica del modelo experimental (Ec. 3) y la denotación negativa de los valores singulares contenidos en la ecuación comprueba la maximización óptima de la concentración de xilosa y validan los puntos estacionarios obtenidos en el proceso que se localizan en el diagrama de contornos de la Figura 2.

$$\hat{y}_{óptimomadera} = -73.884 - 6.7085w_{m1} - 1.7135w_{m2} \quad (3)$$

La Figura 4 muestra la gráfica de residuos del modelo experimental. Se puede observar que la mayoría de los residuos se encuentran estandarizados, con media cero y varianza de uno. Los datos presentan una dispersión de 5.18% respectivamente para el proceso de hidrólisis acida de RM, que podría deberse a lecturas experimentales o errores humanos. Las diferencias entre los valores de la variable dependiente observados y los valores predichos a partir de la recta de regresión muestran una confiabilidad aceptable en la reproducción experimental.

 ISSN 2007-8102

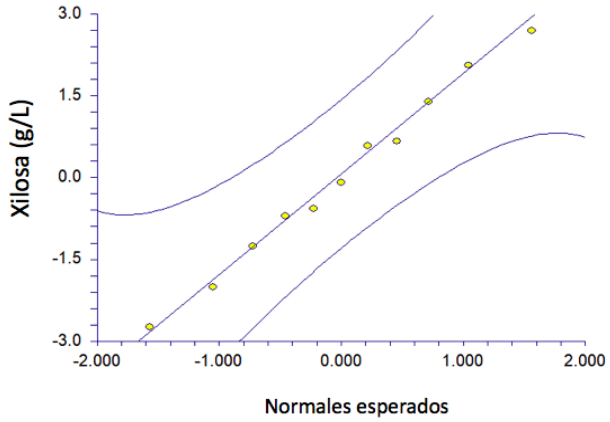


Figura 4. Diagrama de probabilidad normal múltiple de los residuales del modelo de producción de xilosa (Ec. 1)

Trabajo a futuro.

La concentración optimizada maximizada de la xilosa se pretende utilizar para obtener una conversión a xilitol empleando la levadura *Candida tropicalis* IEC5-ITV, para estudiar los rendimientos del material lignocelulósico residual de madera.

Conclusiones

Se optimizó el proceso de hidrólisis ácida mediante H_2SO_4 evaluando la relación sólido-líquido, la concentración del agente químico y el tiempo para la maximización de xilosa en residuo lignocelulósico de madera y para posteriormente la obtención de xilitol. Con una concentración maximizada de xilosa del 27.68 g/L, encontrando los puntos estacionarios, reduciendo el uso de agente químico en condiciones de 3.02% (v/v) y una RSL de 1:3.93 (p/v), mediante el uso de la técnica de metodología de superficie de respuesta.

Agradecimientos

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por la beca otorgada no. 960237 y al Tecnológico Nacional de México campus Veracruz por el uso del laboratorio de bioingeniería.

Referencias

[1] M. Molwitz, S.S. Silva, J.D. Ribeiro, I.C. Roberto, M.G.A. Felipe, A.M.R. Pratab and I. Mancilha, “Aspects of the cell growth of *Candida guilliermondii* in sugar cane bagasse hydrolysate”, *Zeitschrift fur Naturforschung C*, vol. 51, no. 5-6, pp. 404-408, 1996.

[2] P. Gallezot, “Catalytic routes from renewables to fine chemicals”, *Catalysis Today*, vol. 121, no. 1-2, pp. 76-91, 2007.

[3] Dss

[4] A. Álvarez-Castillo, R. Salgado-Delgado, E. García-Hernández, M.M. Domínguez-Domínguez, J.M. Granados-Baeza, A. Aguirre-Cruz, R. Carmona-García, A. Morales-Cepeda, P.J. Herrera-Franco, A. Licea-Clavarie, and A.M Mendoza-Martínez, “Aprovechamiento integral de los materiales lignocelulósicos”, *Revista Iberoamericana de Polímeros,* vol. 13, no. 4, pp. 140-150, 2012.

[5] R. Rowell, “The chemistry of solid wood”, *American Chemical Society*, 1984.

[6] L. Laureano-Perez, F. Teymouri, H. Alizadeh, and B.E. Dale, “Understanding factors that limit enzymatic hydrolisis of biomass”, *Appl Biochem Biotechnol*, vol. 124, pp. 1081-1099, 2005.

[7] E. Sjostrom, “Wood Chemistry, fundamentals and applications”, Academic press, 1993.
[8] B.C. Saha, “Hemicellulose bioconversión”, *J Ind Microbiol Biotechnol*, vol. 30, pp. 279-291, 2003.
[9] Y. Wang, W.L. Shi, X.Y. Liu, Y. Shen, X.M. Bao and F.W. Bai, “Establishment of a xylose metabolic pathway in an industrial strain of *Saccharomyces cerevisiae*”, *Biotechnol Lett*, vol. 26, no. 11, pp. 885-890, 2004.
[10] S. Duangwang, and C.H. Sangwichien, “Utilization of oil palm empty fruit bunch hydrolysate for ethanol production by baker’s yeast and Loog-Pang”, *Energy Procedia*, vol. 79, pp. 157-162, 2015.
[11] K. Ramírez-Amador, O. Rojas-Carrillo, P. Alvarado-Aguilar, and J. Vega-Baudrit, “Xylose from lignocellulosic waste in the production and industrial processing of pinneaple (*Ananascomusus*)”, *UNICIENCIA*, vol. 26, pp. 75-89, 2012.
[12] J.M. Oliva, “Efecto de los productos de degradación Originados en la explosión a vapor de Biomasa de Chopo sobre Kluyveromycesmarxianus”. Tesis Doctoral, Universidad Complutense de Madrid. Facultad de Ciencias Biológicas, Departamento de Microbiología III, pp. 166, 2003.
[13] G. González-Bautista, “Diseño de una planta para la obtención del concentrado de xilosa y glucosa a partir del bagazo de caña”, *Rev Centro Azúcar*, vol. 40, pp 24-31 ,2013.
[14] S.I. Mussatto and I.C. Roberto, “Produção biotecnológica de xilitol a partir da palha de arroz”, *Biotecnologia Ciência & Desenvolviment*, vol. 28, pp. 34-39, 2002.
[15] W. Carvalho, S. Silva, J. Santos and A. Converti, “Xylitol production by ca-alginate entrappede cells: comparison of different fermentation systems”, *Enzyme and Microbial Technology*, vol. 32, pp. 553-559, 2003.
[16] A. Sluiter, B. Hames, R. Ruiz, C. Scarlata, J. Sluiter, D. Templeton and D. Crocker, “Determination of structural carbohydrates and lignin in biomass”, *Laboratory analytical prodecure*, pp. 1-16, 2008
[17] D. Torres-Jaramillo, S. P. Morales-Vélez and J.C. Quintero-Díaz, “Evaluación de pretratamientos químicos sobre materiales lignocelulósicos”, *Ingeniare Rev chil ing*, vol. 24, no. 4, pp. 733-743,2017
[18] I.S.M. Rafiqul and A.M. Mimi-Sakinah, “Design of process parameters for the production of xylose from wood sawdust”, *Chemical Engineering Research and Design*, vol. 90, pp. 1307-1312, 2012

Diagnóstico nutrimental y de unidades SPAD en cuatro variedades de caña de azúcar

L. A. Solano-Rodríguez[1], M. C. Pastelín-Solano[2], M. E. Márquez López[2], J. E. Bulbarela-Marini[2], O. Castañeda-Castro[2]
[1]Universidad Veracruzana. Facultad de Ciencias Biológicas y Agropecuarias. Maestría en Manejo y Explotación de los Agrosistemas de la Caña de Azúcar. Camino Peñuela-Amatlán de los Reyes S/N, C. P. 94945. Amatlán de los Reyes, Veracruz, México.
[2]Universidad Veracruzana. Facultad de Ciencias Químicas. Prolongación de Oriente 6·# 1009, Colonia Rafael Alvarado, C.P. 94340, Orizaba, Veracruz, México.
**odcastaneda@uv.mx*

***Área de participación**: Ingeniería Química*

Resumen

La caña de azúcar (*Saccharum* spp.) se produce en más de 130 países y territorios. La cuantificación del contenido de clorofila en plantas, permite estimar el estado nutrimental del cultivo, principalmente de los minerales nitrógeno, magnesio y hierro. La cantidad de clorofila y nitrógeno total determinados por los métodos tradicionales en gramíneas presenta una alta correlación con las unidades SPAD medidas con el detector de clorofila Minolta-501 y la absorbancia es cuantificada en valores dimensionales de 0 a 199, por lo que las unidades SPAD serán siempre las mismas de acuerdo con el tono verde de las hojas. El contenido de clorofila y la absorción de nutrimentos se han correlacionado con las unidades SPAD en diversas condiciones ambientales, no obstante la presencia de un elemento en particular en un cultivo determinado no es una prueba para considerarlo esencial en el desarrollo de dicho cultivo.

***Palabras clave**: clorofila, minerales, Sachharum.*

Abstract

Sugarcane (Saccharum spp.) is produced in more than 130 countries and territories. The quantification of the chlorophyll content in plants allows estimating the nutritional status of the crop, mainly of the minerals nitrogen, magnesium and iron. The amount of chlorophyll and total nitrogen determined by traditional methods in grasses has a high correlation with the SPAD units measured with the Minolta-501 chlorophyll detector and the absorbance is quantified in dimensional values from 0 to 199, so the SPAD units they will always be the same according to the green tone of the leaves. Chlorophyll content and nutrient absorption have been correlated with SPAD units under various environmental conditions; however, the presence of a particular element in a given crop is not a test to consider it essential in the development of that crop.

***Keywords**: chlorophyll, minerals, Sachharum.*

Introducción

A nivel mundial, la producción anual de caña de azúcar (*Saccharum* spp.) es de aproximadamente 1,700 millones de toneladas que se cultivan en 100 países sobre un área de 26 millones de hectáreas, principalmente en zonas tropicales y subtropicales [1].

La caña de azúcar se cultiva en 22 entidades de la república y se ubica como el décimo cultivo más consumido por las familias mexicanas [2], y se proyectan para el año 2026 precios de 367 USD por ton[3]. En la zafra

2018/2019 la producción de azúcar fue de 6’425,919 toneladas, de una molienda de caña de 57’036,700 toneladas y una superficie industrializada de 804,060 ha [4].

Mediante el proceso de la fotosíntesis, la caña de azúcar produce carbohidratos, celulosa y otros materiales, siendo el más importante el jugo de sacarosa [5]. El índice SPAD (Soil Plant Analysis Development) obtenido por el clorofilómetro portátil SPAD-502 es proporcional a la cantidad de clorofila presente en la hoja [6. El medidor de clorofila Minolta SPAD-502 se ha utilizado para la evaluación del estado nutricional de una planta con relación al nitrógeno, en especies como grama esmeralda [7] y maíz [8].

La molécula de clorofila, es la determinante del proceso fotosintético, cuando hay suficiente nitrógeno se producen efectos como mayor cantidad de clorofila y asimilación y síntesis de productos orgánicos de los cuales se deduce mayor vigor vegetativo que se manifiesta por el aumento de la velocidad de crecimiento determinado por un aumento de volumen y peso, color verde intenso de la masa foliar y mayor cantidad de hojas de buena sanidad y calidad [9]. En la mayoría de los ecosistemas naturales se presenta un expresivo incremento en la productividad después de la fertilización con nitrógeno inorgánico, demostrando la importancia del metabolismo de este elemento [10].

Se ha demostrado que las deficiencias de Nitrógeno provocan bajos rendimiento, débil amacollamiento, madurez prematura, hojas amarillentas, desecación y necrosis a partir del ápice y borde de las hojas. Un exceso de este elemento provoca acumulación de agua y bajo contenido de sacarosa en la caña de azúcar, lo que provoca menor resistencia frente a plagas y enfermedades [11].

Los nutrientes que requiere el cultivo de la caña de azúcar tienen funciones específicas para mejorar sus rendimientos y se agrupan en tres grupos: elementos no minerales (C, H y O), macronutrientes (N, P, K, Mg y S) y micronutrientes (Fe, Zn, B, Cu, Cl, Mn, Ni, Na y Mo); los cuales tienen una extracción nutrimental de 800 a 1500 kg por hectárea al año [11]. La presente investigación tuvo como objetivo diagnosticar la correlación entre los índices SPAD y de nutrimentos en cuatro variedades de caña de azúcar.

Metodología

El material vegetal utilizado consistió en tejido del área foliar de plantas de las variedades CP 72-2086, Mex 69-290, ITV 921424 y RD 75-11 caña de azúcar (*Saccharum* spp.) con siete meses de edad y que fueron proporcionadas por el Ingenio San Miguelito ubicado en Córdoba, Veracruz, en los 18º 51'50 latitud norte y 96º 55'02 longitud oeste, Central San Miguelito recibe su materia prima de 3,292 productores cañeros, de los cuales 1,455 son ejidatarios, 1,837 son pequeños propietarios conformando una superficie de 6,183.79 hectáreas.

Unidades SPAD

Las lecturas de los valores en unidades SPAD se realizaron en la parte media del área foliar, a través de un equipo portátil Minolta SPAD-502 Plus®.

Análisis de minerales en tejido foliar

Para el análisis nutrimental, se siguió la metodología descrita por [13], las muestras de tejido foliar se lavaron perfectamente con la finalidad de remover por completo residuos que pudieran existir, se secaron en estufa de aire forzado a temperatura de 70 ºC durante 72 h, transcurrido el tiempo las muestras se molieron y se determinó la concentración de P, K, Ca, Mg, Fe, Cu, Zn, Mn, B y Na, por espectrofotometría de gases de absorción atómica de plasma acoplado (ICP-AES Liberty II) en tanto que el contenido de nitrógeno se realizó por el método micro-Kjeldahl [14].

 ISSN 2007-8102

Análisis de datos

Se realizó un experimento factorial 52, utilizando un análisis de varianza y prueba de comparación de medias de Tukey (P ≤ 0.05) con el programa estadístico SAS [15].

Resultados

Unidades SPAD

Hubo diferencias estadísticas significativas entre tratammientos, cuando se realizó la cuantificación de las unidades SPAD en cuatro variedades de caña de azúcar, cultivadas en la misma zona y bajo las mismas condiciones de nutrición y edafoclimáticas, la variedad CP 72-2086 de caña de azúcar presentó los valores mas altos d unidades SPAD (Tabla 1).

Tabla 1. Unidades SPAD cuantificadas en cuatro variedades de caña de azúcar cultivadas en la zona de influencia del Ingenio San Miguelito.

Variedad	SPAD (Unidades)
CP 72-2086	25.00 ± 0.54a
Mex 69-290	21.22 ± 0.46b
ITV 92-1424	19.54 ± 0.61c
RD 75-11	18.04 ± 0.78d

En base a referencias de diversos investigadores [16], [17] mencionan que la clorofila en la hoja está estrechamente relacionada con la concentración de N y por lo tanto, refleja el estado nutricional con respecto a este importante nutriente. El N es necesario para la síntesis de la clorofila y como parte de esta molécula, está involucrado en el proceso de la fotosíntesis. Dichos resultados son bastante similares a los obtenidos mediante la presente investigación.

Contenido de macronutrimentos

El análisis estadístico de las medias de los datos relacionados con la nutrición de las plantas muestra que existen diferencias significativas entre tratamientos (P ≤ 0.05) ya que la mayor concentración de nitrógeno, fósforo y potasio se encontró en la variedad CP 72-2086, siendo estadísticamente diferentes al resto de las variedades analizadas, mientras que la variedad Mex 69-290 presentó los mayores contenidos de fósforo, calcio y magnesio, en tanto que la variedad RD 75-11 tuvo los contenidos más altos de sodio (Tabla 2).

Tabla 2. Contenido de macronutrimentos en cuatro variedades de caña de azúcar cultivadas en la zona de influencia del Ingenio San Miguelito.

Variedad	N	P	K	Ca	Mg	Na
			g/kg			
CP 72-2086	18.00±0.500a	1.99±0.091a	8.12±0.100a	3.56±0.060d	1.50±0.010d	0.21±0.003b
Mex 69-290	17.13±0.513c	1.91±0.012a	6.43±0.030c	6.41±0.010a	2.42±0.020a	0.18±0.005d
ITV 92-1424	15.06±0.503ab	1.73±0.031b	7.18±0.100b	4.65±0.050c	1.83±0.030c	0.19±0.001c
RD 75-11	15.93±0.513bc	1.67±0.071b	4.03±0.100d	5.93±0.030b	1.96±0.020b	0.23±0.005a

Medias ± DE con letra distinta en cada columna indican diferencias estadísticas significativas (P ≤ 0.05).

El nitrógeno es un nutrimento esencial determinante para el logro de máximos rendimientos y la caña de azúcar absorbe N en cantidades más altas que cualquier otro nutrimento debido a que este elemento mineral es un componente crucial de todas las enzimas y moléculas vitales como las clorofilas y los ácidos nucleicos [17]. El fósforo es esencial para la fotosíntesis y los ajustes en las relaciones entre la red de intercambio de gases en hoja explica la alta tolerancia de caña de azúcar a la sequía, estos ajustes hacen posible la homeostasis de la fotosíntesis y el crecimiento vegetal en condiciones de deficiencia de agua además, el suministro de P mejora la capacidad de aclimatación de la caña de azúcar al afectar las características de la planta relacionadas con el estatus de agua y el desempeño fotosintético [19]. El K desempeña una función determinante en el mejoramiento de la tolerancia de las plantas al estrés hídrico. Este elemento modula muchos procesos fisiológicos como la fotosíntesis [20]. El calcio es un elemento esencial en la integridad estructural y funcional de las membranas vegetales y de otros componentes celulares [21].

Contenido de micronútrimentos

El análisis estadístico de las medias de los datos relacionados con la nutrición de las plantas muestra que existen diferencias estadísticas significativas entre tratamientos (P ≤ 0.05), con respecto a la concentración de micronútrimentos, la variedad RD 75-11 tuvo las concentraciones más altas de hierro, cobre, boro y aluminio, mientras que la variedad Mex 69-290 presentó la concentración más alta de zinc, manganeso y boro, mientras que la variedad CP 72-2086 tuvo los niveles mas altos en el contenido de cobre (Tabla 3).

Tabla 3. Contenido de micronutrimentos en cuatro variedades de caña de azúcar cultivadas en la zona de influencia del Ingenio San Miguelito.

Variedad	Fe	Cu	Zn	Mn	B	Al
			mg/kg			
CP 72-2086	87.1±0.100c	4.5±0.010a	22.6±0.200c	17.7±0.200d	79.8±0.252c	33.1±0.105d
ITV 92-1424	76.5±0.200d	3.1±0.010c	18.3±0.300d	176.9±0.200b	84.0±0.300b	40.5±0.200c
RD 75-11	114.7±0.200a	4.5±0.010a	25.2±0.200b	164.8±0.205c	85.5±0.252a	99.8±0.100a
Mex 69-290	89.6±0.200b	3.5±0.010b	27.3±0.300a	292.2±0.195a	85.3±0.261a	68.5±0.200b

Medias ± DE con letra distinta en cada columna indican diferencias estadísticas significativas (P ≤ 0.05).

El hierro es un activador enzimático en la síntesis de clorofila, componente de los citocromos y de algunas flavoproteínas que intervienen en los procesos de oxidaciones y reducciones biológicas, participa en la fijación del nitrógeno y en la asimilación de azufre, proceso de fotosíntesis y síntesis de clorofila, actividad enzimática, como citocromos, catalasas y peroxidasas [22]. El cobre forma parte de proteínas presentes los cloroplastos y

participa en la formación de la clorofila, es esencial para la activación de varias enzimas vinculadas con la respiración y la fotosíntesis, actividad enzimática (citocromo coxidasa, fenolasa, etc.), reacciones de oxidaciónreducción [22].

El zinc es parte importante en el proceso de fotosíntesis y desarrollo de cloroplastos, síntesis de auxinas, actividad enzimática (NADHdeshidrogenada, anhidrasas, carbónicas, alcohol-deshidrogenasa, superóxido dismutasa, RNA-polimerasa, etc.), síntesis de ácido indol acético (regulador del crecimiento), participa en la formación de clorofila, uso eficiente del agua, síntesis proteica y equilibrio ácido-base [22]. El manganeso activa las enzimas vinculadas a la respiración y al metabolismo del nitrógeno tiene un activo papel en la fase oscura de la fotosíntesis y en la producción de clorofila además participa en la síntesis proteica, la formación del ácido ascórbico, absorción iónica y la fijación de dióxido de carbono, actividad enzimática de superóxido dismutasa, arginasa, descarboxilasa, deshidrogenadas, etc. [22].

Trabajo a futuro

Se recomienda generar una base de datos con los resultados obtenidos, además de realizar pruebas futuras, que relacionen el estado nutrimental de los suelos con plantas, además de los rendimientos agroindustriales de caña de la caña de azúcar.

Conclusiones

El análisis de unidades SPAD es un proceso rápido que puede determinar una correlación entre los contenidos de clorofilas y el estado nutrimental de las plantas de caña de azúcar, impactando de manera positiva en aspectos productivos.

La variedad CP 72-2086 presenta los valores altos de unidades SPAD y de los macronutrimentos que son esenciales en los procesos fotosintéticos y síntesis de clorofilas, mientras que la variedad Mex 69 290 de caña de azúcar presentó los niveles más altos de micronutrimetos.

Agradecimientos

A CONACYT por el apoyo de beca 659821 a la Maestría en Manejo y Explotación de los Agrosistemas de la Caña de Azúcar, por la Universidad Veracruzana y al Ingenio Azucarero San Miguelito S. A., de C. V., por el material vegetal proporcionado.

Referencias

[1] Portal Caña, Área cultivada en el mundo con caña de azúcar y principales productores, 2018, Consultado: enero 2020. http://www.portalcania.com.ar.
[2] SIAP, Anuario Estadístico de la Producción Agrícola: Caña de azúcar 2017, Sistema de Información Agroalimentaria y Pesquera. Secretaria de Agricultura, Ganadería Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación, México, Consultado: enero 2020, https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola/
[3] FAO, Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, 2017, Consultado: julio 2020. http://dx.doi.org/10.1787/agr_outlook-2017-9-es
[4] INFOCAÑA, Cierre de Zafra 2015-2016, 2017, http://www.campomexicano.gob.mx
[5] CONADESUCA (Comité Nacional para el Desarrollo sustentable de la Caña de Azúcar), Ficha técnica del cultivo de la caña de azúcar (*Saccharum officinarum* L.), Gobierno de México, MEX., Consultado: sept. 2019, https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/141823/Ficha_T_cnica_Ca_a_de_Az_car.pdf
[6] Minolta Camera Co. Manual for chlorophyll meter SPAD-502. Minolta Camera Co., Ltd., Japan, pp 22, 1989.

[7] C. Backes, R. L. Villas Bôas, C. P. Lima, L. J. G. Godoy, L. T. Büll, A. J. M. Santos, "Estado nutricional em nitrogênio da grama esmeralda avaliado por meio do teor foliar, clorofilômetro e imagem digital, em área adubada com lodo de esgoto," *Bragantia*, vol. 69, no. 3, pp 661-668, 2010.
[8] S. M. C. Hurtado, C. A. Silva, A. V. Resende, E. J. Corazza, L. S. Shiratsuchi, F. S. Higashikawa, "Sensibilidade do clorofilômetro para diagnóstico nutricional de nitrogênio no milho. Ciência e Agrotecnologia," vol. 34, no. 3, pp 688-697, 2010.
[9] K. Mengel and E. Kirkby, Principios de Nutrición Vegetal, Basel, Switzerland, Internacional Potash Institute, 2002.
[10] L. Taiz, E. Zeiger, Fisiología Vegetal, Porto Alegre: Artmed, FAO, pp 719. 2004. http://dx.doi.org/10.1787/agr_outlook-2017-9-es
[11] E. R. Romero, I. Olea, A. J. Scandaliaris, P. Digonzelli, J. Tonatto and N. M. Leggio, "Recomendaciones para la fertilización de la caña de azúcar," *Gacetilla Agroindustrial de la EEAOC N*, pp 61, 2004.
[12] G. G. Alcántar and M. V. Sandoval, Manual de análisis químico de tejido vegetal, Chapingo, Texcoco, Estado de México, SMCS 1999.
[13] J. M.Bremner, "Inorganic forms of nitrogen," In Methods of Soil Analysis Part 2. Chemical and microbiological properties, A. G. Norman Ed. USA: the American Society of Agronomy, Inc., 1965.
[14] SAS Institute. The SAS system for windows. Release 9.1. SAS Institute. Cary, NC, USA, 2003.
[15] F. B. Salisbury and C. W. Ross, Fisiología vegetal, México D. F.: Editorial Iberoamérica, 1992.
[16] Potash and Phosphate Institute. Manual Internacional de fertilidad de suelos. Norcross, USA. 1997.
[17] McCray, J. M., R. W. Rice, I. V. Ezenwa, T. A. Land, and L. Baucum. Sugarcane plant nutrient diagnosis. Univer- sity of Florida, IFAS Extension, SS-AGR-128. 2013. Available at: https://edis.ifas.ufl. edu/pdffiles/SC/SC07500.pdf.
[18] A. M. Sato, T. A. Catuchi, R. V. Ribeiro and G. M. Souza. "The use of network analysis to uncover homeostatic responses of a drought-tolerant sugarcane cultivar under severe water deficit and phosphorus supply". *Acta Physiol. Plant*, vol. 32, no. 1, pp 1145-1151, 2010.
[19] D. V. Yadov, "Potassium nutrition of sugarcane," in Balanced Fertilization for Sustaining Crop Productivity, D. K. Benbi, M. S. Brar and S. K. Bansal, Eds. Horgen, Switzerland: International Potash Institute, 2006, pp 275-288.
[20] S. Y. S. Lisar, R. Motafakkerazad, M. M. Hossain and I. M. N. Rahman, "Water stress in plants: causes, effects and responses," in Water Stress, I. M. N. Rahman and H. Hasegawa, Eds. Croatia: InTech, 2012, ISBN: 978-953-307-963-9.
[21] A. I. A. Cuellar, R. Villegas, M. E. De León and H. Pérez, *Manual de fertilización de la caña de azúcar en Cuba*, La Habana, CU: PUBLINICA, 2002.

Determinación de parámetros para mejorar el efecto bactericida de nanopartículas de Ag/TiO2 contra *Escherichia coli*

M. A. Olivares Ramírez[1], L. López Zamora[1], J. A. González Calderón[2],*
[1] Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Orizaba, División de Estudios de Posgrado e Investigación,, Oriente 9 No. 852 Emiliano Zapata, Orizaba, Veracruz, México
[2]Cátedras Conacyt-Instituto de Física, Universidad Autónoma de San Luis Potosí, Av. Manuel Nava #6, Zona Universitaria, San Luis Potosí, S. L. P. México
** llopezz@orizaba.tecnm.mx*
Área de participación: Ingeniería Química

Resumen
La presente investigación muestra la implementación de metodología de superficie de respuesta con un diseño experimental de tipo central compuesto para hallar y comparar las condiciones que favorecen la inhibición de *Escherichia coli* con nanopartículas de TiO_2 silanizado con 3-Aminopropiltrietoxisilano (APTES) y dopado con Ag. Las variables manipuladas son pH, concentración de $AgNO_3$ (% p/p) y TiO_2 en solución (g/250 mL), siendo la variable de respuesta la zona de inhibición presentada por el microorganismo aplicando el método de difusión en placa. Se encontró un incremento del 28.63% de la zona de inhibición en *E. coli* modificando la concentración de $AgNO_3$ y la cantidad de NPs de TiO_2 en solución. Mediante análisis estadístico se determinó que la inhibición de *E. coli* se beneficia a concentración de $AgNO_3$ 20% p/p con 3 g de TiO_2 silanizado y 10 en valor de pH, logrando una zona de inhibición de hasta 14 mm.

***Palabras clave**:*
Plata metálica, Silanización, Antibacterial, Nanopartículas

Abstract
The present investigation shows the implementation of the response surface methodology with an experimental design of the central composite type to find and compare the conditions that favor the inhibition of Escherichia coli with nanoparticles of TiO_2 silanized with 3-Aminopropyltriethoxysilane (APTES) and doped with Ag. The manipulated variables are pH, $AgNO_3$ concentration (% w/w) and TiO_2 in solution (g/250 mL), the response variable being the zone of inhibition presented by the microorganism, applying the plate diffusion method. An increase of 28.63% of the zone of inhibition in E. coli was found modifying the concentration of $AgNO_3$ and the amount of NPs of TiO_2 in solution. By statistical analysis it was determined that the inhibition of E. coli benefits at a concentration of 20% w/w $AgNO_3$ with 3 g of silanized TiO_2 and 10 in pH value, achieving an inhibition zone of up to 14 mm.

***Key words**:*
Metallic silver, Silanization, Antibacterial, Nanoparticles

Introducción
El dióxido de titanio (TiO_2) es de los materiales más reportados que han sido utilizados por diversos investigadores [1]. Esto es atribuido a las propiedades tan interesantes que posee, como la hidroficidad, distribución adecuada en disolventes poliméricos, tendencia a la absorción de grupos hidroxilo (-OH), resistencia a la fotocorrosión, estable en soluciones acuosas, actividad fotocatalítica bajo irradiación ultravioleta, no toxicidad, estabilidad química, biocompatibilidad, bajo costo y es abundante en la naturaleza [2-10]. El interés en los nanomateriales basados en TiO_2 crece constantemente en vista de sus propiedades fisicoquímicas. La desinfección UV/TiO_2 es una de las tecnologías más efectivas en el campo del tratamiento de agua, especialmente la eliminación de coliformes fecales (por ejemplo, *Escherichia coli*) en el agua potable [4].Su uso como agente antibacteriano le otorga un gran auge para aplicaciones en diversos campos [11-13].

Se ha reportado que la modificación de TiO_2 con metales de transición (incluidos la plata, el platino, el rutenio y el paladio) [4, 14] es un proceso interesante[10], no solo porque el TiO_2 es un material con propiedades deseables, sino también porque la Ag en particular, muestra algunas actividades únicas en detección química y biológica en comparación con otros metales nobles, además existen reportes que describen la mejora de la

propiedad antibacteriana del compuesto TiO_2/Ag [4-5, 7, 12, 15-16]. En comparación con agentes antibacterianos orgánicos como clorhexidina, colágeno, cloroxilenol y poli (hexametilenbiguanida), las nanopartículas antibacterianas inorgánicas como Ag ha atraído más atención debido a su mayor relación superficie/volumen (esto genera nuevas propiedades mecánicas, químicas, eléctricas, ópticas y magnéticas las cuales son diferentes a sus propiedades generales) [7], buena estabilidad, actividad fotocatalítica, bajo riesgo de producir cepas resistentes y toxicidad comparativamente baja para las células humanas [5, 12]. Las nanopartículas de plata (AgNPs) son las más ampliamente examinadas debido a la no toxicidad del Ag^+ activo para las células humanas y su excelente actividad antibacteriana. Se ha demostrado que Ag^+ puede interactuar con las células bacterianas, lo que lleva a un aumento de la permeabilidad de la membrana, la degradación de las moléculas de lipopolisacárido, causando daños a la membrana externa bacteriana [17].

La preparación de nanocompuestos de óxido de metal adecuados para materiales antibacterianos, se logra dispersando las nanopartículas de manera adecuada que, debido a la relación superficie/tamaño de partícula, tienden a aglomerarse fuertemente. Para esto se recomienda el uso de agentes de acoplamiento en la modificación superficial de las nanopartículas. Una modificación de superficie idónea conduce a una mejor dispersión y compatibilidad entre las mismas, y por la formación de interacciones físicas y químicas se garantiza una unión química duradera entre las dos fases[18-19]. Por otro lado, se ha informado de diversos métodos para la preparación de nanopartículas de TiO_2/Ag, como el método sol-gel, anodización electroquímica y la síntesis térmica. Sin embargo, los reactivos tóxicos, la irradiación ultravioleta e instrumentos complejos deben usarse durante estos procesos [20]. El proceso de silanización de nanopartículas o superficies con 3-Aminopropiltrietoxisilano (APTES) se realiza a menudo con disolventes altamente contaminantes, como el tolueno o xileno, debido a la gran cantidad de APTES que logra reaccionar en la superficie del TiO_2. El presente trabajo describe la modificación superficial del TiO_2 con APTES utilizando etanol como medio de reacción, evitando así el uso de disolventes contaminantes, además sugiere una ruta económica y amigable con el medio ambiente, tal como lo describe [18].

Diversas investigaciones hablan sobre la síntesis y uso de nanopartículas de TiO_2/Ag como agente antibacteriano[4-5, 7, 15-16], sin embargo limitantes relacionadas con la adecuada deposición del metal, el método de deposición, la dispersión de nanopartículas y las condiciones para inhibir de mejor manera microorganismos sugieren una búsqueda para hallar estas cuestiones. Por lo tanto, en este trabajo se buscó determinar bajo qué condiciones de los parámetros establecidos se garantiza una mayor inhibición de *Escherichia coli*, considerando pH, concentración de $AgNO_3$ (% p/p) y cantidad de TiO_2 en solución (g/250 mL) en el proceso de deposición de nanopartículas de Ag sobre el TiO_2 silanizado con APTES produciendo el nanocompuesto TiO_2/Ag con propiedades antibacterianas mejoradas, las cuales se evaluaron por medio de la metodología de superficie de respuesta con un diseño experimental de tipo central compuesto. La preparación de plata metálica en la superficie de TiO_2 se basó en la ruta de reducción química de $AgNO_3$ en medio acuoso. El uso de partículas de TiO_2 fase rutilo (R-104) se debe a que, en comparación con TiO_2 fase anatasa (P-25), resulta más factible económicamente y por la disponibilidad con la que se tiene de este óxido, además se han realizado pruebas de su aplicación en polímeros y no existe diferencia significativa respecto a la funcionalización (con ácidos) en la cristalización y en las propiedades mecánicas [18, 21-23].

Metodología

Materiales

Nanopartículas (NPs) de TiO_2 con estructura cristalina de rutilo, con diámetro aproximado de 350 nm DuPont (R-104 DuPont, México), Agente de acoplamiento 3-Aminopropiltrietoxisilano (APTES) al 99% de Sigma Aldrich, (México) y Nitrato de plata ($AgNO_3$) de J.T. Baker.

Diseño experimental

Un Diseño Central Compuesto (CDC) de tres factores se planteó para estudiar el proceso de deposición de nanopartículas de Ag en TiO_2, a fin de determinar la influencia de cada uno de los factores considerados. El CDC es un diseño factorial o factorial fraccionado con puntos centrales, ampliado con un grupo de puntos axiales que permiten estimar la curvatura, se utilizan para estimar eficientemente los términos de primer orden y segundo orden y para modelar una variable de respuesta con curvatura al agregar puntos centrales y axiales a un diseño factorial previamente ejecutado [24]. Las variables evaluadas fueron pH (X_1), Concentración de $AgNO_3$ con respeto al TiO_2 (X_2) y cantidad de NPs de TiO_2 en solución (X_3) teniendo como variable de respuesta, la zona de inhibición de los discos sobre la placa (halos medidos en mm) de cada una de las

unidades experimentales, con el fin de demostrar que existe influencia significativa de dichas variables en la inhibición de *Escherichia coli*. La matriz estudiada para este CDC se muestra en la Tabla 1.

Análisis estadístico

El Software estadístico MINITAB 2017 (versión 17.1; MINITAB Inc., State College, PA, USA) se usó para el análisis de datos, modelos de predicción y construcción de las gráficas de superficie y contorno. La exactitud de las ecuaciones polinomiales fue expresada por R^2 (coeficiente de determinación) y su significancia estadística fue verificada por la prueba F a un nivel de confianza del 95%.

Tabla 1. Niveles del diseño experimental de las variables estudiadas

VARIABLE (UNIDADES)	FACTORES	NIVELES		
		(-1)	0	(+1)
pH	X_1	8	10	12
Concentración de $AgNO_3$ con respecto al TiO_2 (% p/p)	X_2	4	7	10
Cantidad de TiO_2 en solución (g/250 mL)	X_3	3	5	7

Modificación superficial de nanopartículas de TiO_2 con APTES

La incorporación del agente de acoplamiento (APTES) de manera superficial en el TiO_2 se le conoce como silanización. La mejor ruta de acoplamiento para la modificación de NPs de TiO_2[18], requiere 1 mL de APTES y 100 mL de etanol por cada 5 g de TiO_2 a modificar. Para la incorporación del TiO_2 en Etanol se intercalaron 30 min de agitación en una parrilla de agitación magnética (Thermo Scientific, Cimarec) con 30 min de sonicado a 60 Hz en un baño ultrasónico (Brans onic, modelo 5510R-MT), hasta completar un tiempo total de 2.5 h. Posteriormente, se añadió el APTES y en un intervalo de 10 min se agregó 1 mL de agua para permitir la hidrólisis en la reacción, esta mezcla se dejó en agitación a 400 rpm por 6 h más. La muestra silanizada se sometió a secado en horno a 80 °C por 3 h. El material seco fue almacenado en viales para su posterior caracterización y uso.

Proceso de dopaje de TiO_2 con Ag por reducción de $AgNO_3$

La preparación de plata metálica en la superficie de TiO_2 se basó en la ruta de reducción química de $AgNO_3$ propuesta por [16]. La cantidad de TiO_2 (sólidos totales), el pH y la concentración Ag/TiO_2 (relación peso/peso) fue de acuerdo al diseño experimental propuesto. La suspensión acuosa de NPs de TiO_2 se preparó añadiendo la cantidad requerida del mismo a 250 mL de agua desionizada seguido de sonicación durante 10 min, calentándola a 80 °C con agitación vigorosa en una parrilla magnética. Una vez que se alcanzó la temperatura, se añadió a la suspensión la cantidad requerida de $AgNO_3$ para obtener la concentración deseada, manteniendo el calentamiento y la agitación, se ajustó el pH requerido de la suspensión con NaOH 0.5 M, la suspensión a 80 °C se mezcló durante 2 h. Esta solución se colocó en tubos falcon para posterior centrifugación, realizando dos lavados con agua destilada para remover agentes sin reaccionar. La mezcla obtenida se sometió a secado en un horno de convección (Lab-Line Instruments, modelo 3471) a 80 °C durante 12 h.

Prueba antibacteriana

Se realizó la prueba de sensibilidad utilizando el método de difusión en placa, es una modificación de la técnica descrita por [28].

Resultados y discusión

Diseño experimental y Metodología de superficie de respuesta

La aplicación del diseño experimental CDC junto con la metodología de superficie de respuesta (MSR) permitió establecer las condiciones que representan una mayor inhibición de *Escherichia coli* frente al uso de nanopartículas de TiO_2 modificadas y dopadas con Ag como agente antibacteriano. La zona de inhibición, es decir, los halos presentes en la placa de *E. coli* (mm) obtenidos mediante el diseño CDC, presentan una

longitud del halo entre 6.79 y 8.53 mm. La metodología de superficie de respuesta (MSR) aplicada a los resultados obtenidos a partir de las condiciones planteadas en la Tabla 1, generó el polinomio de regresión de segundo orden (Ec. 1), representa la relación empírica entre la longitud de los halos de inhibición con *Escherichia coli* y las variables independientes consideradas en el CDC.

$$y = 11.29 - 0.763x_1 - 0.019x_2 - 0.076x_3 + 0.0412x_1^2 - 0.0135x_2^2 - 0.0127x_3^2 + 0.0050x_1x_2 - 0.0017x_1x_3 + 0.0253x_2x_3 \quad (1)$$

La significancia estadística de los coeficientes se evaluó por medio de la prueba t Student´s y el valor p. En la Tabla 2 se muestran las variables y las interacciones que tienen mayor influencia en el proceso de dopaje en la inhibición de *E. coli*. La selección de la variable significativa se tomó como referencia del valor de probabilidad p, que, cuando este es menor a 0.05 indica que el efecto es significativo con un 95% de confianza. Sin embargo, para este caso, ninguna variable resultó significativa estadísticamente, debido a que el valor del estadístico p se encuentra por encima del valor mencionado. El factor de más peso en el presente diseño experimental se atribuye al pH, siendo el menos influyente la cantidad de TiO_2 que se utiliza en la solución. El modelo polinomial obtenido (Ec. 1) muestra un ajuste de datos experimentales de solo el 53%, debido a que el coeficiente de determinación (R^2) tiene un valor de 0.53, lo que implica que el 47% de la variación total no es explicada por el modelo.

Tabla 2. Significancia de los coeficientes de regresión de la evaluación de *Escherichia coli*

Variable	Coeficiente de regresión	Valor de t-student	Valor p
Intercepción	11.29	49.74	0
X_1	-0.763	1.77	0.107
X_2	-0.019	-0.96	0.359
X_3	-0.076	-0.87	0.404
X_1^2	0.0412	1.71	0.119
X_2^2	-0.0135	-1.26	0.236
X_3^2	-0.0127	-0.53	0.609
X_1X_2	0.0050	0.23	0.821
X_1X_3	-0.0017	-0.05	0.959
X_2X_3	0.0253	1.17	0.269

El análisis de la superficie de respuesta (Figura 1), muestra el comportamiento de las diferentes interacciones de efectos sobre la longitud de los halos de inhibición de *E. coli*. El mayor tamaño de los halos se da a niveles altos, superiores a 13 para el caso de pH, y a niveles bajos para las otras dos variables, 3 g de sólidos de TiO_2 en solución, mientras que para la concentración de $AgNO_3$ se requiere 4% p/p. A estas condiciones se obtendría un halo de inhibición de alrededor de 9 mm.

A partir de la gráfica de contorno, Figura 2, se determinaron los rangos más adecuados de trabajo para este microorganismo, siendo para el pH un valor entre 12 y 13, utilizando una cantidad de TiO_2 entre 2 y 3 g, en tanto que el rango de la concentración de $AgNO_3$ abarca una región por debajo de 4% p/p.

De los resultados obtenidos, se estableció un segundo diseño experimental CDC equirradial con dos factores, considerando como variables Concentración de $AgNO_3$ con respecto al TiO_2 (X_1) (25, 35 y 45 % p/p) y la cantidad de NPs de TiO_2 en solución (X_2) (3, 5 y 7 g/250mL), siendo el pH constante en 10 y con la misma variable de respuesta, la zona de inhibición. El rango del halo de *E. coli* de este segundo diseño planteado, se encuentra entre 6.6930 y 10.9737 mm, que, en comparación con el primer CDC (6.7915 - 8.5311 mm), existe un incremento del 28.63% de la longitud del mayor halo obtenido en la inhibición del Diseño 2.

 ISSN 2007-8102

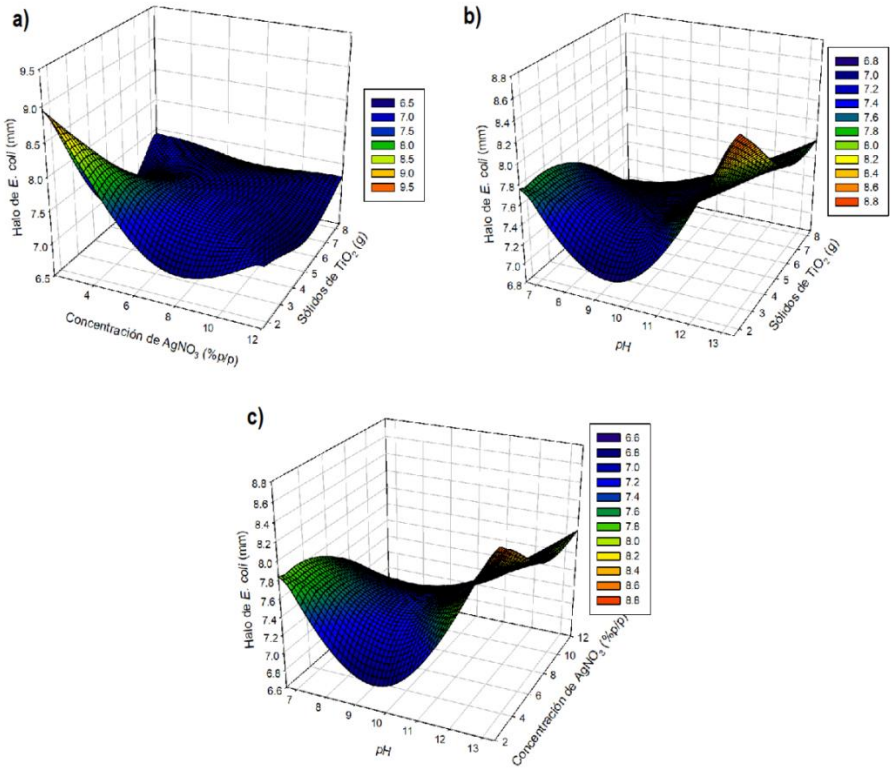


Figura 1. Superficies de respuesta de la evaluación de *E. coli,* a) Concentración de $AgNO_3$ (% p/p) vs Sólidos de TiO_2 (g), b) pH vs sólidos de TiO_2 (g), c) pH vs Concentración de $AgNO_3$ (% p/p).

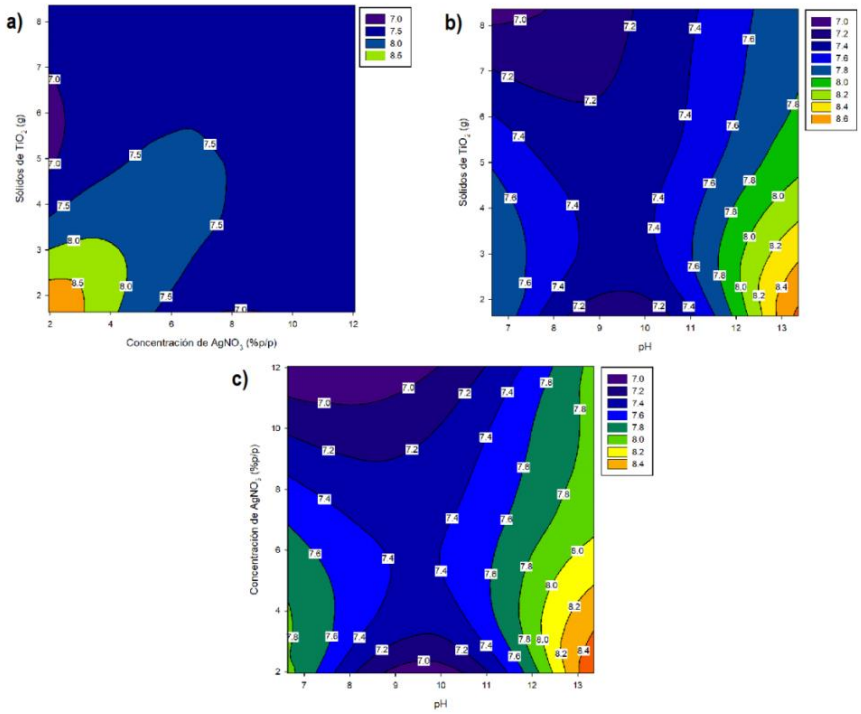


Figura 2. Gráficas de contorno de la evaluación de *E. coli*, a) Concentración de $AgNO_3$ (%p/p) vs Sólidos de TiO_2 (g), b) pH vs Sólidos de TiO_2 (g), c) pH vs Concentración de $AgNO_3$ (%p/p).

La Tabla 3 muestra las variables y las interacciones presentes en el proceso de dopaje en la inhibición de *Escherichia coli.* Como resultado de este Diseño 2, ninguna variable se consideró estadísticamente significativa, debido a que el valor del estadístico *p* es superior de 0.05 para todos los factores.

Tabla 3. Significancia de los coeficientes de regresión de la evaluación de *E. coli* del segundo diseño experimental de dos factores.

Variable	Coeficiente de regresión	Valor de t-student	Valor p
Intercepción	0.9	14.80	0.000
X_1	0.511	0.35	0.737
X_2	0.03	-0.90	0.396
X_1^2	-0.00645	-1.17	0.281
X_2^2	0.003	0.02	0.986
X_1X_2	-0.0083	-0.23	0.826

Por medio de la metodología de superficie de respuesta (MSR) se obtuvo la función de la respuesta (longitud de los halos de inhibición en *Escherichia coli*) denotada por una ecuación cuadrática de segundo grado (Ec. 2) que considera implícitamente las variables consideradas. El modelo cuadrático exhibe un coeficiente de determinación (R^2) de 0.25, lo que implica que no es un modelo aceptable para la predicción de la longitud de la zona de inhibición.

$$y = 0.9 + 0.511x_1 + 0.03x_2 - 0.00645x_1^2 + 0.003x_2^2 - 0.0083x_1x_2 \quad (2)$$

En la gráfica de superficie de respuesta (mostrada en la Figura 3), se observó que la mayor longitud de halo de inhibición en *E coli* se obtuvo a una concentración de $AgNO_3$ de 25% p/p con una cantidad de 3 g de TiO_2 en solución, a estas condiciones se obtiene una inhibición máxima de hasta 14 mm. La Figura 4 muestra la gráfica de contornos, de esta misma se determinaron los rangos más adecuados para trabajar este microorganismo, es recomendable trabajar con una concentración de $AgNO_3$ en un rango entre 20-25 % p/p aproximadamente en conjunto con una cantidad de TiO_2 entre 3 y 4 g.

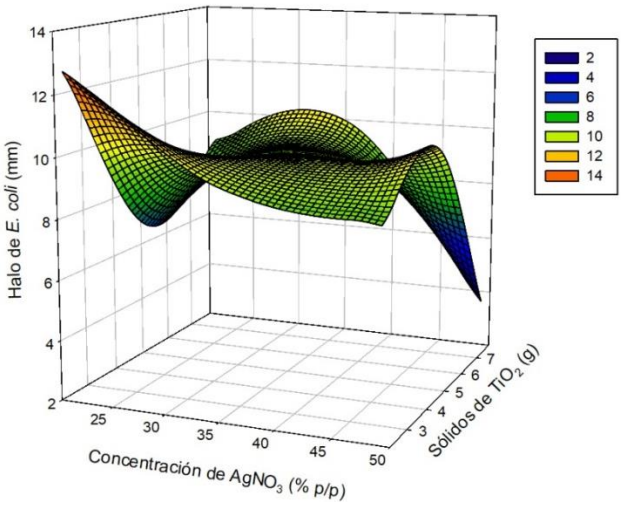


Figura 3. Superficie de respuesta de la evaluación de *E. coli*, Concentración de $AgNO_3$ (%p/p) vs Sólidos de TiO_2 (g).

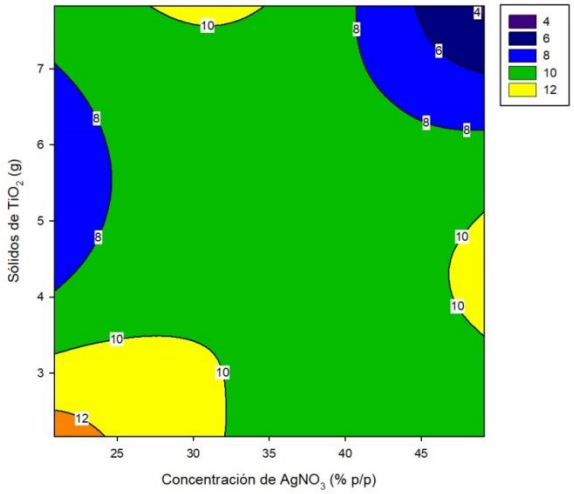


Figura 4. Gráfica de contorno de la evaluación de *E. coli*, Concentración de $AgNO_3$ (%p/p) vs Sólidos de TiO_2 (g).

Por medio de la implementación del Diseño 2 en *Escherichia coli* se determinó que trabajar a una concentración de $AgNO_3$ 20% p/p con cantidades de TiO_2 silanizado de 3 g y 10 en valor de pH, se logra una zona de

inhibición de hasta 14 mm. El análisis estadístico de este Diseño 2 permitió conocer que, de las dos variables consideradas, la que tiene una mayor influencia en el proceso es la cantidad de TiO_2 que se lleva a solución acuosa; sin embargo, la efectividad de este material aumentó en un 28.63% la longitud del halo de inhibición en el microorganismo en comparación con el primer diseño experimental propuesto, mismo que se logró al modificar el rango de concentración de $AgNO_3$ con el que se trabajó (concentraciones más altas). La inhibición de *E. coli* se benefició al aumentar la concentración de Ag en las partículas de TiO_2, en donde se comprobó que concentraciones de $AgNO_3$ por encima de 35% p/p no tienen impacto importante en la inhibición tal como lo reportó [16]. De lo anterior mencionado se encontró un aumento de cerca del 200% en la inhibición de la misma cepa bacteriana, dado que en nanofibras de policaprolactona modificadas con Ag y TiO_2 (PCL/TiO_2-Ag) se mostró un impacto de 97.6 mm en el diámetro de la zona de inhibición [25]. En comparación con otros trabajos relacionados, se obtuvieron resultados semejantes respecto a la zona de inhibición. Hassanien y Khatoon [26], evaluaron la actividad antibacteriana de Ag-NPs sintetizadas a diferentes concentraciones, encontrando que, a 100 mg/L presentaron una longitud de halo de 14.5 mm en la misma cepa bacterian. Así mismo, Dhanaleskshmi y Meena [7] prepararon nanopartículas de Ag-TiO_2 mediante reducción simultánea de $AgNO_3$ junto con hidrólisis de isopropóxido de Ti (IV), al trabajar con *E. coli* encontraron una zona de inhibición de aproximadamente 14 mm a una concentración de 600 µg/mL. De la misma manera, Alimunnisa et al [15] trabajaron un material parecido Ag-SiO_2 sintetizado por el método de Stober, encontraron una zona de inhibición máxima para el mismo microorganismo de 16 mm a una concentración de 1000 µg/mL., Ali et al [5] sintetizaron nanopartículas de TiO_2 dopado con Ag por método sol-gel, encontrando una zona de inhibición de 26.4 mm a una concentración molar de 8%. El trabajo de Nageswara et al [27] encontró que trabajar nanopartículas de Ag/TiO_2 sin modificar, utilizando extracto acuoso de Acacia nilotica como bio-reductor, se logra una zona de inhibición máxima en *E. coli* de 24 mm. Por otro lado, existe incremento en un 200% de la zona de inhibición que lo reportado por [1], quienes probaron el comportamiento antibacteriano de una membrana compuesta por Ag/TiO_2/PVC probada en la misma cepa bacteriana, reportando una longitud aproximada de 7 mm.

Conclusiones

En el trabajo actual se logró producir el nanocompuesto formado por TiO_2 (modificado superficialmente) dopado con Ag, mediante un proceso de dopaje económico y factible (Por reducción en medio acuoso de $AgNO_3$). Este material cuenta con propiedades para inhibir la bacteria *Escherichia coli*. Lo que convierte a este compuesto en un material con impacto antibacteriano prometedor en aplicaciones de alta resistencia, en el tratamiento de aguas, recubrimientos en películas, entre otros.

Referencias

[1] N. Haghighat, V. Vatanpour, M. Sheydaei, and Z. Nikjavan, “Preparation of a Novel Polyvinyl Chloride (PVC) Ultrafiltration Membrane Modified with Ag/TiO_2 Nanoparticle with Enhanced Hydrophilicity and Antibacterial Activities,” *Sep. Purif. Technol.*, vol. 237, no. 15, p. 116374, 2019.

[2] B. Moongraksathum and Y. Chen, “Anatase TiO_2 co-doped with silver and ceria for antibacterial application,” *Catal. Today*., vol. 310, no. 15, pp. 68–64, 2018.

[3] V. Lionas, T. Georgakopoulos, N. Todorova, S. Karapati, K. Pomoni, and C. Trapalis, “Electron transport in surface modified TiO_2 nanoparticles,” *Mater. Sci. Semicond. Process.*, vol. 83, pp. 63–69, 2018.

[4] S. A. Amin, M. Pazouki, and A. Hosseinnia, “Synthesis of TiO_2–Ag nanocomposite with sol–gel method and investigation of its antibacterial activity against *E . coli*,” *Powder Technol.*, vol. 196, no. 3, pp. 241–245, 2009.

[5] T. Ali, A. Ahmed, U. Alam, I. Uddin, P. Tripathi, and M. Muneer, “Enhanced photocatalytic and antibacterial activities of Ag-doped TiO_2 nanoparticles under visible light,” *Mater. Chem. Phys.*, vol. 212, no. 15, pp. 325–335, 2018.

[6] S. Angkaew and P. Limsuwan, “Preparation of silver-titanium dioxide core-shell (Ag@TiO_2) nanoparticles: Effect of Ti-Ag mole ratio,” *Procedia Eng.*, vol. 32, no. 3, pp. 649–655, 2012.

[7] K. I. Dhanalekshmi and K. S. Meena, “Comparison of Antibacterial activities of Ag@TiO_2 and Ag@SiO_2 Core - Shell Nanoparticles,” *Spectrochim. Acta Part A Mol. Biomol. Spectrosc.*, vol. 128, no. 5, pp. 887–890, 2014.

[8] T. Pham and B. Lee, “Disinfection of Staphylococcus aureus in indoor aerosols using Cu–TiO_2 deposited on glass fi ber under visible light irradiation,” *"Journal Photochem. Photobiol. A Chem.*, vol. 307–308, pp. 16–22, 2015.

[9] J. Zhao, M. Milanova, M. M. C. G. Warmoeskerken, and V. Dutschk, “Surface modification of TiO_2 nanoparticles with silane coupling agents,” *Colloids Surfaces A Physicochem. Eng. Asp.*, vol. 413, pp. 273–279, 2012.

[10] M. K. Seery, R. George, P. Floris, and S. C. Pillai, “Silver doped titanium dioxide nanomaterials for enhanced visible light photocatalysis,” *Journal of Photochemistry and Photobiology A: Chemistry*., vol. 189, pp. 258–263, 2007.
[11] A. J. Haider, R. H. Anbari, and G. Kadhim, “Exploring potential Environmental applications of TiO_2 Nanoparticles,” *Energy Procedia*, vol. 119, pp. 332–345, 2017.
[12] M. Harikishore, M. Sandhyarani, K. Venkateswarlu, and T. A. Nellaippan, “Effect of Ag doping on Antibacterial and Photocatalytic Activity of Nanocrystalline TiO_2,” *Procedia Mater. Sci.*, vol. 6, pp. 557–566, 2014.
[13] S. Natarajan, M. Bhuvaneshwari, D. S. Lakshmi, P. Mrudula, N. Chandrasekaran, and A. Mukherjee, “Antibacterial and antifouling activities of Chitosan/TiO_2/Ag NPs nanocomposite films against packaged drinkin water bacterial isolates,” *Environ. Sci. Pollut. Res.*, vol. 1, pp. 1–13, 2016.
[14] W. Vallejo, C. Díaz U., K. Navarro, R. Valle, J. W. Arboleda, and E. Romero, “Estudio de la actividad antimicrobiana de películas delgadas de dióxido de titanio modificado con plata,” *Acad. Colomb. Ciencias Exactas, Físicas y Nat.*, vol. 40, no. 154, pp. 69–74, 2016.
[15] J. Alimunnisa, K. Ravichandran, and K. S. Meena, “Synthesis and characterization of Ag@SiO_2 core-shell nanoparticles for antibacterial and environmental applications,” *J. Mol. Liq.*, vol. 231, pp. 281–287, 2017.
[16] Z. V. Quiñones-Jurado, M. Á. Waldo-Mendoza, H. M. Aguilera-Bandin, E. G. Villabona-Leal, E. Cervantes-González, and E. Pérez, “Silver Nanoparticles Supported on TiO_2 and Their Antibacterial Properties : Effect of Surface Confinement and Nonexistence of Plasmon Resonance,” *Mater. Sci. Appl.*, vol. 5, pp. 895–903, 2014.
[17] M. Thukkaram, P. Cools, A. Nikiforov, P. Rigole, P. Van Der Voort, G. Du Laing, C. Vercruysse, R. Morent, L. De Wilde, P. De Baets, K. Verbeken, and N. De Geyter, “Antibacterial activity of a porous silver doped TiO_2 coating on titanium substrates synthesized by plasma electrolytic oxidation,” *Appl. Surf. Sci.*, vol. 500, no. 15, p. 144235, 2020.
[18] L. López-Zamora, H. N. Martínez-Martínez, and J. A. González-Calderón, “Improvement of the colloidal stability of titanium dioxide particles in water through silicon based coupling agent,” *Mater. Chem. Phys.*, vol. 217, pp. 285–290, 2018.
[19] B. Qiao, T. Wang, H. Gao, and Y. Jin, “High density silanization of nano-silica particles using y-aminopropyltriethoxysilane (APTES),” *Appl. Surf. Sci.*, vol. 351, pp. 646–654, 2015.
[20] Z. Lu, H. Fang, J. Jin, Y. Yi, K. Wang, L. Ming, and N. He, “A facile dopamine-assisted method for the preparation of antibacterial surfaces based on Ag/TiO_2 nanoparticles,” *Appl. Surf. Sci.*, vol. 481, pp. 1270–1276, 2019.
[21] J. A. Gonzalez-Calderon, J. Vallejo-Montesinos, A. Almendarez-Camarillo, R. Montiel and E. Pérez, “Non-isothermal crystallization analysis of isotactic polypropylene filled with titanium dioxide particles modified by a dicarboxylic acid,” *Thermochimica Acta.,*vol. 631, pp. 8-17, 2016.
[22] V. González-Rodríguez, D. L. Zapata-Tello, J. Vallejo-Montesinos, R. Zárraga Núñez, J. A. González-Calderon and E. Pérez, “Improving titanium dioxide dispersion in water through surface functionalization by a dicarboxylic acid,” *Journal of Dispersion Science and Technology*., vol. 40, pp. 1039-1045, 2018.
[23] J. Vallejo-Montesinos, J. Gámez-Cordero, R. Zarraga, M. C. Pérez Pérez and J. A. Gonzalez-Calderon, “Influence of the surface modification of titanium dioxide nanoparticles TiO_2 under efficiency of silver nanodots deposition and its effect under the properties of starch–chitosan (SC) films,” Polymer Bulletin., vol. 77, pp. 107-133, 2020.
[24] M. R. Spiegel, S. Lipschutz, and D. Spellman, *Análisis vectorial*, Segunda ed. México D.F.: Mc Graw Hill, 2009.
[25] S. Karagoz, N. B. Kiremitler, M. Sakir, S. Salem, M. S. Onses, E. Sahmetlioglu, A. Ceylan, and E. Yilmaz, “Synthesis of Ag and TiO_2 modified polycaprolactone electrospun nano fibers (PCL/TiO_2 -Ag NFs) as a multifunctional material for SERS, photocatalysis and antibacterial applications,” *Ecotoxicology and Environmental Safety.,* vol. 188, no. 30, p. 109856, 2019.
[26] A. S. Hassanien and U. T. Khatoon, “Synthesis and characterization of stable silver nanoparticles, Ag-NPs: Discussion on the applications of Ag-NPs as antimicrobial agents,” *Phys. B Phys. Condens. Matter*, vol. 554, pp. 21–30, 2019.
[27] T. Nageswara, P. Babji, N. Ahmad, R. Ahmad, I. Hassan, S. Ali, and F. Mabood, “Green synthesis and structural classification of Acacia nilotica mediated-silver doped titanium oxide (Ag/TiO_2) spherical nanoparticles : Assessment of its antimicrobial and anticancer activity,” *Saudi J. Biol. Sci.*, vol. 26, no. 7, pp. 1385-1391, 2019.
[28] A. W. Bauer, W. M. Kirby, J. C. Sherris and M. Turck, "Antibiotic susceptibility testing by a standardized single disk method", Am J Clin Pathol, vol. 45, no. 4, pp. 493-496, 1966.

Integración de reacciones de esterificación-glicolisis en reactor para el PET, con trazas de cloro contaminante.

M. A. Del Ángel Hernández, A. B. Morales Cepeda, H. E. De Alva Salazar, J. L. Rivera Armenta*
Boulevard Aldhair Cd. Altamira Tamaulipas.
Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Ciudad Madero, México
*abmoralesc@itcm.edu.mx, ana.mc@cdmadero.tecnm.mx
***Área de participación**: Ingeniería Química*

Resumen
El cloruro de polivinilo en las etiquetas de las botellas de tereftalato de polietileno es un contaminante en el reciclaje terciario de las botellas. Una reacción de despolimerización de PET obtenida utilizando el precursor BHET. La reacción de glicólisis de PET se llevó a cabo en exceso de etilenglicol.Posteriormente, se llevó a cabo la reacción de glicólisis (etilenglicol y BHET), introduciendo únicamente ácido tereftálico.
La formación de BHET se verificó usando FTIR, TGA y DSC. Por el método de Mohr, se confirmó la cantidad de cloruros en el condensado (subproducto), formado por la descomposición del cloruro de polivinilo (PVC) a través de la reacción denominada deshidrocloración.

***Palabras clave**:* reciclaje, esterificación, glicolisis, BHET, PET.

Abstract
Polyvinyl chloride from polyethylene terephthalate bottle labels is a contaminant in the tertiary recycling of bottles. A depolymerization reaction of PET obtained using the BHET precursor. The PET glycolysis reaction was carried out in excess of ethylene glycol. Subsequently, the glycolysis reaction (ethylene glycol and BHET) was carried out, introducing only terephthalic acid.
The formation of BHET was verified using FTIR, TGA, and DSC. By Mohr's method, the amount of chlorides in the condensate (by-product), formed by the decomposition of polyvinyl chloride (PVC) through the so-called dehydrochlorination reaction, was confirmed.

***Key words**: recycling, esterification, glycolysis, BHET, PET.*

Introducción

El reciclaje químico del PET es una forma responsable de tener menor cantidad de disposición final, consumir menos materia prima original para formar el PET, ahorro de energía para la elaboración de las materias primas y reducir las emisiones de CO_2 a la atmósfera. Bruno Bertolotti et al. [1] y Daniela Carta et al. [2], realizaron investigaciones sobre la reacción de glicólisis (esta reacción es utilizada en el reciclaje de PET de posconsumo), con temperaturas entre 190-240°C, presiones de 0.1 a 0.6 MPa e incluyeron datos sobre el uso de acetato de zinc como catalizador. Otra investigación de Herrera y Estrada [3], donde dan a conocer su investigación sobre el proceso de depolimerización del PET de post-consumo por el método de glicolisis para producir el monómero precursor del PET llamado BHET (bis-2 hidroxietiltereftalato), en esta investigación varios catalizadores y diferentes glicoles fueron evaluados. Herrera y Estrada [3] concluyeron, que la reacción de depolimerización con mejores resultados fue la que utilizó etilenglicol y acetato de zinc (catalizador). Por otro lado, Awaja Firas y Pavel Dumitru [4], menciona a los adhesivos y al PVC como contaminantes dañinos en la reprocesamiento del PET. Siendo el PVC formador de HCl por descomposición térmica a temperaturas superiores a 150°C. También se menciona que el PVC es eliminado manualmente de la botella de PET de desecho antes del proceso de molienda; sin embargo, no más por lo general del 90% del PVC total se elimina manualmente. En otra investigación, referente al PVC como contaminante, Famechon [5], informo que el 97.5% de PVC se eliminó utilizando el proceso “micronilo” que es una molienda multietapa, sin embargo, todavía queda remanente de PVC, el cual tiene repercusiones en los procesos de reprocesamiento o reciclaje de PET. La descomposición del PVC, se efectúa en tres etapas, según Jie Yu [6], en la primera región (T<250°C), el PVC a través de la deshidrocloración produce polienos; en la segunda región (250°C<T<350°C), el polieno se descompone en compuestos de peso molecular

 ISSN 2007-8102

menores y en la tercera región (350°C<T) el polieno se descompone aún más en compuestos de peso molecular más bajos. Por lo que la degradación de las trazas de PVC bajo las condiciones de reacción de la glicolisis produce HCl.

Metodología

Materiales

Los reactivos utilizados fueron los siguientes: etilenglicol de la marca Analytica (EG), ácido tereftálico (TPA, donado por la compañía MG-polímeros), cloruro de polivinilo comercial (PVC, marca Polyvisol, 37% de Cloro en el polímero, donado por la compañía Mexichem). El PET de posconsumo, fue obtenido de botellas de una sola marca de refresco cortando las botellas en tiras y en cuadros (sin cortar el área donde tiene pegamento de la etiqueta) y posteriormente, las medidas promedio de los cuadros fueron de 3x3 mm a 4x4 mm. Para el método de Mohr se utilizaron los reactivos: Nitrato de Plata marca AnalaR NORMAPUR, 98%, K_2CrO_4 marca Analytika al 99%, Bicarbonato de Sodio, marca Analytika al 99%, agua destilada y desionizada marca Fermont.

Reacciones Químicas

En la Figura 1 se muestran las reacciones de esterificación donde se parte de los reactivos base (EG y TPA) y glicólisis donde se inicia a partir de PET de posconsumo y EG. Se realizaron dos reacciones, cada una consistió en una reacción de glicólisis, seguida de la esterificación, simulando una modificación del proceso de producción del PET, en la sección de esterificación, (Figura 2). En la primera reacción se utilizaron los reactivos para glicólisis y esterificación, para obtener una reacción “blanco” para un comparativo con una relación etilenglicol: PET-posconsumo 18:1, a una temperatura de 220-230°C con una rampa de calentamiento de 2.3ºC/min, presión de 14.7 a 20 psi, con un tiempo de 4 h. En el segundo conjunto de reacciones: se realizó glicólisis y posteriormente la esterificación, como en las reacciones “blanco”, en esta se adicionó 3.135 g de PVC como contaminante en el sistema de reacción (Tabla 1).

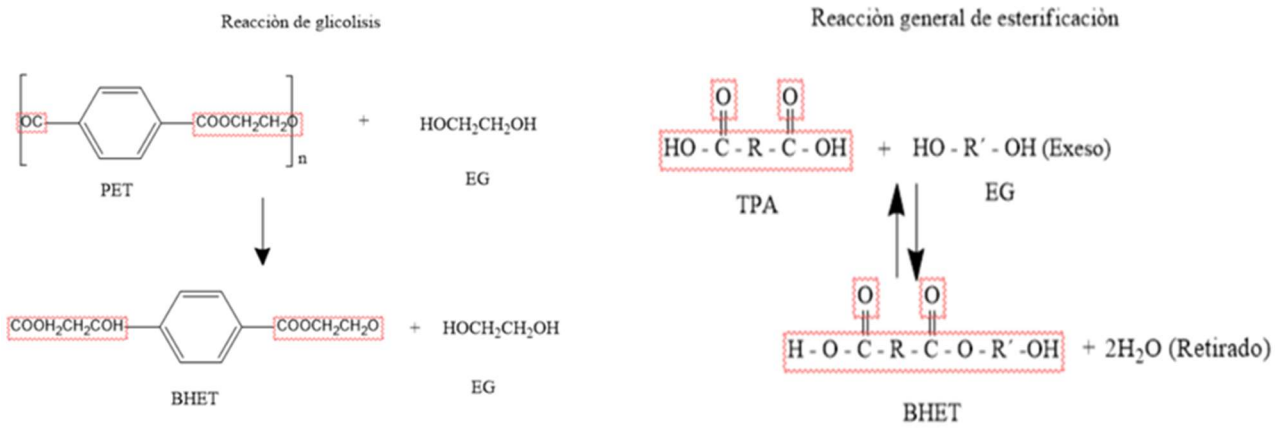


Figura 1. Reacciones de Esterificación y Glicólisis

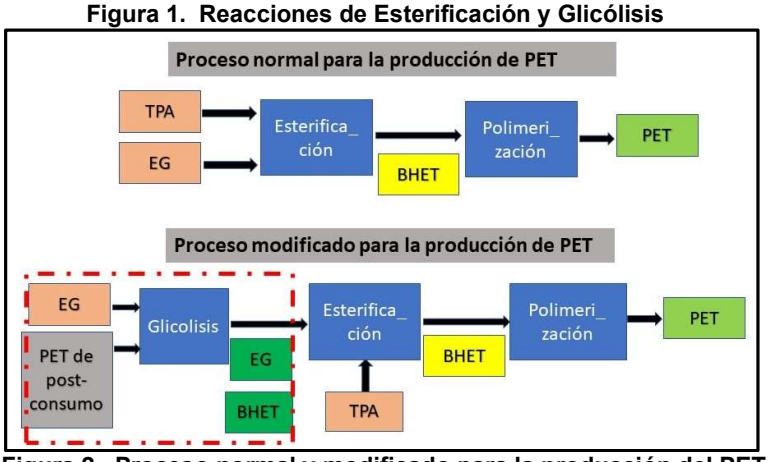


Figura 2. Proceso normal y modificado para la producción del PET.

Tabla 1. Relación de reactivos utilizados en las reacciones

	Blanco		Contaminante	
Reactivo	Esterificación	Glicólisis	Esterificación	Glicólisis
Etilenglicol	532 g	0	532	0
Relación Etilenglicol: PET-Posconsumo	0	18:1	0	18:1
PVC	0	0	3.135 g	3.135 g

En la Figura 3 se tienen el diagrama: 1) Reactor marca PARR 5100 con chaqueta de calentamiento, 2) agitador doble propela, 3) termopar, 4) condensador, 5) desfogue de emergencia; este sistema fue utilizado por Del Ángel et al. [7].

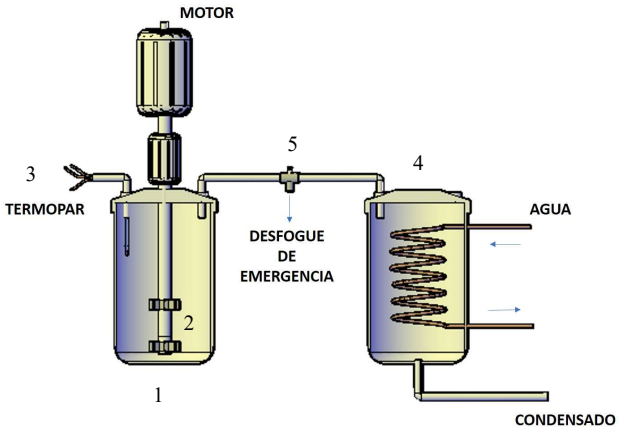


Figura 3. Esquema de reacción para la glicólisis y esterificación.

Caracterización

Espectroscopia de Infrarrojo con transformada de Fourier marca Perkin Elmer, modelo Spectrum 100, con ATR punta de diamante y un barrido de 12 datos. Para procesar los gráficos, se utilizó el software Origin Pro 8 SR0.
En los análisis térmicos simultáneos DSC/TGA se utilizó el equipo de la marca TA Instruments modelo SDT Q600. La porta muestra utilizado fue de Platino, las condiciones de operación fueron: rango de peso de la muestra 10 a 15 mg, flujo de N_2 de 100 ml/min, rampa de calentamiento de 10 °C/min y rango de temperatura de análisis de 28° a 700°C. El software para procesar los datos fue el TA Universal Analysis 2000, versión 4.5-A.
El pHmetro utilizado fue marca Thermoscientific, Orion 4-Star Benchtop pH/Conductivity Meter, previamente calibrado. Para la medición del pH, se filtró cada una de las muestras previamente. Se realizó un promedio de tres mediciones de pH y conductividad eléctrica. Se utilizó el Método de Mohr, para determinar contenido de cloro en el condesado de la reacción de esterificación: Se tomó 10 ml de muestra de condensado y diluyó a 100 ml, posteriormente se ajustó el pH entre 7 a 10, se 8 gotas de la solución indicadora K_2CrO_4 al 5%, posteriormente se tituló con 0.01 N de $AgNO_3$ hasta obtener un vire color rojo ladrillo, el análisis se repitió 3 veces, para obtener un valor promedio.

Resultados y discusión

La primera reacción “blanco”, se adicionó al reactor PET-posconsumo con etilenglicol en exceso, se procedió a iniciar la reacción de acuerdo con lo descrito anteriormente. Posteriormente se adiciono el ácido tereftálico para llevar a cabo la reacción de esterificación, a una temperatura de reacción 215-220 °C, presión de 14.7 a 20 psi, tiempo de reacción de 3 h, durante la reacción a partir de los 40´ se comenzó a retirar el agua condensada para mantener el equilibrio de la reacción hacia la formación de BHET, terminada la reacción se obtuvieron las muestras de condensado y producto.
Para el segundo conjunto de reacciones, se efectuó primero la reacción de glicolisis, de acuerdo con lo descrito anteriormente en metodología. Para esta reacción de glicolisis se utilizó una relación de etilenglicol/PET de

 ISSN 2007-8102

posconsumo de 18:1. Después de que se enfrió el sistema, se destapo el reactor, para observar trazas de PET de posconsumo, encontrando un líquido amarillento y sin ninguna traza de PET. Enseguida se continuo con la reacción de esterificación incorporando el ácido tereftálico, además se adicionó 3.135 g de PVC (con contenido de Cloro de 37%, 1.1599 g de Cloro) para simular la contaminación por PVC que tienen los lotes de PET de posconsumo. Las condiciones para la reacción de esterificación fueron: temperatura de reacción 215-220 °C, presión de 14.7 a 20 psi, tiempo de reacción de 3 h, durante el tiempo de reacción aproximadamente a los 40 min se comenzó a retirar vapores por el sistema de condensación para mantener el equilibrio de la reacción hacia la formación de BHET. Una vez que terminó la reacción se muestreo el reactor, observando que el producto tuvo puntos de coloración café.

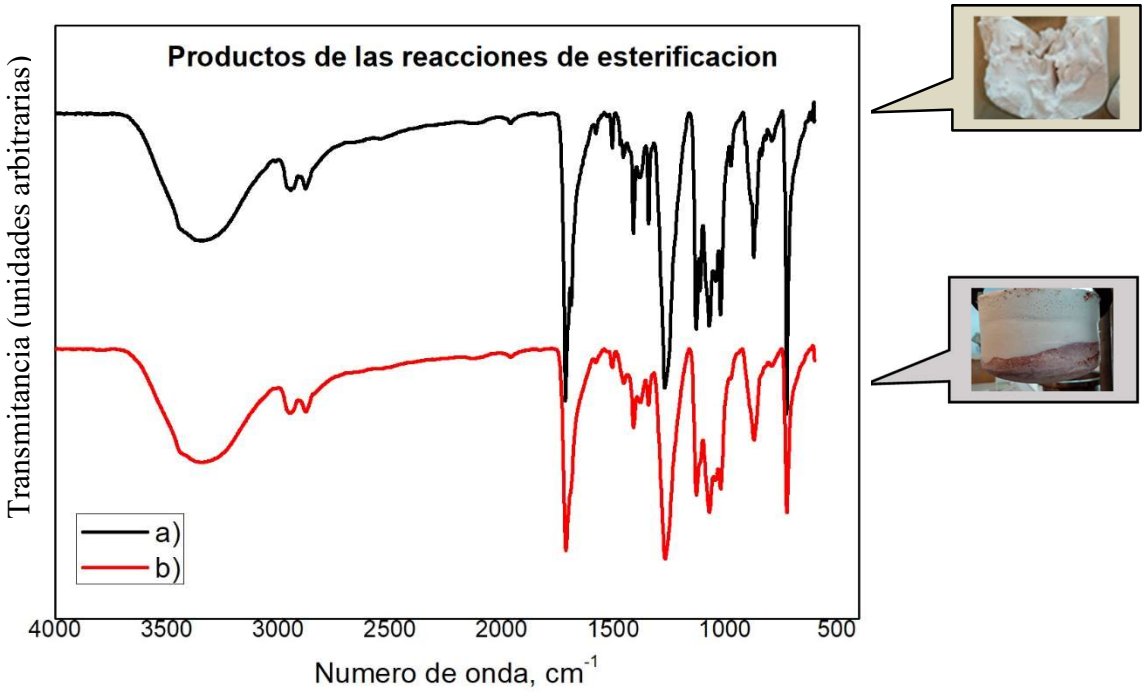


Figura 4. Espectros de Infrarrojo del producto BHET, a) reacción "blanco" y b) reacción con contaminante.

Los productos de esterificación de ambos conjuntos de reacción corresponden a la formación del monómero BHET, esto de acuerdo con el comparativo de los espectros Figura 4 a y b, análisis de FTIR de la investigación de Syariffuddeen *et. al* [8], los picos de característicos de los espectros grupo alcohólico en el rango de 3450 cm^{-1}, estiramiento doble en el rango de 2900 a 3000 cm^{-1}, grupo C=O en el rango de 1700 cm^{-1}, enlace aromático C-H en el rango de 1500 cm^{-1}, vibraciones asimétricas de ésteres a 1250 cm^{-1}, enlace O-H a 1150 cm^{-1}, enlaces C-O-C a 1100 cm^{-1}, vibraciones asimétricas de éster a 1080 cm^{-1} y anillos aromáticos en el rango 975-900 cm^{-1}. Con lo que se corroboro la formación de BHET y en el caso de la reacción con contaminante se observó una coloración café.

En el análisis los condensados efectuados de las reacciones de esterificación, para la reacción "blanco" y con contaminante, fueron: pH para identificar incremento o formación de componentes ácidos en el condensado de la reacción sin contaminante contra la que se le adiciono el PVC. La conductividad eléctrica se analizó para comprobar la presencia de incremento de iones, en el análisis de cloruros se investigó la cantidad de cloro formada por la reacción de descomposición del PVC. Los pHs promedios que se obtuvieron de los condensados fueron: para la primera reacción de esterificación 4.46, mientras que para la reacción de esterificación se obtuvo 3.79. Esto fue un indicativo de la formación de un compuesto ácido y corrobora que se efectuó la reacción de deshidrocloración del PVC, (Tabla 2). La conductividad eléctrica de la muestra de condensado de la rección "blanco" fue 140.3 mV, mientras que para la reacción con contaminante fue 180 mV, con esto se comprueba el incremento de iones, (Tabla 2).

 ISSN 2007-8102

Tabla 2. Mediciones de conductividad y pH de los condensados

Reacción	pH	Conductividad mV
Blanco	4.46	140.3
Contaminante	3.79	180

Se analizó la pérdida de peso del PVC utilizado como contaminante. Esto se realizó por medio de un análisis TGA-DSC, ya que esta pérdida está relacionada directamente con la formación de HCl, derivada por la deshidroclorinación del PVC.
La curva verde de la Figura 5, se mantiene el 100% peso desde la temperatura ambiente hasta 220°C, se asigna a la pérdida de masa relacionada con la formación de HCl fue de 0.9495 %; conforme la temperatura aumenta la degradación del PVC en línea recta hasta una temperatura de 300°C, esto se observa en una caída de flujo de calor de -0.125 W/g (línea azul, del DSC).
En 375 °C se tiene un escalón hasta 400 °C se tiene una perdida constante de pérdida de peso hasta 10% en 500°C (línea verde, TGA) en el DSC se observa un aumento de flujo de calor hasta 0.5 W/g a 375°C (línea azul), al aumentar la temperatura se pierde flujo de calor para caer continuamente hasta 700°C (línea azul).

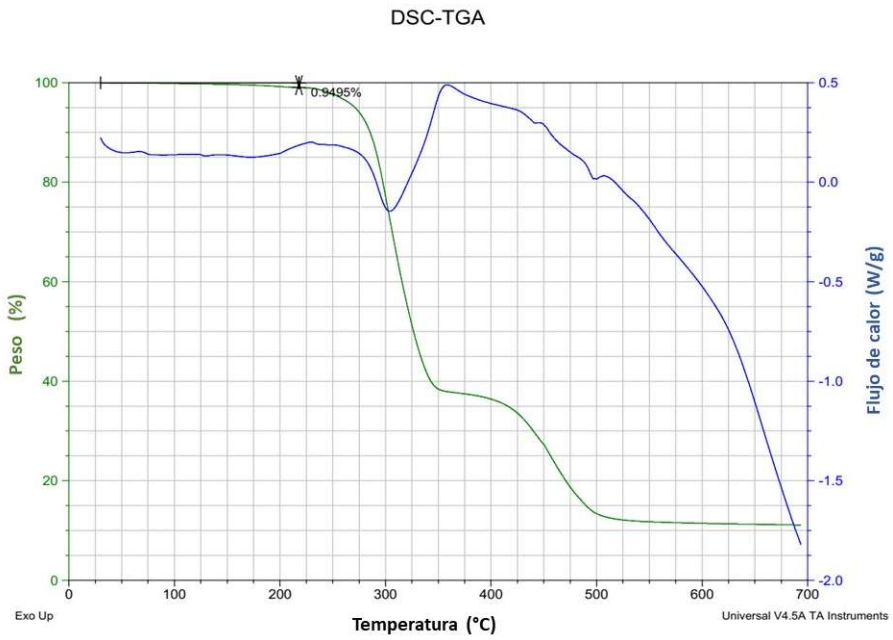


Figura 5. Resultados del análisis TGA-DSC del PVC usado como contaminante.

Para la temperatura de 220°C en la muestra con contaminante fue de 0.9495%, lo que indica que se debió formar una cantidad de 0.02976 g de cloruros, para los 3.135 g PVC utilizados como contaminante, esto es similar a Sánchez *et a*l. [9].
En el análisis de Cloruros promedio de las muestras del condensado se obtuvo un resultado de 23.92 mg/litro, comparado con lo calculado de 29.76 mg/litro, se concluye que la reacción de deshidrocloración se lleva a cabo de acuerdo con el termograma del material usado como contaminante, Figura 5. Además, se observa en el termograma que, al incrementar la temperatura en las reacciones de glicólisis y esterificación, y agregando una corriente extra de PET de post-consumo que tenga PVC como contaminante, también se obtendrá mayor cantidad de HCl o cloruros, por lo que se recomienda usar el material de reciclo lo más limpio posible.
En cuanto a la descomposición del PVC por la reacción de deshidrocloración, se encontró que la formación de cloruros corresponde a la descomposición térmica del PVC utilizado como contaminante, para la temperatura de 220°C corresponde 0.9495%, para los 3.135 g de PVC utilizados como contaminante debió tener una pérdida de 0.02976 g lo que correspondería a la formación de Cloruros en la muestra de condensado, en la cual se obtuvo 0.02392 g, valor muy cercando a lo calculado.

Conclusiones

La reacción de glicolisis usando PET de post-consumo y etilenglicol, tanto para la reacción “blanco” y con contaminante, se observó no contenían trazas de PET, lo que se concluye que todo el PET de post-consumo reacciono. Los productos de las reacciones de glicolisis se utilizaron para continuar con la reacción de esterificación, adicionando el ácido tereftálico para la formación del BHET, y en la segunda reaccion de esterificación se adiciono PVC para simular contaminación con adhesivos. Al terminar las reacciones de esterificación se caracterizó el BHET comprobando su formación por medio de un análisis FTIR. También se comprobó la formación de HCl, la cual tiene lugar mediante la descomposición térmica del PVC conocida como reacción de deshidrocloración, utilizando el método de Mohr para la determinación de Cloruros en el condensado de la reacción de esterificación.
Se comprobó la formación de HCl es proporcional a la descomposición térmica del material PVC, ya que el termograma de este material muestra descomposición de 0.9495% a la temperatura máxima alcanzada de 220°C, lo que correspondería a 0.02976 g de los 3.135 g utilizados como contaminante, y se obtuvo en promedio una concentración de Cloruros de 0.02392 g, el cual es un valor muy cercando a lo calculado.

Agradecimientos

Este trabajo fue apoyado por el proyecto: Evaluación Síntesis de PET empleando PET de reciclo vía laboratorio y simulación, clave: ITCMAD-CA-16, FORTALECIMIENTO A CUERPOS ACADEMICOS CONVOCATORIA 2019, PRODEP. Miguel *Del Ángel Hernández* agradece al programa de becas CONACYT-SECRETARIA DE ENERGIA sustentabilidad energética 2018, no. De beca 640454 y al Tecnológico Nacional de México. Se agradece a las empresas Petroquímicas del Puerto de Altamira Tamaulipas, M&G Polímeros por la donación de los reactivos ácido tereftálico (TPA) y etilenglicol (EG) y a Mexichem por la donación de PVC (Polivisol), ya que estos reactivos fueron utilizados durante la investigación.

Referencias

[1] Bruno Bertolotti, Jorge Chávez, Roberto Laos, Carla Rospigliosi y Javier Nakamatsu. "Poliésteres y Reciclaje Químico del Pol(tereftalato de etileno)," Revista de quimica, Junio 2005.
[2] Daniela Carta, Giacomo Cao y Claudio D Angeli. "Chemical Recycling of Poly(ethylene terephthalate) (PET) by Hydrolysis and Glycolysis," ESPR - Environ Sci & Pollut Res 10 (6) 390 -394 (2003). DOI: HTTP://DX.DOI.ORG/10.1065/espr2001.12.104.8
[3] Juan Roberto Herrera Reséndiz y Anayansi Estrada Monje. "Despolimerización de botellas de poli(tereftalato de etileno) (PET) post-consumo mediante glicolisis. I. Efecto del catalizador y tipo de glicol," Revista Iberoamericana de Polímeros, Vol. 13, No. 3, Julio 2012.
[4] Firas Awaja y Dumitru Pavel. "Recycling of PET," European Polymer Journal 41 (2005) 1453-1477, March 205.
[5] Famechon R. Separation of poly(vinyl chloride) from poly(ethylene terephthalate) by micronyl process. Makromol Chem, Macromol Symp 1992;57:95–102
[6] Jie Yu, Lushi Sun, Chua Ma, Yu Qiao y Hong Yao. "Thermal degradation of PVC: A review," Elsevier Ldt, November 2015.
[7] Del Ángel Hernández Miguel Ángel. "Efectos y balance de materia de contaminantes que afectan el reciclaje químico del PET" Trabajo de tesis, Tecnológico Nacional de México-Instituto Tecnológico de Ciudad Madero División de estudios de posgrado e investigación, diciembre 2019.
[8] Syariffuddeen A., Norhafizah A. & y Salmiaton A., "Glycolysis of Poly (Ethylene Terephthalate) (PET) Waste Under Conventional Convection-Conductive Glycolysis," International Journal of Engineering Research & Technology, Vol. 1, No. 10, December 2012.
[9] Sánchez N. and Chirinos J., Estabilizantes térmicos alternos para el PVC, Revista Iberoamericana de polímeros. Inst., 21, 178–197 (2014)

Potencial biotecnológico del cultivo *in vitro* de *Gonolobus niger*, componente de bebida prehispánica denominada “Popo”.

E. Hernández-Domínguez[1], F.J. Gabino Roman[1], H.P. Medorio García[2], A.C. Ortega Martínez[2], A. G. Nila-Méndez[1].*
[1]Unidad de Investigación en Biotecnología Vegetal, Instituto Tecnológico Superior de Acayucan. Carretera Costera del Golfo Km 216.4. Col Agricola Michapa. Acayucan, Veracruz. 961000. México
[2]Facultad de Ciencias Químicas, Universidad Veracruzana, Av. Universidad km. 7.5. Colonia Santa Isabel I, Coatzacoalcos, Veracruz 96536, México.
**elihed@gmail.com*

***Área de participación**: Ingeniería Química*

Resumen

G. niger conocido como “chupipi”, ingrediente indispensable en la elaboración del “popo”, bebida tradicional a base de cacao, caracterizada por abundante espuma. Dicha particularidad se atribuye a las saponinas, no identificadas en esta especie, actualmente es difícil encontrar este cultivo de forma silvestre. Esto condujo a establecer un cultivo *in vitro* de callos y suspensiones celulares no reportado antes. Nuestros resultados, mostraron el establecimiento de los cultivos de callos en medio MS adicionado con 3 mg/L de 2, 4-D. En la cinética de crecimiento, durante un subcultivo de 30 días, la biomasa incremento 10 veces. En las suspensiones celulares, los resultados sugieren una mayor producción de biomasa durante 30 días a una velocidad de agitación de 100 rpm. De acuerdo, a ensayos rápidos los cultivos son capaces de formar espuma (saponinas). Además, de presentar un diferencial contenido de fenoles totales y compuestos antioxidantes en estos tejidos.

***Palabras clave**: Chupipi, suspensiones celulares, callos, saponinas.*

Abstract

G. niger known as "chupipi", an indispensable ingredient in the preparation of "popo", a traditional cocoa-based drink characterized by abundant foam. This characteristic is attributed to the saponins, which have not been identified in this species, and it is currently difficult to find this crop in the wild. This led to the establishment of an in vitro culture of callus and cell suspensions not reported before. Our results showed the establishment of callus cultures in MS medium supplemented with 3 mg/L of 2, 4-D. In growth kinetics, during a 30-day subculture, biomass increased 10-fold. In cell suspensions, results suggest a higher biomass production during 30 days at an agitation speed of 100 rpm. According to rapid tests, crops are capable of foaming (saponins). In addition, to present a differential content of total phenols and antioxidant compounds in these tissues.

***Key words**: Chupipi, cell suspensions, callus and saponins.*

Introducción

En el sureste del nuestro país existen tradiciones provenientes desde la época prehispánica, una de ellas es una bebida tradicional, caracterizada por su abundante espuma, esta se elabora con agua a la que se le agrega una pasta compuesta por cacao (*Theobroma cacao*), azúcar, canela (*Cinnamomum zeylanicum* y *C. verum*), arroz (*Oryza sativa*) y una planta que actúa como un agente espumante que puede ser una de diversas especies, entre ellas la cocolmeca o axquiote (*Smilax sp.*) y el chupipe o chupipi (*Gonolobus niger*) [1 y 2]. *G. niger*, resulta de nuestro interés por esa

propiedad “tensoactiva” que parece contiene. El conocimiento empírico en la preparación del <<Popo>>, indica que sin la presencia de la raíz o tejidos jóvenes (meristemo apical) de la planta no es posible producir y elevar esa excesiva espuma, principal característica de esta bebida. El uso gastronómico del chupipi en esta región sureste de país, ha provocado una presión negativa sobre la población silvestre de esta especie [2]. Teniendo, como resultado una disminución drástica de la especie en la región, esto ha provocado que se complique colectarlas raíces de la planta. Lamentablemente, no hay programas de propagación por métodos convenciones del chuppi, que permitan repoblar esta especie en traspatio.
Ante este panorama se ha realizado la búsqueda de alternativas como uso de la biotecnología y en particular el cultivo de tejidos para propagarla y de ser posible, determinar el contenido de saponinas y/o compuestos tensoactivos. Por lo tanto, el presente trabajo se enfocó en establecer los cultivos *in vitro* de callos y suspensiones celulares de chupipi para determinar las mejores condiciones de cultivo e incrementar la producción de biomasa que permitan posteriormente, estudiar los metabolitos secundarios (sustancias tensoactivas o saponinas) que pudiera producir dicha planta tanto *in vitro* y comparar con cultivos *ex vitro* debido que no existen reportes publicados hasta la fecha.

Metodología

Materiales y Métodos

En la región sureste del estado de Veracruz en los municipios de: Catemaco, Jaltipán, Oluta, San Juan Evangelista fueron colectados los frutos, durante los meses de agosto a septiembre y transportados al laboratorio UNIBVE del ITSAcayucan. Estos frutos fueron desinfectados con agua y jabón, además de diferentes soluciones (antifúngicos, antioxidantes, hipoclorito de sodio comercial, alcohol y agua oxigenada, agua y plant preservation mixture® o PPM), posteriormente se sembraron las semillas en medio de cultivo [3] para su germinación. Para establecer el cultivo de callos, se tomaron las plántulas germinadas como explantes y se sembraron en medio MS adicionado con diferentes concentraciones del ácido 2,4-diclorofenoxiacético (2,4-D) de 0.01 hasta 8.0 mg/L de acuerdo al protocolo reportado [4] (Fig. 1).



Figura 1. Plantas de vivero de *G. niger* (A), Frutos inmaduros (B), Endocarpio (C y D), semillas de esta especie.

Posteriormente, se procedió a establecer un protocolo de cultivo *in vitro* para las suspensiones celulares. Este consistió en la siembra de un inóculo que contenía 0.5 g de callos de *G. niger* en matraces Erlenmeyer de 125 mL que previamente se les había adicionado 50 mL de medio MS líquido. Los cultivos se incubaron en un agitador orbital (Orbital Shaker Incubator®) a dos diferentes velocidades de agitación: 50 y 100 rpm a temperatura ambiente. Una vez establecidos los cultivos, se caracterizó el crecimiento de los cultivos *in vitro*, mediante el incremento en materia fresca y seca (Incremento de biomasa= materia fresca/materia seca). El peso fresco (PF) y peso seco (PS) se determinó empleando una balanza analítica Denver® y el secado fue realizado mediante una mufla (Felisa®) durante 24h a 110°C durante un subcultivo.

 ISSN 2007-8102

Por otro lado, se determinó el contenido de saponinas por el método rápido [5]. El contenido de fenoles totales (FT) se realizó por el método colorimétrico [6]. Los antioxidantes se determinaron por el método del radical ABTS [7]. Todos los ensayos en este trabajo fueron realizados por triplicado. Se efectuó un análisis de varianza (ANOVA) para determinar la significancia estadística entre los tratamientos con comparación de medias de Tukey con una α=0.5.

Resultados y discusión

Una vez germinadas las semillas de chupipi *in vitro*, las plántulas fueron utilizadas como explantes para establecer los diferentes tipos cultivo. Nuestros resultados en el caso, los callos cultivados en medio MS semisólido con diferentes concentraciones de 2,4-D (0.0, 0.01, 0.10. 1.00, 3.00, 5.00 y 8.00 mg/L), muestran una producción de callos en todos los tratamientos, sin embargo, el que produjo una mayor cantidad de callos fue cuando se utilizó una concentración de 3 mg/L, produciendo el 70%, seguido, del tratamiento de 1 mg/L de 2,4-D con el 52 % en la formación de callos (Fig. 2).

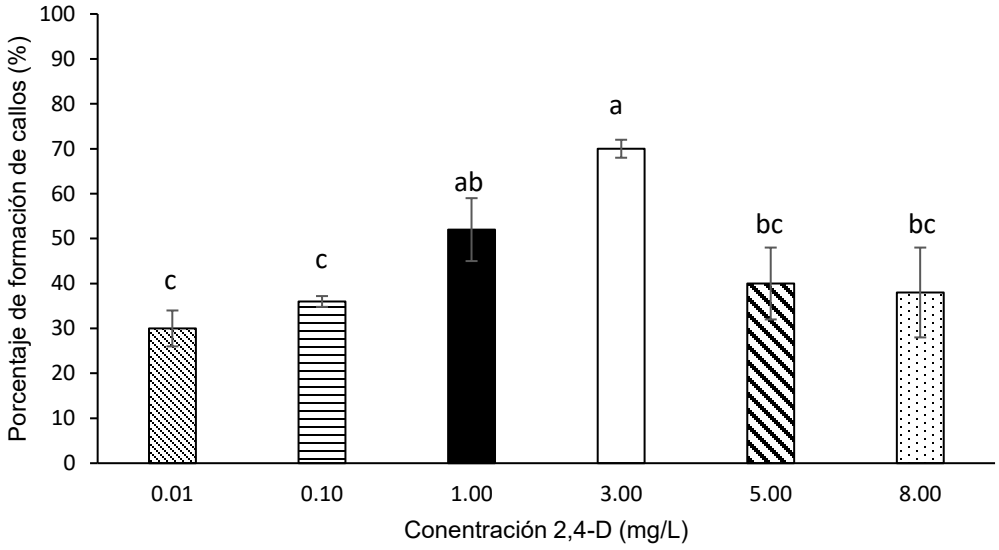


Figura 2. Efecto de diferentes concentraciones de 2,4-D sobre la formación de callos en explantes de *G. niger*.

Estos resultados, coinciden con otros reportes donde emplean a este regulador de crecimiento para inducir y/o promover la formación de callos, bajo el mismo rango de concentración de 2,4-D [8, 9,10]. Cabe mencionar que este regulador pertenece al grupo de las auxinas, las cuales promueven la división celular mediante una cascada de señalización que terminan produciendo un crecimiento desordenado de los tejidos.

Con base en estos resultados, se estableció el cultivo de callos en medio MS semisólido adicionado con 3 mg/L de 2, 4-D. (Fig. 3 B y C). Por lo tanto, se realizó la caracterización de este cultivo mediante la cinética de crecimiento de los callos durante un subcultivo de 30 días, donde se puede observar un aumento de 10 veces más en la biomasa (Fig.4). Los otros parámetros de crecimiento, muestran un tiempo de duplicación celular (TDC) de 5.426 días con una velocidad específica de crecimiento de 0.18429 d^{-1} (Fig. 4).

 ISSN 2007-8102

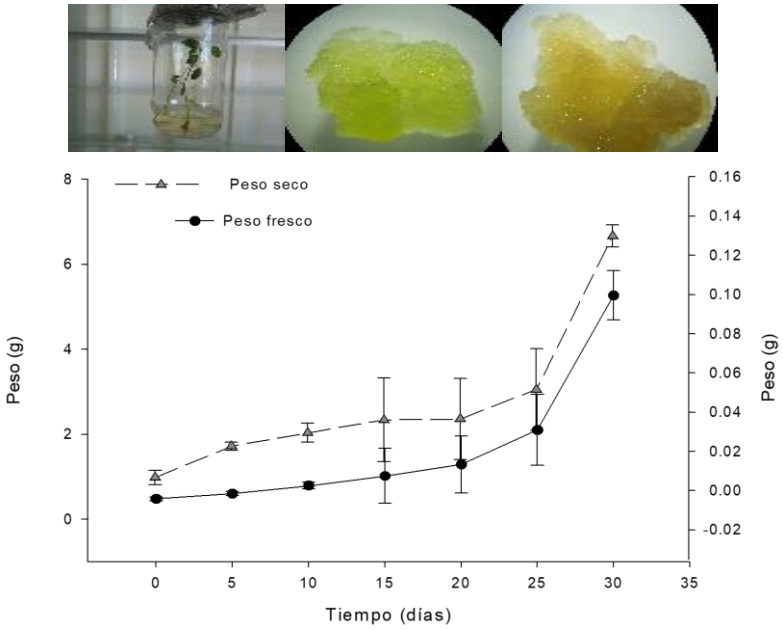


Figura 3. Acumulación de biomasa de los cultivos de callos de *G. niger* durante 30 días de subcultivo en medios semisólidos. A) Plántulas germinadas *in vitro* de las semillas de Chupipi, cultivos de callos color café en primera instancia y color verde.

Una vez establecido este cultivo de callos, estos fueron utilizados como otros explantes para inducir el cultivo de suspensiones celulares (Fig. 4 A y B).

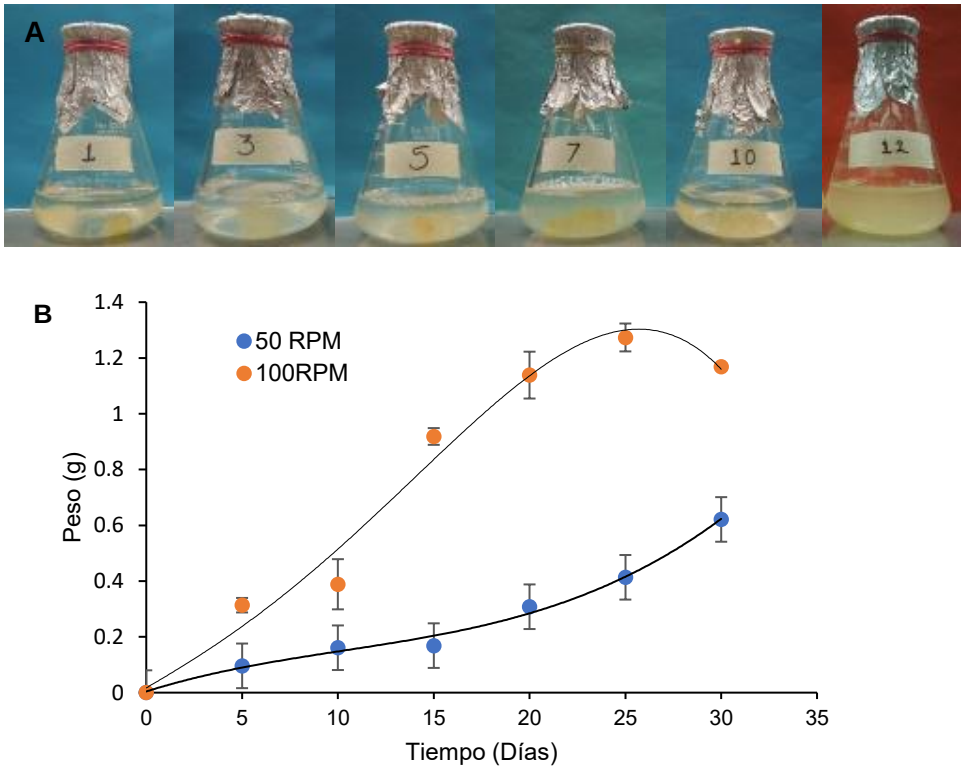


Figura 4. Efecto de la velocidad de agitación sobre el desarrollo de las suspensiones celulares de *G. niger*. A). Cultivo de suspensiones celulares. B). Acumulación de biomasa en peso fresco en un subcultivo de 50 y 100 RPM, respectivamente.

Por lo tanto, en los cultivos de suspensiones celulares, bajo las condiciones evaluadas, la mayor producción de biomasa durante 30 días se obtiene cuando, los callos disgregados se colocan en un matraz Erlenmeyer con una velocidad de agitación de 100 rpm, donde logran duplicar su crecimiento (Fig. 4 B). La cinética de crecimiento a 100 rpm, muestra una fase lag de aproximadamente 5 días, y después un máximo crecimiento a los días 25-26 de subcultivo, con un TDC de 9.24 d^{-1} y una velocidad VEC de 0.10 d^{-1} para el tratamiento (Fig. 4), mientras que el tratamiento de 50 rpm, presentaron un TDC de 0.04 d^{-1} y una VEC de 23.65 $días^{-1}$. En otros cultivos como *Uncaria tomentosa*, la mayor producción de células se obtiene cuando tuvo una velocidad de agitación 100 rpm para su crecimiento [8].

Por otro lado, de acuerdo al ensayo rápido estos cultivos parecen presentar saponinas, siendo las raíces el tejido con mayor producción de espuma, seguido de hojas *ex vitro*, tallos, suspensiones celulares y en menor contenido los callos *in vitro* (datos no mostrados). El contenido de fenoles totales, se muestra en la tabla 1, los tejidos *ex vitro* presentan 100 veces y mayor contenido de EAG/mL en comparación con los tejido *in vitro* (desde suspensiones celulares hasta cultivo de callos; Tabla 1).

Tabla 1. Contenido de fenoles totales de tejidos *ex vitro* e *in vitro* de Chupipi.

Tejido de planta	Contenido de Fenoles totales (EGA µg ácido gálico/ mL)
Hoja joven *ex vitro*	2299 ± 174^{a}
Hoja madura *ex vitro*	2326.7 ± 118.5^{a}
Callos *in vitro* de color café	27.33 ± 4.93^{b}
Callos *in vitro* de color verde	26.30 ± 4.93^{b}
Suspensiones celulares	34.67 ± 2.08^{b}

Medias dentro de cada columna con letras distintas indican diferencias significativas * = $P \leq 0,05$.

Cabe mencionar, la presencia de estos componentes está asociada con el crecimiento natural de la planta. Sin embargo, estos polifenoles están relacionados con la defensa ante ERO (especies reactivas de oxígeno) que se producen durante el ataque de patógenos y depredadores [11]. En contraste con el cultivo *in vitro*, estos compuestos pueden inhibir el establecimientos otros tipos de cultivos de tejidos, como la embriogénesis somática o enraizamiento [12] o en su defecto presentar problemas oxidación que provoquen la necrosis de los tejidos [13].

En la Fig. 5 se muestran, los valores de la capacidad de antioxidantes de los extractos metanólicos de tejido *ex vitro* (hojas) y cultivo de callos (color café). Como podemos observar ambos tejidos no hay diferencias significativas con 250-265 de ET µmoles equivalentes de Trolox/g de tejido fresco.

En otros trabajos se ha reportado que en hojas y corteza de *Litsea glaucescens* Kunth su capacidad antioxidante presentó valores entre 200-320 de ET µmoles equivalentes de Trolox/g [14], similares a los que encontramos en esta enredadera.

 ISSN 2007-8102

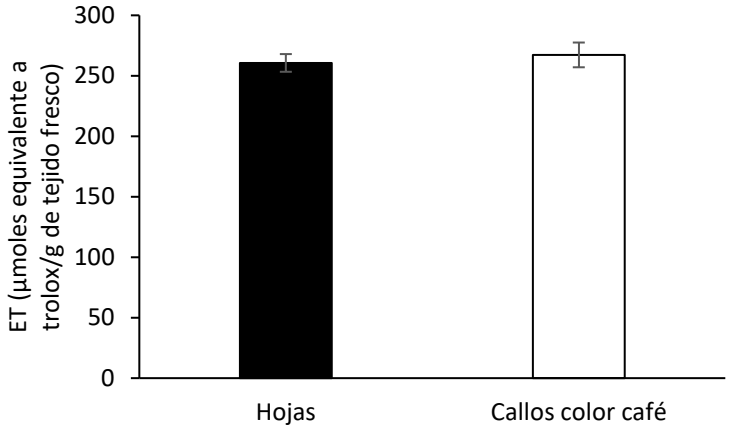


Figura 5. Determinación de la capacidad antioxidante mediante el método ABTS en tejidos de hojas *ex vitro* y cultivo de callos de Chupipi *in vitro*.

Estos resultados, en consecuencia, nos dan la pauta para posteriores estudios de esta planta con la finalidad de identificar compuestos de interés farmacológico.

Trabajo a futuro

Este trabajo pretende realizar estudios fitoquímicos mediante HPLC en las plantas y sus partes (hoja, tallo, raíces, fruto) tanto *ex vitro*, como *in vitro* y sus metabolitos secundarios que contienen, con objetivo de identificar el compuesto que produce esa propiedad de excesiva espumosidad a esta bebida <<popo>>.

Conclusiones

En esta especie con uso gastronómico, se establecieron tanto los cultivo *in vitro* de callos en medio semisólido así, como las suspensiones celulares que no había sido reportado antes. El cultivo de callos en medio semisólido incrementa 10 veces en el contenido de la biomasa al día 30 del subcultivo, mientras que las suspensiones celulares alcanzan su máximo de crecimiento en los días 22-24 del subcultivo con una agitación de 100 rpm de agitación. Por lo tanto, se cuenta con una alternativa biotecnológica para la propagación clonal y eficiente de esta planta. Cabe mencionar, que estos cultivos producen saponinas (sustancias tensoactivas) en menor cantidad en comparación con los tejidos *ex vitro*. Además, los cultivos *in vitro* presentaron la capacidad de biosintetizar metabolitos secundarios, como fenoles y antioxidantes de manera diferencial. Con esto, se sientan las bases para iniciar los estudios sobre los metabolitos secundarios que produce y tengan uso en la industria alimentaria.

Agradecimientos

El financiamiento de este proyecto se obtuvo del TecNM en la Convocatoria 2019. Además del Instituto Tecnológico Superior de Acayucan encabezado por el Director General, Dr. Nefi David Pava Chipol.

Referencias

[1] C. Barros and M. Buenrostro, “Pozol, popo, champurrado,” *Revista Digital Universitaria*. vol, 12, no. 4, pp.1-9, 2011.

[2] K. G. Briseño. Disfruta Popo, la bebida veracruzana de los dioses. *Universal*. http://www.eluniversalveracruz.com.mx/veracruzanos-personajes/2015/disfruta-popo-la-bebida-veracruzana-de-los-dioses-21379.html. 2015.

[3] T. Murashige and F. Skoog, “A revised medium for rapid growth and bioassays with tobacco tissue cultures,” *Physiologia Plantarum*, pp 473-497. 1962.

[4] R.E. G. Juárez, “Evaluación de métodos de propagación (*in vitro* o *ex vitro*) de *Gonolobus taylorianus,”* Tesis de Licenciatura de Ingeniería Bioquímica del Instituto Tecnológico Superior de Acayucan. Acayucan Veracruz, México, pp.1-98. 2014.

[5] C. E. Peñafiel, and V. L. Díaz, “Determinación espectrofotométrica de ácido oleanolico y saponinas de quinua (*Chenopodium quinua* Willd) Variedad Kancolla,” *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*, vol. 38, pp. 113-125, 1988.

[6] V. L. Singleton, R. Orthofer, R. M. Lamuela-Raventós, “Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of Folin-Ciocalteu reagent,” *Methods in Enzymology*, vol. 299, pp 152-178, 1999.

[7] R. P. Re, “Antioxidant activity applying an improved ABTS radical, “*Biology & Medicine*, vol. 26, pp. 231–1237, 1998.

[8] F. O. Sánchez, R. H. Sánchez, M. A. Zabala, “Establecimiento de un cultivo de células en suspensión de *Eucalyptus cinerea”*. *Revista Colombiana de Biotecnología*, Vol 4, no. 1, pp. 43-48, 2002.

[9] E. Carrera, C. Peña, M. Jadán, “Establecimiento de suspensiones celulares a partir de segmentos foliares de *Valeriana pyramidalis* kunth,” Ecuador es calidad: *Revista Científica Ecuatoriana*, vol. 2, no. 1, pp. 54-60. 2015.

[10] L. Sánchez-Calvo and S. Alvarenga-Venutolo, “Callogénesis y establecimiento del cultivo de células en suspensión de *Uncaria tomentosa* (Willd.) DC (uña de gato),” *Revista Tecnología en Marcha*, vol. 28, no. 1, pp. 105-120, 2015.

[11] S.L. Guzmán-Gutiérrez, R. Gómez-Cancino, J.C. García-Zebadúa, N.C. Jiménez-Pérez y R. Reyes-Chilpa, “Antidepressant activity of *Litsea glaucescens* essential oil: Identification of b-pinene and linalool as active principles,” *Journal of Ethnopharmacology* vol. 143, no. 2, pp. 673-679, 2012.

[12] M. P. Jofré, D. Ríos, J. Becerra, M. Sánchez-Olate, “Caracterización fisiológica del enraizamiento *in vitro* de *Eucalyptus nitens* y *Eucalyptus globulus*. Gayana. *Gayana Botánica*, vol. 73, no. 2, pp. 421-429, 2016.

[13] Á. Azofeifa, “Problemas de oxidación y oscurecimiento de explantes cultivados *in vitro,” Agronomía mesoamericana*, vol. 20, no. 1, pp. 153-175, 2009.

[14] N.A. Tapia-Torres, C. de la Paz-Pérez-Olvera, A. Román-Guerrero, A. Quintanar-Isaías, E. García-Márquez, F. Cruz-Sosa, “Histoquímica, contenido de fenoles totales y actividad antioxidante de hoja y de madera de *Litsea glaucescens* Kunth (Lauraceae),” *Madera & Bosques*, vol. 20, no. 3, pp. 125-137, 2014.

 ISSN 2007-8102

Evaluación del extracto de la hoja verde del árbol de flor de sospó como antibacteriano

E. L. Martínez Analco[1], J. Ramírez Hernández[1], G. G. Bárcena Vicuña[1], J.C. Guevara Contreras[2]*
[1]Departamento de Ingeniería Bioquímica, Instituto Tecnológico Superior de Atlixco, Prol. Heliotropo 1201, Vista Hermosa, Atlixco, Puebla, México
[2]Centro de Investigación en Biotecnología Aplicada, Instituto Politécnico Nacional, Ex-Hacienda San Juan Molino Carretera Estatal Tecuexcomac-Tepetitla Km 1.5, Tlaxcala, México
**yetzka0027@yahoo.com*

***Área de participación**: Ingeniería Química*

Resumen

En la actualidad se buscan alternativas dentro de la medicina tradicional para el tratamiento de algunos padecimientos. En este trabajo se evaluó el extracto de hoja verde del árbol *Pseudobombax ellipticum* como antibacteriano frente a algunos microorganismos patógenos causantes de enfermedades nosocomiales, para ello se realizó un antibiograma por el método de Kirby-Bauer con el fin determinar la sensibilidad de las bacterias a diferentes concentraciones del extracto, empleando antibióticos como controles positivos y etanol como control negativo. Por cada cepa se hizo el antibiograma por triplicado, posteriormente se midieron los halos de inhibición formados para finalmente hacer un análisis estadístico. Las concentraciones del extracto mostraron que los halos formados por estas fueron menores que las del control positivo (antibiótico) y con el análisis estadístico se corroboró que los halos de inhibición de los extractos presentaron similitud entre sí. Consecuentemente, se propone a la cepa *Pseudomonas aeruginosa* para posteriores estudios de este extracto pero a mayor concentración.

***Palabras clave**: Flor de sospó, Staphylococcus aureus, Pseudomonas aeruginosa, Escherichia coli.*

Abstract

At present, alternatives are being sought within traditional medicine for the treatment of some ailments. In this work, the green leaf extract of the Pseudobombax ellipticum tree was evaluated as antibacterial against some pathogenic microorganisms that cause nosocomial diseases, for this an antibiogram was carried out by the Kirby-Bauer method in order to determine the sensitivity of the bacteria to different extract concentrations, using antibiotics as positive controls and ethanol as negative control. The antibiogram was made in triplicate for each strain; subsequently the inhibition halos formed were measured to finally make a statistical analysis. The concentrations of the extract showed that the halos formed by these were lower than those of the positive control (antibiotic) and with the statistical analysis it was confirmed that the inhibition halos of the extracts were similar to each other. Consequently, the Pseudomonas aeruginosa strain is proposed for further studies of this extract but at a higher concentration.

***Key words**: Puff flower, Staphylococcus aureus, Pseudomonas aeruginosa, Escherichia coli.*

Introducción

Algunas personas ven como una opción viable el uso de productos naturales como tratamiento a algunos padecimientos debido a que estos no presentan efectos secundarios como los usados convencionalmente [1]. Esta práctica ha sido usada desde hace mucho tiempo, pero con los años se ha dejado de lado debido al avance tecnológico y científico que abrieron paso a los fármacos sintetizados químicamente [2].

A pesar de todo este avance, se sabe que algunas enfermedades son producidas por microorganismos que han aumentado su capacidad de supervivencia, lo que ocasiona que sea más difícil controlarla, convirtiéndose en un problema de salud pública [3].

Los microrganismos patógenos son aquellos que dañan la salud de los seres humanos. Algunos de ellos son la causa de una alta mortalidad. Son causantes de enfermedades nosocomiales como consecuencia de la atención de pacientes hospitalizados relacionados con factores de riesgo [4].

La *Pseudomonas aeruginosa* es considerado como la quinta causa más frecuente en las infecciones a nivel mundial, la segunda causa de neumonía nosocomial, la tercera causa de infecciones urinarias, el cuarto de infecciones de sitio quirúrgico y el séptimo responsable de sepsis [5].

Escherichia coli es un microrganismo anaerobio facultativo, con morfología de bacilos rectos, Gram negativo, una de sus principales características es su capacidad de fermentar azúcares. Cuando se ingiere puede causar enfermedades gastrointestinales. Está comúnmente relacionada con cuadros diarreicos, infecciones en vías urinarias, cuadros febriles agudos e infecciones cuasi-disentéricas [6, 7, 8].

Staphylococcus aureus es considerado como un patógeno importante a nivel mundial, es una bacteria oportunista, forma parte de la flora humana poco después del nacimiento, los lugares en donde llegan a colonizar el área perineal, la piel y en ocasiones el tracto intestinal, sin embargo la colonización más importante se encuentra en la mucosa nasal. Su contagio es más frecuente en los hospitales en pacientes con hemodiálisis, diabéticos, pacientes con lesiones cutáneas, personas con VIH y adictos a drogas [9].

Las infecciones provocadas por *Staphylococcus aureus* han surgido nuevamente debido a que esta bacteria se ha vuelto resistente a distintos antibióticos con los que se trata estas afecciones.
Las enfermedades que causa este microrganismo son provocadas por lesiones cutáneas, traumáticas o quirúrgicas en las que la bacteria puede penetrar a tejidos profundos. Las infecciones son supurativas y pueden producir abscesos. Es capaz de producir infecciones menores en la piel e infecciones invasoras serias como: bacteriemia, infecciones del sistema nervioso central, inficiones en el tracto urinario, del tracto respiratorio, el síndrome de choque toxico e infecciones gastrointestinales [10].

La búsqueda de alternativas en la herbolaria tradicional puede ayudar a ampliar los tratamientos para algunas enfermedades [11], por ello en el siguiente trabajo se presenta la evaluación del extracto de la hoja verde del árbol de flor de sospó (*Pseudobombax ellipticum*) [12] como un agente antibacteriano frente a los microrganismos patógenos: *Staphylococcus aureus, Escherichia coli* y *Pseudomonas aeruginosa* con la finalidad de identificar la concentración mínima inhibitoria, determinar si es eficiente como un antimicrobiano y realizar un análisis estadístico.

Metodología

Las cepas microbianas fueron donadas por la M.T.A. G. Gabriela Bárcena Vicuña y la Dra. Johana Ramírez Hernández docentes del Instituto Tecnológico Superior de Atlixco.

Inoculación de las cepas bacterianas en medio de cultivo líquido

Se preparó y esterilizó el medio de cultivo caldo soya tripticaseína para la inoculación de las cepas *Escherichia coli* ATCC 11229, de *Escherichia coli* ATCC 25922, de *Pseudomona aeruginosa* ATCC 27853 y de *Staphylococcus aureus* ATCC 6538. Se incubó con agitación a una temperatura de 37 °C durante 24 h.

Inoculación de las cepas bacterianas en medio de cultivo sólido

Se preparó y esterilizó el medio de cultivo agar MacConkey, una vez solidificado, se procedió a inocular cada cepa bacteriana con un asa bacteriológica, procediéndose a tocar con ella la superficie del medio sólido. Se incubó a una temperatura de 37 °C durante 24 h.

Inoculación de colonias de cada cepa bacteriana a medio líquido

Del cultivo obtenido del agar MacConkey de cada cepa bacteriana, con la ayuda de un asa bacteriológica se recolectó una colonia de cada microorganismo para inocularla en el medio líquido Mueller-Hinton, contenido en los tubos de ensayo. Se incubó a 37 °C durante aproximadamente 3 h para lograr el estado de crecimiento de cada microorganismo.

Inoculación de colonias de cada cepa bacteriana a medio sólido con hisopo

Para la preparación y esterilización del medio de cultivo agar MacConkey se siguió la metodología proporcionada por el fabricante (DIBICO®), una vez pasado el tiempo determinado en la etapa anterior, se procedió a inocular cada cepa de microorganismo al medio sólido MacConkey con la ayuda de un hisopo previamente esterilizado.

Los controles positivos fueron los siguientes antibióticos: bencilpenicilina de 800,000 UI, ceftriaxona a 286 mg/mL, nitrofurantoína a 100 mg/mL, siendo usados bencilpenicilina para la cepa de *Escherichia coli ATCC 25922*; ceftriaxona para la cepa de *Staphylococcus aureus ATCC 6538*; y nitrofurantoína para las cepas de *Escherichia coli ATCC 11229* y de *Pseudomonsa aeruginosa ATCC 27853*.
Cada uno de los sensidiscos empleados para los controles positivos, fueron humedecidos con su respectiva solución de antibiótico. Cada uno pesado seco y después de ser humedecidos con el antibiótico. El total de sensidiscos utilizados fueron 24, evaluando por triplicado a cada microorganismo.

Como control negativo fue empleado etanol al 96% (v/v).
Cada uno de los sensidiscos utilizados para los controles negativos fueron humedecidos con etanol. Cada uno pesado en seco y después de ser humedecidos con etanol. El total de sensidiscos utilizados fueron 24, evaluando por triplicado a cada microorganismo.

Diluciones del extracto a diferentes concentraciones

El extracto se obtuvo por medio del método Soxhlet en el que se empleó etanol de alta pureza como disolvente. Posteriormente el extracto fue concentrado empleando un rotavapor.
Para realizar las diluciones del extracto de la hoja verde de *Pseudobombax ellipticum* se preparó una solución madre de la cual se realizaron cinco diluciones. Se utilizaron 5 diluciones, la dilución 1 a una concentración de 100 µg/mL; la dilución 2 a una concentración de 200 µg/mL; la dilución 3 a una concentración de 300 µg/mL; la dilución 4 a una concentración de 400 µg/mL y la dilución 4 a una concentración de 500 µg/mL.

Antibiograma

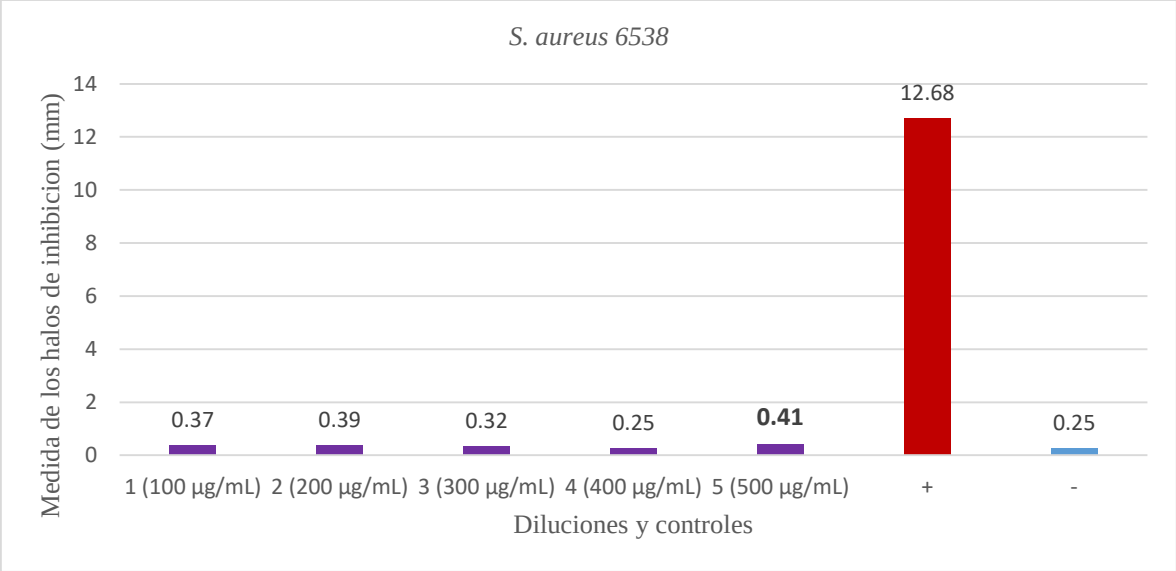
Cada uno de los controles positivos, negativos y diluciones del extracto se colocaron en el lugar correspondiente con pinzas previamente esterilizadas. Se incubaron a una temperatura de 37 °C por un periodo de 16 a 18 h. Una vez que el periodo de tiempo transcurrió, la medición de los halos de inhibición formados alrededor de los sensidiscos, se realizó empleando un vernier para una medición más exacta.

Resultados y discusión

Con el fin de comparar la eficacia antibacteriana de las diluciones del extracto del árbol *Pseudobombax ellipticum* se realizó un antibiograma por el método de Kirby-Bauer [13, 14 ,15] para determinar la sensibilidad de las bacterias, así como diferentes gráficos que muestran las diluciones y controles contra la medida de los halos de inhibición, mostrando cuál fue el comportamiento de éste frente a cada cepa.

 ISSN 2007-8102

En la Gráfica 1 se evidencia que para *Staphylococcus aureus ATCC 6538* la dilución que presentó un mayor halo de inhibición fue la número 5 (500 µg/mL) con una circunferencia de 0.41 mm como se muestra en la Figura 1, observándose una pequeña diferencia con respecto de las demás diluciones y el control negativo (etanol), siendo el control positivo (antibiótico) el más eficaz para esta cepa.



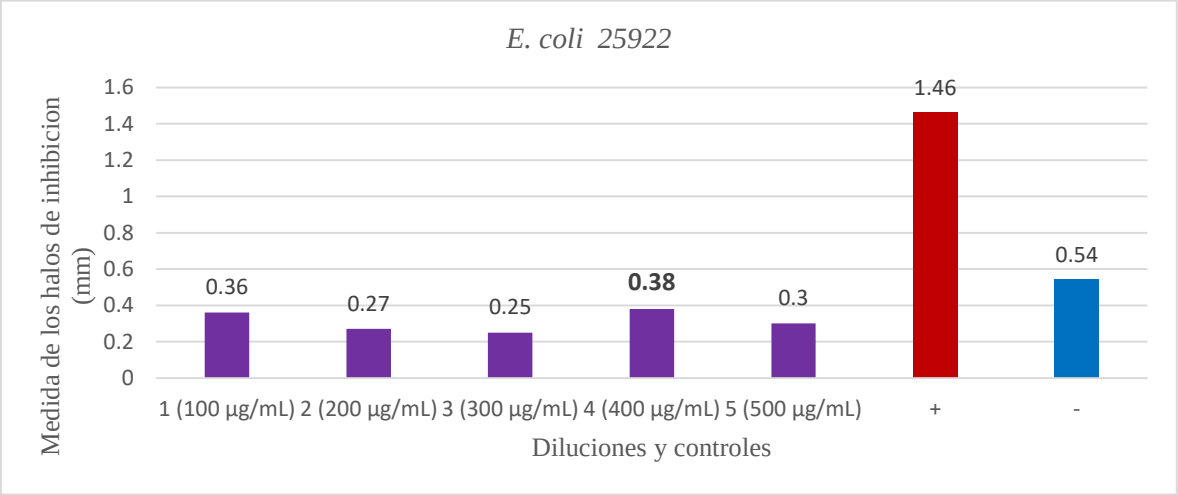
Gráfica 1. Comparación de las medidas de los halos de inhibición de las concentraciones del extracto con respecto a los controles positivo y negativo de la cepa *S. aureus ATCC 6538.*



Figura 1. Halos de inhibición resultados del antibiograma para la cepa *S. aureus ATCC 6538*

 ISSN 2007-8102

En la Gráfica 2 se evidencia que para *Escherichia coli ATCC 25922* la concentración que tuvo una mayor acción inhibidora fue la dilución número 4 (400 µg/mL), con un halo de inhibición de 0.38 mm como se observa en la Figura 2. Esto puede interpretarse como una resistencia formada por la bacteria en las demás diluciones. Cuando se compara la dilución 4 con respecto a las demás diluciones, no hay gran cambio, sin embargo, cuando se compara con el control positivo, la diferencia es notoria y en este caso, el antibiótico es más eficaz.



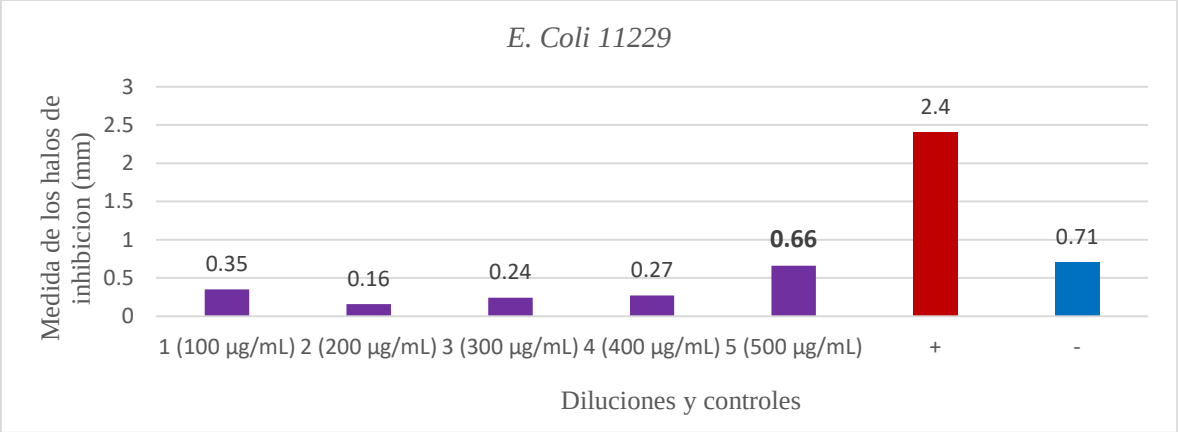
Gráfica 2. Comparación de las medidas de los halos de inhibición de las concentraciones del extracto con respecto a los controles positivo y negativo de la cepa *E. coli ATCC 25922.*



Figura 2. Halos de inhibición resultados del antibiograma para la cepa *E. coli ATCC 25922*

 ISSN 2007-8102

En la Gráfica 3 se evidencia que para *Escherichia coli ATCC 11229* la dilución con la que se obtuvo un mayor halo de inhibición fue la número 5 (500 µg/mL) con un valor de 0.66 mm representado en la Figura 3. Existe una mayor diferencia con respecto a las demás diluciones, en cuestión de su acción inhibidora, ésta es mucho menor que la que muestra el control positivo.



Gráfica 3. Comparación de las medidas de los halos de inhibición de las concentraciones del extracto con respecto a los controles positivo y negativo de la cepa *E. coli ATCC 11229.*

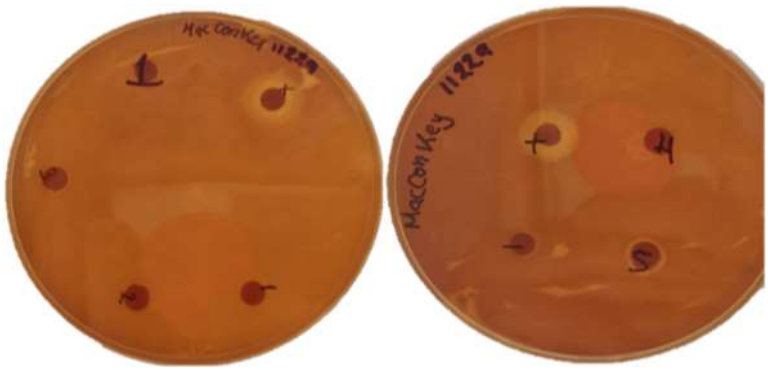
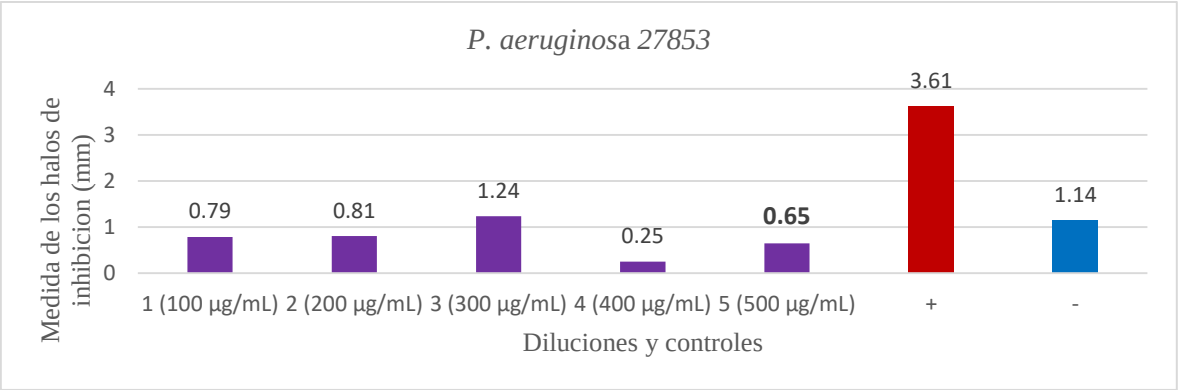


Figura 3. Halos de inhibición resultados del antibiograma para la cepa *E. coli ATTC 11229*

En la Gráfica 4 se evidencia que para *Pseudomonas aeruginosa ATCC 27853* se presentó un mayor halo de inhibición fue la número 3 (300 µg/mL) con una medida de 1.24 mm como ser observa en la Figura 4. En esta dilución la bacteria presentó menor resistencia al extracto lo cual demuestra mayor resistencia al extracto consecuentemente se demuestra que no es dosis dependiente. La dilución presenta menor inhibición que el control positivo, no obstante cabe destacar que fue la más eficaz para la inhibición de la cepa.

 ISSN 2007-8102



Gráfica 4.Comparación de las medidas de los halos de inhibición de las concentraciones del extracto con respecto a los controles positivo y negativo de la cepa *P. aeruginosa ATCC 27853.*



Figura 4. Halos de inhibición resultados del antibiograma para la cepa *P. aeruginosa ATCC 27853*

Con los datos obtenidos de los halos de inhibición en cada uno de los antibiogramas realizados a las cuatro cepas bacterianas, se realizó un análisis estadístico para comparar cada uno de las diluciones del extracto junto con sus respectivos controles positivos y negativos.

El resultado de este análisis estadístico proporcionó que en cada caso las diluciones del extracto de hoja verde del árbol *Pseudobombax ellipticum* tienen similitud entre sí con el control negativo, pero con respecto al control positivo, presenta una mayor diferencia.

Trabajo a futuro

Para evaluar la eficiencia como inhibidor de microorganismos del extracto de la hoja verde de *Pseudobombax ellipticum* en otras cepas diferentes a las de este trabajo se recomienda utilizar una concentración mayor a (500µg/ml), ya que el microorganismo más sensible a este extracto fue *Pseudomonas aeruginosa*, convirtiéndose en objeto de estudios más específicos referentes a su acción antimicrobiana.

Conclusiones

Se obtuvo el extracto acuoso de hoja verde del árbol de *Pseudobombax ellipticum*, del cual se hicieron cinco diluciones que fueron desde 100 hasta 500 µg/mL, mostrando evidencia que a diferentes concentraciones el extracto tiene efectos antimicrobianos, se destaca que los resultados que evidenciaron mayor resistencia al extracto fue para la cepa *Scherichia coli ATCC 25922* con una media de 0.38 mm la cual está muy por debajo de la media del control positivo que fue de 1.46 mm y los resultados más prometedores fueron los realizados en la cepa *Pseudomonas aeruginosa*

ATCC 27853 con medidas de 1.24 mm los cuales están por debajo del promedio del antibiótico en 2.37 mm.

Agradecimientos

Al Instituto Tecnológico Superior de Atlixco por todas las facilidades otorgadas para la realización de este trabajo y al Cuerpo Académico ITSA-PRONASAT (Productos Naturales y Sintéticos con aplicaciones Tecnológicas)

Referencias

[1] X. Lozoya Legorreta, PLANTAS, MEDICINA Y PODER, México: Pax México, 1997.
[2] I. Cosme Pérez, "El uso de las plantas medicinales," *Revista intercultural,* pp. 23-26, 2008
[3] Organización Mundial de la Salud, "Organizacion Mundial de la Salud," 2020. [En línea]. Available: https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/resistencia-a-los-antimicrobianos.
[4] R. Díaz Ramos, "Principales microorganismos causantes de infecciones nosocomiales," *Revista Latinoamericana de Microbiología*, vol. 48, nº 2, pp. 105-112, abril-junio 2006.
[5] V. M. Paz Zarza, S. Mangwani Mordani, A. Martínez Maldonado, D. Álvarez Hernández, S. G. Solano Gálvez y R. Vázquez López, "*Pseudomona aeruginosa*: patogenicidad y resistencia antimicrobiana en la infección urinaria," *Revista Chilena de Infectología*, vol. 36, nº 2, pp. 180-189, 2019.
[6] M. T. Madigan, J. M. Martinko y J. Parker, *Biología de los microorganismos*, 10a Edición ed., Pearson.
[7] A. E. Farfan García , S. C. Ariza Rojas, F. A. Vargas Cárdenas y L. V. Vargas Remolina, "Mecanismos de virulencia de Escherichia coli enteropetógena," *Revista Chilena de Infectología,* pp. 438-450, 2016.
[8] G. Rodríguez Ángeles, «Salud Pública,» 3 julio 2002. [En línea]. Available: http://saludpublica.mx/index.php/spm/article/view/6416. [Último acceso: 2020].
[9] S. Tong, J. S. Davis, E. Eichenberger, T. L. Holland, V. G. Fowler, "*Staphylococcus aureus* infections: epidemiology, pathophysiology, clinical manifestations, and management." *Clin Microbiol Rev, vol. 28, n°3, pp. 603-661.*
[10] E. Cervantes García, R. García González y P. M. Salazar Schettino, "Características generales del *Staphylococcus aureus*," *Revista Latinoamericana de Patología Clínica Medicina de Laboratorio*, vol.61, n°1, pp. 28-40, 2014.
[11] J. d. C. Rejón Orantes y Z. P. Mandujano Trujillo, "Alcaloides y salud," *Ciencia aplicada en chiapas,* vol. 3, nº 3, pp. 11-17, 2016.
[12] F. Ruiz Terán, A. Medrano Martínez, & A. Navarro Ocaña, "Antioxidant and free radical scavenging activities of plant extracts used in traditional medicine in Mexico." *African Journal of Biotechnology,* vol. 7, n° 12.
[13] E. Cercenadoa y J. Saavedra Lozano, "El antibiograma. Interpretación del antibiograma: conceptos generales (I)," *Anales de Pediatría Continuada,* vol. 7, nº 4, pp. 214-17, 2009.
[14] R. Cantón, "Lectura interpretada del antibiograma: una necesidad clínica." *Enfermedades infecciosas y microbiología clínica,* vol. 28 n° 6, pp. 375-385.
[15] J. Velasco, M. d. C. Araque , E. Araujo, A. Longa , B. Nieves , A. C. Ramírez, K. Sánchez y E. Velazco, Manual Práctico de bateriología clínica, Venezuela: vicerrectorado académico, 2010.

Evaluación de diversas actividades biológicas *in vitro* en las hojas de *Mangifera indica* L.

G. Y. Medina-Saavedra[1], E.J. Ramírez-Rivera[1], J. A. Herrera-Corredor[2], O. V. Sánchez-Valera[1], L. G. Ramón-Canul[3]*

[1]Innovación Agrícola sustentable, Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico Superior de Zongolica, Km 4 Carretera a la Compañía S/N, Tepetitlanapa, 95005, Veracruz, México.
[2]Posgrado en Innovación Agroalimentaria Sustentable, Colegio de Postgraduados, Campus Córdoba, Carretera Córdoba-Veracruz Km. 348.5 Venta Parada 11, 94500, Veracruz, México.
[3]Instituto de Nutrición, Universidad de la Sierra Sur, Guillermo Rojas Mijangos s/n, Col. Ciudad Universitaria, 70800, Oaxaca, México.
**l_g_r_c@hotmail.com*

***Área de participación**: Ingeniería Química*

Resumen

Se evaluó el contenido de fenoles totales, flavonoides, actividad antioxidante e inhibición de las enzimas α-amilasa y α-glucosidasa a los extractos de las hojas de diversas variedades de mango. Los resultados demostraron que las hojas de mango 'Manila' mostraron mayor contenido de fibra cruda (31.10 g 100 g de muestra^{-1}). El extracto de las hojas de mango 'Tommy Atkins' tuvo mayor contenido de fenoles totales (137.08 mg de GAE g^{-1}), flavonoides (135.28 mg de QE g^{-1}) y mayor actividad antioxidante. Se concluye, que la actividad antioxidante e inhibición de las enzimas de los extractos de las hojas de mango 'Tommy Atkins' presentaron mayor actividad a comparación de las otras variedades. Por lo que estos extractos podrían ser utilizados como auxiliares en el tratamiento de las personas que padecen diabetes mellitus tipo 2.

***Palabras clave**: Contenido de fenoles y flavonoides, actividad antioxidante, extracto acuoso, IC_{50}.*

Abstract

In this study, total phenols content, flavonoids, antioxidant activity and inhibition of the α-amylase and α-glucosidase enzymes of leaf extracts from various mango varieties were evaluated. The results showed that the 'Manila' mango leaves showed a higher content of raw fiber (31.10 g 100 g of sample^{-1}). Extract from 'Tommy Atkins' mango leaves had the highest total phenols content (137.08 mg of GAE g^{-1}), flavonoids (135.28 mg of QE g^{-1}) and antioxidant activity. It is concluded that the antioxidant activity and inhibition of the enzymes of the extracts of the mango leaves 'Tommy Atkins' presented greater activity compared to the other varieties. So these extracts could be used as auxiliaries in the treatment of people with type 2 diabetes mellitus.

***Key words**: Phenol and flavonoid content, antioxidant activity, aqueous extract, IC_{50}.*

Introducción

Las enfermedades del síndrome metabólico como la diabetes, la hipertensión y las dislipidemias (hipertrigliceridemia, hipercolesterolemia LDL, hipocolesterolemia HDL) son padecimientos metabólicos importantes, debido a que provocan un estrés oxidativo que daña órganos vitales y favorece el desarrollo de diversas complicaciones, lo cual provocarán incapacidad física, laboral e incluso la muerte para el paciente. En México la prevalencia de enfermedades del síndrome metabólico ocupan los primeros lugares. La Encuesta Nacional de Salud y Nutrición reportó un crecimiento acelerado para la diabetes, ya que esta enfermedad ocupa el primer lugar en número de defunciones, superando el número de muertes ocasionadas por enfermedades infecciosas [1,2].

La diabetes mellitus 2 (DM2) es una enfermedad caracterizada por hiperglucemia crónica, debido a un defecto en la secreción de la insulina, o un defecto en la acción de la misma, o ambas. Además de la hiperglucemia coexisten alteraciones en el metabolismo de hidratos de carbono, proteínas y grasas [1]. Los principales síntomas de esta enfermedad son poliuria, polifagia, polidipsia y pérdida de peso. Las complicaciones de esta enfermedad se generan cuando la hiperglucemia no se controla, provocando una disfunción o fallo de órganos y generando complicaciones a largo plazo como neuropatía, retinopatía, nefropatía, pie diabético, entre otras [3]. Uno de los factores que están presentes durante el desarrollo y las complicaciones de esta patología es el estrés oxidativo, el cual se produce cuando se da la autooxidación de la glucosa y la glicación de las proteínas, reduciendo el sistema de defensa antioxidante y promoviendo la generación de radicales libres [2].
Una práctica terapéutica en el manejo de la DM2 es controlar la hiperglucemia postprandial. Esta hiperglucemia puede controlarse por la inhibición de las enzimas α-amilasa y α-glucosidasa, las cuales están presentes en el tracto gastrointestinal. Las inhibiciones de estas enzimas pueden reducir significativamente el aumento postprandial de glucosa en sangre, lo cual puede ser una estrategia importante para los pacientes con DM2 [4,5]. Desafortunadamente, los fármacos terapéuticos diseñados como inhibidores de estas enzimas presentan varios efectos secundarios (flatulencias, ruidos intestinales, diarreas, entre otras) [4]. Es por ello, que actualmente existe un gran interés en el estudio de subproductos y residuos (tallos, cáscaras, semillas, cortezas y hojas) provenientes de plantas, debido que han demostrado diversas actividades biológicas (antidiabética, antioxidante, antibacteriana, entre otras). Ejemplo de ello es *Mangifera indica* L., el cual e es un árbol originario de la región Indo-Birmánica, crece en zonas tropicales y subtropicales [6]. En México, los estados con mayor superficie sembrada son Chiapas, Sinaloa, Guerrero, Nayarit, Oaxaca, Michoacán y Veracruz [7]. En el año 2017, México reportó 202 mil hectáreas de superficie sembrada de *M. indica* L. [7]. La importancia en la producción de esta especie radica en su fruto; sin embargo, la corteza, las raíces y las hojas son utilizadas como medicina tradicional. Hay muchas variedades de mango cultivadas en México. Entre ellos, la variedad Manila, Ataulfo, Tommy Atkins, Haden, Kent y criollos. Estas variedades son una fuente interesante de compuestos bioactivos como fenoles, flavonoides, triterpenos, fitoesteroles y polifenoles [8,9]. Guan-Lin et al. [10], Lin and Lee [11], Jibaja et al. [12] y Xiang et al. [13] han demostrado que las hojas de mango contienen diferentes compuestos bioactivos que contribuyen a la reducción de glucosa en sangre y neutralización de daños a nivel celular por el oxígeno. Sin embargo, hay poca información sobre las actividades biológicas de las variedades 'Ataulfo', 'Manila' y 'Tommy Atkins'. Por lo anterior, el objetivo de este estudio es determinar el contenido de fenoles, flavonoides, actividad antioxidante e inhibición de las enzimas α-amilasa y α-glucosidasa a los extractos de las hojas de diversas variedades de *Mangifera indica* L.

Metodología

Material Vegetal y productos químicos

Las hojas de *Mangifera indica L.* se recolectaron del campo experimental del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), ubicado en Cotaxtla, Veracruz, México. Las variedades que se recolectaron fueron 'Manila', 'Ataulfo' y 'Tommy Atkins'. La identificación de la planta se realizó en el departamento de Botánica del INIFAP. El muestreo de las hojas se realizó durante el mes de Octubre del 2018. Los productos químicos utilizados fueron grado reactivo y se adquirieron en Sigma Aldrich® (San Luis, Misuri, Estados Unidos).

Análisis químico proximal a las hojas de *Mangifera indica* L.

La composición química proximal se realizó de acuerdo a los procedimientos descritos en el Official Methods of analysis [14]. El contenido de humedad y materia seca se realizó acorde al método 926.08. La determinación de ceniza, proteína cruda, grasa y fibra cruda se obtuvieron de acuerdo a los métodos 923.03, 920.23, 920.39 y 962.09.

Obtención del extracto acuoso de las hojas de *Mangifera indica* L.

Las hojas de mango se secaron por convección a 60 °C durante 24 horas, posteriormente se trituraron en un molino Thomas Scientific® Wiley Mill Modelo 4 (Nueva Jersey, Estados Unidos) hasta obtener un tamaño de partícula de 1 mm de diámetro. Las muestras se almacenaron a temperatura ambiente en bolsas de polietileno hasta la preparación del extracto [5].
El extracto de las hojas de mango se obtuvieron vía acuosa acorde [5]. Por lo cual, se pesaron 500 mg de hoja triturada y seguidamente fue suspendida en 5 mL de agua a 100 °C por 30 min. Posteriormente, se centrifugó a 2000 xg (10 °C) durante 10 min en un equipo Clinical Centrifuge (Modelo Z100A, Labnet USA). El sobrenadante

se decantó y al residuo sólido se le añadió nuevamente 5 mL de agua a 100 °C, este procedimiento se repitió cuatro veces. Por último, el filtrado acuoso se concentró usando un liofilizador (Labconco® freeze dryer 5, USA).

Determinación de fenoles totales de los extractos de las hojas *Mangifera indica* L.
Los compuestos fenólicos se determinaron mediante el método de Folin and Ciocalteu's phenol [15], se tomó 100 µL de extracto acuoso y se le adicionó 600 µL de agua destilada y 500 µL del reactivo Folin-Ciocalteu 2 N. Se dejó reposar 8 min en la oscuridad, posteriormente se le agregó 1.5 mL de solución Carbonato de Sodio (Na_2CO_3) al 20%, después se aforo a 10 mL con agua destilada y se dejó reposar durante 2 h en la oscuridad, las lecturas se realizaron a 760 nm en un espectrofotómetro Beckman DU® 730 (California, Estados Unidos). Los datos se obtuvieron mediante una comparación de la curva estándar (0-1 mg de ácido gálico mL^{-1}) y la absorbancia de cada muestra. La cantidad total de compuestos fenólicos se determinó en mg de equivalente de ácido gálico (GAE) g^{-1} de muestra.

Determinación de flavonoides en los extractos de las hojas *Mangifera indica* L.
El contenido de flavonoides se determinó utilizando la técnica de Cloruro de Aluminio ($AlCl_3$) propuesta por Dewanto et al. [16]: Para ello, se tomó 250 µL de extracto acuoso y se le adicionó 75 µL de nitrito de Sodio ($NaNO_2$) al 5%, 150 µL de Cloruro de Aluminio ($AlCl_3$) al 10% y 500 µL de Hidróxido de Sodio (NaOH) al 1M. Se aforó a un volumen de 2.5 mL con agua destilada y se dejó reposar por 5 min. Las lecturas se realizaron a 510 nm en un espectrofotómetro Beckman DU® 730 (California, Estados Unidos). Los datos se obtuvieron mediante una comparación de la curva estándar (0-300 µg de quercitina mL^{-1}) y la absorbancia de cada muestra. La cantidad total de flavonoides se determinó en mg de equivalente de quercitina (QE) g^{-1} de muestra.

Actividad antioxidante de los extractos de las hojas *Mangifera indica* L.
La actividad antioxidante se determinó mediante la eliminación del radical libre DDPH (2,2-difenil-1-picrilhidrazil), eliminación del radical libre ABTS (ácido 2,2-azinobis-3-etilbenzotioazolin-6-sulfónico) y a través de reducción férrica-FRAP (Ferric Reduction Antioxidant Power). Para el método DDPH se siguió la metodología descrita por Brand-William et al. [17] con algunas modificaciones. La solución stock se preparó mezclando 2.5 mg del radical DPPH con 100 mL de metanol puro. Esta solución fue ajustada a una absorbancia de 0.7 ± 0.02 con el mismo disolvente a 515 nm. Tras ajustar el blanco con metanol, una alícuota de 100 µL de extracto diluido de la muestra fue añadido a 3.9 mL de solución de DPPH. La disminución de la absorbancia a 515 nm fue medido a intervalos de 1 min por 5 min y luego cada 5 min hasta lograr la estabilidad utilizando un espectrofotómetro Beckman DU® 730 (California, Estados Unidos). Se calculó el porcentaje (%) de inhibición como:$(absorbancia_{control}$-$absorbancia_{muestra}/absorbancia_{control})$*100 y el resultado fue expresado como mg de la capacidad antioxidante de equivalentes de trolox (TEAC) g^{-1} de extracto de muestra usando una curva de calibración con patrones de trolox. Para el método ABTS el catión fue generado mezclando 19.2 mg de ABTS con 5 mL de agua destilada y 88 µL de persulfato de potasio ($K_2S_2O_8$) (0.0378 $g{\cdot}mL^{-1}$). Esta solución se incubó a temperatura ambiente durante 16 h en la oscuridad. Posteriormente, se tomó 1 mL de la solución de ABTS activado y se mezcló con 100 mL de etanol. El radical fue ajustado a una absorbancia de 0.7 ± 0.02 a 734 nm. Tras ajustar el blanco con metanol, una alícuota de 30 µL de extracto diluido fue añadida a 2970 µL de solución de ABTS. La disminución de la absorbancia a 734 nm fue medido a intervalos de 1 min por 10 min y luego cada 5 min hasta lograr la estabilidad utilizando un espectrofotómetro Beckman DU® 730 (California, Estados Unidos). Se calculó el porcentaje de inhibición como: $(absorbancia_{control}$-$absorbancia_{muestra}/absorbancia_{control})$*100 y el resultado fue expresado como mg de TEAC g^{-1} de muestra usando una curva de calibración con patrones de trolox [18].
La actividad antioxidante a través de reducción férrica-FRAP (Ferric Reduction Antioxidant Power), se determinó de acuerdo a Arnous et al. [19]. Se agregó 100 µL de extracto, 100 µL de cloruro férrico (3 mM) y 1800 µL de solución de TPTZ (2.4.6-Tris (2-piridil) -s-triazina) (1 mM). La reacción se mantuvo en un baño de agua a 37 °C durante 30 min. La absorbancia se midió a 620 nm. Los resultados fueron expresados como mg de TEAC g^{-1} de muestra usando una curva de calibración con patrones de trolox.

Inhibición de las enzimas α-amilasa y α-glucosidasa en los extractos de las hojas de *Mangifera indica* L.
Esta actividad se llevó a cabo siguiendo la metodología de Dineshkumar et al. [20]. El almidón se suspendió en un tubo que contenía 0.2 mL de Tris-HCl (0.5 M, pH 6.9) con cloruro de calcio (0.01 M) (sustrato). El tubo se calentó a 100 °C durante 5 min y luego se preincubó a 37 °C durante 5 min. El extracto acuoso se disolvió con 1 mL de sulfóxido de dimetilo (0.1%) para obtener concentraciones de 50, 100, 200, 400, 600, 800 y 1000 µg mL^{-1}. Luego se colocó 0.2 mL de extracto acuoso en el tubo que contenía la solución de sustrato. Posteriormente, la amilasa pancreática porcina disuelta en tampón Tris-HCl (2 unidades mL^{-1}) se añadió al tubo que contiene el extracto y el almidón. El proceso se llevó a cabo a 37 °C durante 10 min. La reacción se detuvo añadiendo 0.5 mL de ácido acético al 50% a cada tubo. La mezcla se centrifugo a 2000xg por 5 min. Finalmente con ayuda de

un espectrofotómetro se realizó la lectura de la absorbancia del sobrenadante a 595 nm. La concentración del extracto acuso para inhibir el 50% de la actividad de la amilasa se definió como el valor de IC_{50}.
La inhibición de la α-glucosidasa se realizó de acuerdo a la metodología de Dineshkumar et al. [20]. La α-glucosidasa se mezcló con 20 µL de extracto acuoso a diversas concentraciones (50, 100, 200, 400, 600, 800 y 1000 µg mL^{-1}) y se incubó durante 5 min a 37 °C. Luego se añadió 20 µL de paranitrofenil glucopiranosido (pNPG) al 1 mM para iniciar la reacción. La mezcla se incubó a 37 °C durante 20 min. La reacción se terminó mediante la adición de 50 µL de carbonato de sodio 1 mM y el volumen final se completó hasta 150 µL. La actividad de α-glucosidasa se determinó espectrofotométricamente a 405 nm en un lector de microplacas marca ChroMate® 4300 midiendo la cantidad de paranitrofenol liberado de pNPG. La concentración del extracto acuoso requerida para inhibir el 50% de la actividad de α-glucosidasa se definió como el valor de IC_{50}. El medicamento acarbosa (Glucobay®) se utilizó como estándar de referencia para ambas pruebas.

Análisis estadístico

Los tratamientos se distribuyeron en un diseño completamente al azar con 5 repeticiones. Los datos se sometieron a un análisis de varianza a una vía con α = 5% y comparación de medias de Tukey ($p < 0.05$). El coeficiente de correlación de Pearson (r) se determinó entre los compuestos bioactivos y la capacidad antioxidante mediante dos niveles de significancia ($p \leq 0.05$ y $p \leq 0.01$). Los análisis estadísticos se realizaron mediante el programa Statgraphic Plus versión 5.1

Resultados y discusión

Análisis químico proximal de las hojas de *Mangifera indica* L.

En el análisis químico proximal de las hojas de mango se puede observar que la variedad 'Ataulfo' muestra el mayor (p<0.0001) contenido de humedad y cenizas (14.13 y 8.87 g 100 g de $muestra^{-1}$), a comparación de la variedad 'Manila' y 'Tommy Atkins', quienes obtuvieron contenidos de humedad de 7.33 y 8.37 g 100 g de $muestra^{-1}$, respectivamente y cenizas de 6.43 y 5.03 g 100 g de $muestra^{-1}$, respectivamente (Tabla 1). Los valores de humedad de esta investigación son similares a los reportados por Rakholiya and Chanda [21], quienes obtuvieron 8.9 g 100 g de $muestra^{-1}$ de humedad en las hojas de mango Kesar de la India. Mientras que Rambabu et al. [22] reportaron 7.2 g 100 g de $muestra^{-1}$ de humedad en hojas de mango Neelam de la India.

Tabla 1. Análisis químico proximal de las hojas de *Mangifera indica* L.

Variedad	Humedad[1]	Cenizas[1]	Proteína Cruda[1]	Grasa Cruda[1]	Fibra Cruda[1]	E.L.N[1]
Manila	7.33±0.06^{c}	6.43±0.15^{c}	8.23±0.76^{b}	2.90±0.20^{c}	31.10±0.95^{a}	44.03±1.78^{a}
Ataulfo	14.13±0.31^{a}	8.87±0.12^{a}	6.77±0.15^{c}	4.33±0.32^{b}	26.60±1.81^{b}	39.37±2.50^{b}
Tommy Atkins	8.37±0.06^{b}	5.03±0.06^{b}	10.40±0.26^{a}	5.50±0.10^{a}	24.97±1.77^{b}	45.70±1.65^{a}

Letras diferentes en la misma columna indican diferencia significativa acorde a la prueba de Tukey (n=5; p<0.05); E.L.N = Extracto Libre de Nitrógeno. [1] g·100 g de $muestra^{-1}$

Los valores de contenido de cenizas son congruentes con los valores reportado por Rakholiya and Chanda [21] quienes encontraron 9.6 g 100 g de $muestra^{-1}$ de cenizas en hojas de mango Kesar. Por su parte, Rambabu et al. [22] reportaron 1.9 g 100 g de $muestra^{-1}$ en hojas de mango 'Neelam'. Las similitudes de los contenidos de humedad y cenizas de la presente investigación y las descritas anteriormente pudieron deberse a las similitudes en las prácticas agrícolas (p.ej. fertilización, riego, manejo de plagas y enfermedades) aplicadas en México y la India. En el caso de proteína cruda y grasa, las hojas de mango 'Tommy Atkins' fueron quienes obtuvieron mayor (p<0.001) contenido (10.40 y 5.50 g 100 g de $muestra^{-1}$, respectivamente), a comparación de 'Manila' y 'Ataulfo' quienes obtuvieron un contenido de proteína cruda de 8.23 y 6.77, respectivamente y grasa de 2.90 y 4.33, respectivamente. Los resultados de proteína cruda de esta investigación son superiores a los reportados por Rambabu *et al.* [22] quienes obtuvieron valor de 0.3 g 100 g de $muestra^{-1}$ en hojas de mango 'Neelam'. La diferencia de los valores obtenidos en esta investigación y de los autores mencionados puede deberse al periodo de colecta de las hojas de mango [23].
Las hojas de mango 'Manila' mostraron mayor (p<0.001) contenido de fibra cruda (31.10 g 100 g de $muestra^{-1}$) a comparación de 'Ataulfo' y 'Tommy Atkins' quienes contienen 26.60 y 24.97, respectivamente.

Determinación de fenoles totales y flavonoides de los extractos de las hojas *Mangifera indica* L.

Los resultados del contenido de fenoles totales y flavonoides de las hojas de *Mangifera indica* L. se muestran en la Tabla 2. Se observa que las hojas de mango 'Tommy Atkins' mostraron mayor ($p<0.0001$) contenido de fenoles totales (137.08 mg de GAE g^{-1}) a comparación de 'Manila' y 'Ataulfo' quienes obtuvieron 117.19 y 125.22 mg de GAE g^{-1}, respectivamente. Los resultados del contenido de fenoles totales en los extractos acuosos de las hojas de *Mangifera indica* L. de esta investigación, son mayores a los reportados por Saleh-Gazwi and Mahmoud [24] (86.20 mg de GAE g^{-1}); sin embargo, son inferiores a los encontrados por Díaz-Torres et al. (2017) quienes reportaron valores de 390.6, 376.7 y 292.7 mg de GAE g^{-1} en hojas de mango de 'Tommy Atkins', 'Haden' y 'Edward' de Ecuador, respectivamente. La diferencia del contenido de fenoles totales pudo deberse a que los autores antes mencionados usaron etanol al 70% como solvente de extracción, la cual, provoca una mayor interacción del solvente con los metabolitos secundarios facilitando la liberación de los fenoles totales. En la determinación del contenido de flavonoides, las hojas de mango 'Tommy Atkins' tuvieron un mayor ($p<0.05$) contenido (135.28 mg de QE g^{-1}) a comparación de 'Manila' y 'Ataulfo' entre 109.99 y 120.04 mg de QE g^{-1}, respectivamente. Respecto al contenido de flavonoides, los valores encontrados en esta investigación fueron superiores al reportado por Saleh-Gazwi and Mahmoud [24], quienes observaron un valor de 42.64 mg de QE g^{-1}en hojas de *Mangifera indica* L. usando extracto acuoso.

Tabla 2. Contenido de Fenoles Totales y Flavonoides de los extractos de las hojas de *Mangifera indica* L.

Variedad	Fenoles totales[1]	Flavonoides totales [2]
Manila	117.19±0.82^{c}	109.99 ± 0.08^{c}
Ataulfo	125.22±1.69^{b}	120.04±1.27^{b}
Tommy Atkins	137.08±0.54^{a}	135.28± 0.23^{a}

Letras diferentes en la misma columna indican diferencia significativa de acuerdo a la prueba

Actividad antioxidante de los extractos de las hojas *Mangifera indica* L.

Los resultados de la actividad captadora de radicales libres DPPH, ABTS y reducción férrica-FRAP para las muestras evaluadas variaron entre 22.27 a 38.26 mg de TEAC 100 g^{-1}, entre 30.95 a 59.13 mg de TEAC 100 g^{-1} y entre 39.25 a 64.58 mg de TEAC 100g^{-1}, respectivamente (Tabla 3). La muestra que presentó mayor actividad antioxidante de las tres técnicas evaluadas fue la variedad 'Tommy Atkins'. Estas actividad biológica se debe a la actividad antiradical y al efecto inhibidor sobre iones metálicos que éstos poseen [25].

Los resultados mostraronque para todos las muestras, los valores de la técnica de ABTS son superiores que en la técnica DDPH, debido a la baja selectividad del ABTS; este hecho puede atribuirse a que el radical ABTS reacciona con cualquier compuesto aromático hidroxilado, independientemente de su potencial antioxidante real; además se sabe que el radical DPPH no reacciona con los flavonoides carentes de grupos hidroxilo en el anillo B, ni con ácidos aromáticos que contengan un solo grupo hidroxilo. Además, si la capacidad antioxidante que presentan los extractos se debe a la presencia de flavonoides y otro tipo de polifenoles, se debe tener en cuenta que el DPPH es más selectivo que el ABTS y que a diferencia de este último, el DPPH no reacciona con los flavonoides que no tienen grupos hidroxilo en el anillo B, ni con ácidos aromáticos que contienen un solo grupo hidroxilo, lo que explicaría que los valores de DPPH sean menores que los de ABTS. Igualmente en la técnica de FRAP se presentaron valores altos, lo cual indica que la propiedad quelante de las muestras con más alto poder reductor puede proporcionar protección contra el daño oxidativo [26, 27].

Tabla 3. Actividad antioxidante de los extractos de las hojas de *Mangifera indica* L.

Variedad	DPPH[1]	ABTS[1]	FRAP[1]
Manila	23.95±2.11^{a}	30.95 ± 3.94^{a}	39.25 ± 4.05^{a}
Ataulfo	22.27±2.60^{a}	37.09 ± 2.78^{b}	50.12 ± 6.31^{b}
Tommy Atkins	38.26±2.94^{b}	59.13 ± 3.70^{c}	64.58 ± 7.01^{c}

Letras diferentes en la misma columna indican diferencia significativa de acuerdo a la prueba de Tukey (n=5; $p<0.05$).
DPPH: 2.2-Diphenyl-1-picrylhydrazyl; ABTS: 2.2′-Azino-bis (3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid); FRAP: Ferric Reduction Antioxidant Power. [1]mg of Trolox Equivalent Antioxidant Capacity (TEAC)· 100 g^{-1}

Los coeficientes de correlación de Pearson en las diferentes variedades de las hojas de mango (Tabla 4) presentan diferencia estadística ($p<0.05$ y $p<0.01$). Este hecho muestra que los compuestos bioactivos (fenoles totales y flavonoides) analizados en este estudio presentaron una correlación significativa con la actividad antioxidante (DDPH, ABTS y FRAP), lo que sugiere que estos compuestos contribuyen de manera significativa en la actividad antioxidante.

Tabla 4. Coeficiente de correlación de Pearson´s entre la actividad antioxidante (ABTS y DPPH) y el contenido de fenoles totales y flavonoides.

Variedad Manila*					
Coeficiente de correlación (r)	**Fenoles totales**	**Flavonoides totales**	**DDPH**	**ABTS**	**FRAP**
Fenoles totales		0.84	0.80	0.83	0.85
Flavonoides totales	0.91		0.90	0.90	0.91
DPPH				0.85	0.80
ABTS					0.80
Variedad Ataulfo*					
Coeficiente de correlación (r)	**Fenoles totales**	**Flavonoides totales**	**DDPH**	**ABTS**	**FRAP**
Fenoles totales		0.88	0.86	0.80	0.75
Flavonoides totales	0.88		0.90	0.92	0.88
DPPH				0.85	0.90
ABTS					0.90
Variedad Tommy Atkins*					
Coeficiente de correlación (r)	**Fenoles totales**	**Flavonoides totales**	**DDPH**	**ABTS**	**FRAP**
Fenoles totales		0.88	0.81	0.85	0.87
Flavonoides totales	0.89		0.88	0.9	0.92
DPPH				0.87	0.79
ABTS					0.85

Todos los datos presentan correlación significativa de $p<0.05$ y $p<0.01$. DPPH: 2.2-Diphenyl-1-picrylhydrazyl; ABTS: 2.2′-Azino-bis (3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid); FRAP: Ferric Reduction Antioxidant Power.

Actividad inhibitoria de las enzimas α-amilasa y α-glucosidasa en las hojas de *Mangifera indica* L.

En este estudio, los extractos de las hojas de mango presentaron una capacidad inhibitoria de las enzimas α-amilasa y α-glucosidasa. Las variedades que presentaron mejor actividad inhibitoria para la enzima α-amilasa fueron la 'Ataulfo' y la 'Tommy Atkins' (263.65 y 236.41 μg mL^{-1}) (Tabla 5). En el caso de la α-glucosidasa, la variedad que presento mejor actividad inhibitoria fue la 'Tommy Atkins' (270.96 μg mL^{-1}). Estos valores son menores a los que obtuvieron Ganogpichayagrai et al. [28], quienes reportaron que el extracto de las hojas de *M. indica* 'Okrong' tuvieron un IC_{50} de 1452.8 μg mL^{-1} para la enzima α-glucosidasa y de 2284 μg mL^{-1} para la enzima α-amilasa. Kulkarni and Rathod [29], evaluaron los extractos acuosos de las hojas de mango en la inhibición de las enzimas α-amilasa y α-glucosidasa encontrando que a una concentración de 100 μg mL^{-1} se presentó una inhibición del 64.5% para la enzima amilasa y de 77.8% para la α-glucosidasa.

Las actividades biológicas presentes en los extractos fueron más bajas en comparación con los estándares de referencia (IC_{50} α-amilasa = 23.39 μg mL^{-1} e IC_{50} α-glucosidasa = 49.38 μg mL^{-1}); sin embargo, debido a que hay inhibición de las enzimas estas pueden ser utilizadas como agentes anti-α-amilasa y α-glucosidasa naturales y ser consideradas como una alternativa para la formulación de un alimento funcional dirigido a personas con DM2.

Tabla 5. Análisis de la actividad inhibitoria de las enzimas α-amilasa y α-glucosidasa en los extractos las hojas de *Mangifera indica* L.

Variedad	**α-amilasa (IC_{50})[1]**	**α-glucosidasa (IC_{50})[1]**
Manila	348.61 ±17.45[a]	314.90± 31.62[a]
Ataulfo	263.65 ± 4.75[b]	372.53 ± 2.60[a]
Tommy Atkins	236.41 ± 15.45[b]	270.96 ± 23.2[b]
Acarbosa	23.39 ± 10.23[c]	49.38 ± 9.37[c]

Letras diferentes en la misma columna indican diferencia significativa de acuerdo a la prueba de Tukey (n=5; p<0.05). IC_{50}: concentración del extracto acuoso requerida para inhibir el 50% de la enzima. $^{1}\mu g \cdot mL^{-1}$.

Trabajo a futuro

Obtener el perfil de compuestos fenólicos presentes en el extracto y realizar estudios a nivel *in vivo* del efecto hipoglucemiante

Conclusiones

Se concluye que los extractos de las hojas de mango presentaron actividad hipoglucemiante y antioxidante. Los extractos de hojas sugieren funcionalidad, además de que estos pueden ser una alternativa para el tratamiento de las personas que padecen DM2.

Agradecimientos

Se agradece al Tecnológico Nacional de México por el financiamiento otorgado por la Convocatoria de Apoyo a la Investigación Científica y Tecnológica 2019 con clave 6670.19-P. Así mismo, se agradece al Centro de Investigación en Nutrición y Alimentación de la Universidad de la Sierra Sur por las facilidades otorgadas para la realización de la estancia de investigación del segundo autor. También se agradece al Dr. Enrique Noé Becerra Leor del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) Campo Experimental Cotaxtla, Veracruz por las facilidades otorgadas para la colecta de las hojas de mango.

Referencias

[1] E. Rojas, R. Molina and C. Rodríguez, Definición clasificación y diagnóstico de la diabetes mellitus. Revista Venezolana de Endocrinología y Metabolismo, vol. 10, pp. 7-12, 2012.

[2] S. Sigh, V. Garg and D. Yadav, Antihyperglucemic and antioxidative ability of Stevia rebaudiana (Bertoni) leaves in diabetes induced mice. International Journal of Pharmacy and Pharmaceutical Sciences, vol. 5, pp. 297-302, 2013.

[3] O. Maldonado, E. Jiménez, M. Guapillo, G. Ceballo and E. Méndez, Radicales libre y su papel en las enfermedades crónico-degenerativas. Revista Médica de la Universidad Veracruzana, vol. 2, pp. 32-39, 2010.

[4] L. Chen and Y. H. Kang, In vitro inhibitory effect of oriental melón (*Cucumis melo L.* var. Mauka Makino) seed on key enzyme linked to type 2 diabetes, Journal of Functional Foods, vol. 5, pp. 981-98, 2013.

[5] J. C. Ruíz-Ruíz, Y.B. Moguel-Ordoñez, A. J. Matus-Basto and M. R. Segura-Campos, Antidiabetic and antioxidant activity of *Stevia rebaudiana* extracts and their incorporation into a potential functional bread, Journal of Food Science and Technology, vol. 52: 7894-7903, 2015.

[6] F. Infante, J. Quilantán, F. Rocha, H. Esquinca, A. Castillo, G. Ibarra and V. Palacio, Mango Ataulfo: Orgullo Chiapaneco, Biodiversitas, vol. 96, pp. 1-5, 2011.

[7] Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP), Anuario estadístico de la producción agrícola 2017, Recuperado el 04 de enero de 2019 de: http://infosiap.siap.gob.mx/aagricola_siap_gb/icultivo/index.jsp

[8] C. Mohan, M. Deepak, G. Viswanatha, G. Savinay, V. Hanumantharaju, C. Rajendra and D. Praveen, Anti-oxidant and anti-inflmmatory activity of leaf extracts and fractions of *Mangifera indica,* Asian Pacific Journal of Tropical Medicine, vol. 6, pp. 311-314, 2013.

[9] N., Medina-Ramírez, L. Monteiro-Farias, F. Apolonio-Santana, J. P. Viana-Leite, M. I. De Souza-Dantas, R. C. Lopes-Toledo, J. H. De Queiroz, H. S. Duarte-Martino and S. M. Rocha-Ribeiro, Extraction of Mangiferin and Chemical Characterization and Sensorial Analysis of Teas from Mangifera indica L. Leaves of the Ubá Variety. Beverages, vol. 2, pp. 2-13, 2016.

[10] C. Guan-Lin, C. Song-Gen, Z. Ying-Ying, L. Chun-Xia and G. Yong-Qing, Total phenolic contents of 33 fruits and their antioxidant capacities before and after in vitro digestión, Industrial Crops and Products, vol. 57, pp. 150-157, 2014.

[11] Y. S. Lin and S. S. Lee, Flavonol Glycosides with α-Glucosidase Inhibitory Activities and New Flavone C-Diosides from the Leaves of Machilus konishii, Helvetica Chimica Acta, vol. 97, pp. 1672-1682, 2014.

[12] E. L. Jibaja and G.J. Sánchez. Determinación de la capacidad antioxidante y análisis composicional de harina de cáscara de mango, *Mangífera indica*, variedad "criollo", Cientifi-k, vol. 2, 62-69, 2015.
[13] L. M. Xiang, X. M. Yi, Y.H. Wang and X.J. He, Antiproliferative andanti-inflammatory polyhydroxylated spirostanol saponins from *Tupistra chinensis,* Scientific Reports, vol. 6, pp. 1-13, 2016.
[14] A.O.A.C., Methods 920.23, 920.39, 923.03, 926.08, 962.09 and 932.12: Manual of Official methods of analysis, Association of Official Analytical Chemists, Washington, USA, 18th ed., 2005.
[15] V. Singleton and J. Rossi, Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents, American Journal of Enology and Viticulture, vol. 16, pp. 144–158, 1965.
[16] V. Dewanto, X. Wu, K. K. Adom and R. H. Liu, Thermal processing enhances the nutritional value of tomatoes by increasing total antioxidant activity, Journal of Agricultural and Food Chemistry, vol. 50, pp. 3010-3014, 2002.
[17] W. Brand-Williams, M. E. Cuvelier and C. Berset, Use of free radical method to evaluate antioxidant activity, LWT-Food Science and Technology, 28: 25-30. 1995.
[18] R. Re, N. Pellegrini, A. Proteggente, A. Pannala, M. Yang and C. Rice-Evans, Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. Free Radic Biol Med, vol. 26, pp. 1231-1237, 1999.
[19] A. Arnous, D. Makris and P. Kefalas, Correlation of pigment and flavanol content with antioxidant properties in selected aged regional wines from Greece, Journal of Food Composition and Analysis, vol. 15, pp. 655-665. 2002.
[20] B. Dineshkumar, A. Mitra and M. Manjunatha, Studies on the anti-diabetic and hypolipidemic potentials of mangiferin (xanthone glucoside) in streptozotocin-induced Type 1 and Type 2 diabetic model rats, International Journal of Advances in Pharmaceutical Sciences, vol. 1, pp. 75-85, 2010.
[21] K. Rakholiya and S. Chanda, Pharmacognostic, Physicochemical and Phytochemical Investigation of *Mangifera indica* L. var. Kesar leaf, Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine, vol. 2, pp. 680-684, 2012.
[22] K. Rambabu, G. Bharath, F. Banat, P. L. Show and H. H. Cocoletzi, Mango leaf extract incorporated chitosan antioxidant film for active food packaging, International Journal of Biological Macromolecules, vol. 126, pp. 1234-1243, 2018.
[23] J. M Díaz-Arcos and J. D. Martìnez-Chuquillanqui, Cantidad y calidad de aceites esenciales en hojas de cuatro especies del género eucalyptus-El Mantaro, Tesis de Licenciatura, Universidad Nacional del Centro de Perú, 2013.
[24] H. S. Saleh-Gazwi and M.E. Mahmoud, Restorative activity of aqueous extract *Mangifera indica* leaves against CCl_4 induced hepatic damage in rats, Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis, vol. 164, pp. 112-118, 2019.
[25] I. Gülçin, E. Bursal, M. H. Sehitoglu, M. Bilsel and A. C. Görden, Polyphenols contents and antioxidant activity of lyophilized aqueous extract of propolis from Erzurum, Turkey, Food and Chemical Toxicology, vol. 48, pp. 2227-2238, 2010.
[26] S.B. Aseervatham, J.M Sasikumar and D. Kumar, Studies on *in vitro* free radical scavenging activity of Bixa orellana L. bark extract. International Journal of Pharmacy and Pharmaceutical Sciences, vol. 4, pp. 719-726, 2012.
[27] G. Mercado-Mercado, L. R. Carrillo, A. Wall-Medrano, J. A. López and E. Álvarez-Parrilla, Compuestos polifenólicos y capacidad antioxidante de especias típicas consumidas en México. Nutrición Hospitalaria, vol. 28, pp. 36-46, 2013.
[28] A. Ganogpichayagrai, P. Palanuvej and N. Ruangrungsi. Antidiabetic and anticancer activities of *Mangifera indica* cv. Okrong leaves. Journal of Advanced Pharmaceutical Technology & Research, vol. 8, pp. 19-24, 2017.
[29] V. M. Kulkarni, and V. K. Rathod. Exploring the potential of *Mangifera indica* leaves extract versus mangiferin for therapeutic application, Agriculture and Natural Resources, vol. 52, pp. 155-161, 2018.

 ISSN 2007-8102

Efecto de la adición de Pt en Mo/Al_2O_3-TiO_2 para la hidrodesulfuración de dibenzotiofeno

*K. F. Tonchez Pérez[1], R. Velázquez Jiménez[2], A. E. Cruz Pérez[1], C. Encarnación Gómez[1], M. G. Hernández Cruz[1]**
[1]División Académica Multidisciplinaria de Jalpa de Méndez, Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, Jalpa de Méndez, Tabasco, México.
[2]Área académica de Química, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, Carr. Pachuca-Tulancingo Km 4.5, Mineral de la Reforma, Hidalgo, México
**mguadalupe.hernandez@ujat.mx*

***Área de participación**: Ingeniería Química*

Resumen

Este trabajo describe el desempeño catalítico de Mo/Al_2O_3-TiO_2 y $PtMo/Al_2O_3$-TiO_2 en la hidrodesulfuración (HDS) de dibenzotiofeno (DBT). Los catalizadores se prepararon por impregnación de las sales precursoras de heptamolibdato de amonio y ácido hexacloroplatínico hexahidratado sobre el soporte mixto de Al_2O_3-TiO_2 que previamente fue preparado por el método sol-gel con 10% mol de TiO_2. Los sólidos obtenidos se caracterizaron mediante las técnicas de fisisorción de N_2, difracción de Rayos X y espectroscopia ERD-UV-Vis. Los catalizadores se evaluaron en la reacción de HDS de DBT bajo condiciones de presión y temperatura de 500 psi y 320°C, respectivamente. Los resultados indicaron que ambos catalizadores son activos y selectivos hacia la ruta de desulfuración directa (DDS), el desempeño de $PtMo/Al_2O_3$-TiO_2 fue 2.8 veces mayor que el observado con Mo/Al_2O_3-TiO_2, lo que es atribuido a la optimización de la interacción entre el soporte catalítico y las fases activas, gracias a la incorporación de Pt.

***Palabras clave**: Hidrodesulfuración, Dibenzotiofeno, Al_2O_3-TiO_2, Platino*.

Abstract

This work describes the catalytic performance of Mo/Al_2O_3-TiO_2 and $PtMo/Al_2O_3$-TiO_2 in the hydrodesulfurization (HDS) of dibenzothiophene (DBT). The catalysts were prepared by impregnating the precursor salts of ammonium heptamolybdate and hexachloroplatinic acid hexahydrate on the mixed support of Al_2O_3-TiO_2 that was previously prepared by the sol-gel method with 10% mol of TiO_2. The solids obtained were characterized by N_2 physisorption, X-ray diffraction and UV-Vis DR spectroscopy techniques. The catalysts were evaluated in the DBT HDS reaction under pressure and temperature conditions of 500 psi and 320 °C, respectively. The results indicated that both catalysts are active and selective towards the direct desulfurization path (DDS), the performance of $PtMo/Al_2O_3$-TiO_2 was 2.8 times higher than that observed with Mo/Al_2O_3-TiO_2, which is attributed to the optimization of the interaction between the catalytic support and the active phases, thanks to the incorporation of Pt.

***Keywords**: Hydrodesulfurization, Dibenzothiophene, Al_2O_3-TiO_2, Platinum.*

Introducción

En los últimos años se ha buscado dar una solución a la problemática de la contaminación del aire y suelo por el uso desmedido de los combustibles fósiles. Sin embargo, no ha sido posible eliminar totalmente los gases nocivos que se emiten a la atmósfera. Una de las alternativas para enfrentar este problema ambiental, es el uso de catalizadores convencionales de $CoMo/Al_2O_3$ [1] que son usados en procesos de hidrodesulfuración, proceso encargado de la remoción de azufre contenido en los combustibles y que ha sido estudiado ampliamente debido a la importancia de disminuir las emisiones de SO_x en el aire [2,3]. Sin embargo, los catalizadores convencionales, no han logrado satisfacer los requerimientos solicitados [4], debido a que gran parte de las reservas petroleras alrededor del mundo están compuestas de crudos pesados con altos contenidos de azufre, nitrógeno, compuestos aromáticos y metales como Ni, Fe y V, dando como resultado la obtención de combustibles ricos en este tipo de contaminantes. De los compuestos azufrados, los dibenzotiofenos son considerados de los más refractarios, los cuales son sometidos a procesos de HDS, reacción que puede proceder por dos rutas principales: la desulfuración directa (DDS) y la hidrogenación (HID), que es la ruta que generalmente siguen los catalizadores comerciales basados en molibdeno [5]. Como se ha descrito en la literatura, los catalizadores que contienen metales nobles son adecuados para su uso en reacciones de HDS profunda, ya que exhiben mayor actividad hidrogenante que los sulfuros metálicos [6]. No obstante, los metales nobles son altamente sensibles a la presencia de moléculas que contienen azufre lo que resulta en su transformación a partículas de sulfuros metálicos poco activos. Para evitar este inconveniente, y evitar el envenenamiento por azufre, se ha encontrado que uso de soportes ácidos puede ser de gran ayuda, debido a que se producen partículas metálicas altamente resistentes al envenenamiento [7]. Otra estrategia para disminuir este fenómeno, es la adición de elementos con tierras raras a zeolitas o la sustitución de algunas especies en los soportes por óxidos semiconductores [8,9]. Es por ello, que los óxidos mixtos de Al_2O_3-TiO_2 pueden ser una opción viable para su uso como soporte en catalizadores basados en metales nobles como Pd, Pt y Ru, debido al tipo de interacción que se genera cuando se cambia de un soporte puro como Al_2O_3 a uno mixto, como Al_2O_3-TiO_2 [10,11]. Los catalizadores de Pt soportados en alúmina-titania con composiciones equimolares, han mostrado altas actividades en HDS. Se han realizado estudios variando el contenido de Ti en el soporte y se ha determinado que la presencia de Ti aumenta la actividad catalítica y promueve la selectividad hacia la vía de hidrogenación [9]. Así mismo se ha encontrado que el titanio aumenta la resistencia al azufre de las partículas metálicas bajo condiciones de hidrogenación [12]. De igual manera, se ha investigado la incorporación de pequeñas cantidades de metales nobles como Ru, Pd y Pt, de forma individual o combinándolos con catalizadores sulfurados convencionales de Mo, CoMo o NiW, y se ha observado que la modificación de sistemas de Mo o CoMo soportados en alúmina con metales nobles, llevan a una mejora significativa en la HDS por la vía de HID de DBT [13-16]. Por ejemplo, se ha descrito el efecto de la adición de Pd en catalizadores de NiMo/alúmina-titania sobre la hidrodesulfuraciòn de 4,6-dimetildibenzotiofeno, dando como consecuencia un aumento en la velocidad de reacción de 30%, lo que significa que el Pd promueve la actividad de HDS para un sistema NiMo [17]. Por otra parte, el catalizador PtMo soportado en MCM-48 se ha evaluado en la hidrodesulfuracion de dibenzotiofeno y presenta un rendimiento del 95% obteniendo como producto principal el bifenilo [18]. En este sentido, y a pesar de que la mayoría de los trabajos publicados describen que la adición de platino mejora la actividad catalítica en el proceso de HDS hacia la vía de HID, y que además la presencia de Ti en la alúmina contribuye a dirigir la selectividad hacia dicha ruta, el presente trabajo describe la influencia de la adición de platino a un catalizador convencional de molibdeno soportado en el óxido mixto Al_2O_3-TiO_2 sobre la HDS de DBT y su efecto en la selectividad de la reacción.

Metodología

Síntesis del soporte Al_2O_3-TiO_2

El soporte mixto Al_2O_3-TiO_2 con contenido de 10% mol de TiO_2 se preparó mediante la técnica sol-gel usando como precursores isopropóxido de aluminio (ALDRICH, 98% pureza) e isopropóxido de titanio (ALDRICH, 98%) disueltos en isopropanol (MEYER, 98% pureza), los sólidos obtenidos se secaron a 120 °C durante 12 h y se calcinaron a 550 °C durante 4 h.

Síntesis de los catalizadores

El catalizador Mo/Al_2O_3-TiO_2 (2% p/p de Mo) fue preparado por impregnación incipiente de Al_2O_3-TiO_2 con una solución acuosa de heptamolibdato de amonio (MEYER, 95% pureza). De la misma manera se preparó el catalizador PtMo)/Al_2O_3-TiO_2 (1:1% p/p de Pt:Mo), con la incorporación adicional de una solución acuosa de ácido hexacloroplatínico hexahidratado (ALDRICH, 37.5% pureza). Ambos catalizadores se secaron a 100 ºC por 10 h y se calcinaron a 350 ºC durante 4 h.

Evaluación catalítica

Los catalizadores fueron previamente activados por sulfuración con CS_2 (ALDRICH, 99%, pureza) (2% p/p S) a 320 °C y 500 psi de presión. La evaluación catalítica en la reacción de HDS de DBT (ALDRICH, 99% pureza) se llevó a cabo en un reactor por lotes tipo PARR modelo 4848. Para cada reacción se emplearon 0.2 g de catalizador sulfurado y una solución de heptano (MEYER, 95% pureza) con 500 ppm de azufre contenido en DBT, bajo condiciones de presión y temperatura de 500 psi y 320 °C, respectivamente. Para garantizar el control en las reacciones y evitar problemas difusivos, la velocidad de agitación que se estableció fue de 700 rpm [19]. El tiempo de reacción fue de 6 h y se tomaron muestras cada hora para posteriormente ser analizadas en un cromatógrafo de gases Thermo Scientific modelo Trace 1310 equipado con detector de ionización de flama (FID) y columna capilar TR-5 de polisiloxano de 30 m de longitud.

Caracterización de los catalizadores

El análisis de área superficial y parámetros texturales del soporte se llevó a cabo mediante la técnica de fisisorción de N_2 en un equipo de marca Micrometrics Tristar II. La cristalinidad de los catalizadores se determinó mediante difracción de rayos X (DRX) en un equipo Bruker Z sizer 2da. Generación, equipado con cátodo de cobre CuKa en un rango de 2q de 10 a 90°. Para obtener información acerca de la coordinación de las especies metálicas, se hizo uso de la espectroscopia de reflectancia difusa UV-Vis (EDR-UV-Vis) con un espectrofotómetro Shimadzu UV-2006 series, equipado con esfera de integración.

Resultados y discusión

Desempeño catalítico de Mo/Al_2O_3-TiO_2 y $PtMo/Al_2O_3$-TiO_2 en la reacción de HDS de DBT

El comportamiento catalítico de los sistemas Mo/Al_2O_3-TiO_2 y $PtMo/Al_2O_3$-TiO_2 fue evaluado en la reacción modelo de HDS de DBT. Los resultados muestran que ambos catalizadores presentan actividad catalítica. En la Tabla 1 se aprecian las velocidades de reacción inicial (r_0), las cuales indican que el catalizador de $PtMo/Al_2O_3$-TiO_2 presenta mayor actividad con un incremento de aproximadamente 2.8 veces. En la Figura 1 se aprecia que la actividad catalítica tiende a aumentar conforme pasa el tiempo. Hecho que se atribuye a la incorporación de platino y confirma la dispersión y promoción de las especies metálicas de molibdeno MoS_2 como lo describen trabajos anteriores que han evidenciado que existe una sinergia entre Pt y Mo en reacciones de HDS [20,21].

Tabla 1: Velocidad de reacción inicial de los catalizadores

Catalizador	$- r_0 \times 10^{-8}$
Mo/Al_2O_3-TiO_2	2.0
$PtMo/Al_2O_3$-TiO_2	5.6

Selectividad de los catalizadores

La reacción de HDS de DBT, según la naturaleza del catalizador, puede proceder por dos rutas de reacción, la desulfuración directa (DDS) donde se consume poco H_2 y se produce bifenilo (BF) y la hidrogenación (HID), donde el consumo de H_2 es mayor y se obtienen productos tales como:

tetrahidrodibenzotiofeno, ciclohexilbenceno. Los productos de estas rutas continúan reaccionando con hidrógeno para formar biciclohexilo [22].

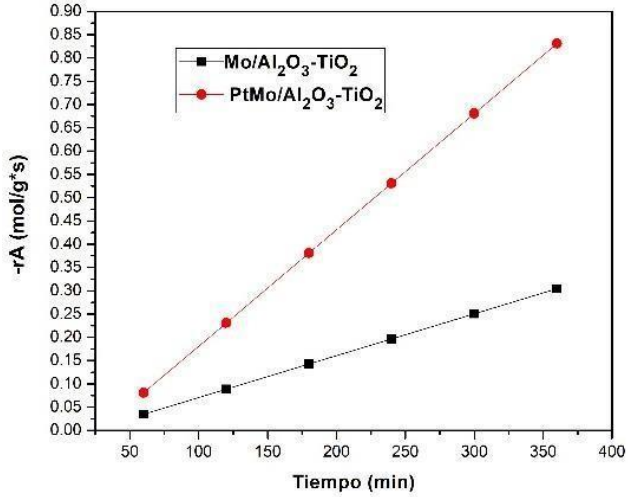


Figura 1. Velocidad de reacción en función del tiempo

Un vasto número de investigaciones han descrito que el contenido de Mo en los catalizadores bimetálicos de PtMo, no representa un efecto favorable en la selectividad de la reacción que normalmente es baja hacia la ruta de HID, lo que es sorpresivo debido a las propiedades hidrogenantes que caracterizan a Pt en sinergia con las especies sulfuradas de Mo [13,16]. Como se mencionó antes, la presencia de metales como Ni y Co en los catalizadores, favorecen la selectividad hacia la ruta de DDS en reacciones de HDS de DBT [6]. Aunque este comportamiento aún no está totalmente claro, los resultados obtenidos en el presente trabajo indican que cuando el Pt actúa como promotor de la fase sulfurada de Mo, su efecto sobre la selectividad de la reacción es equivalente a la de Ni y Co. De la misma manera, la selectividad de la fase de Pt tiene preferencia hacia la ruta de DDS. Es así como en conjunto, el efecto promotor que se le ha atribuido al Pt en el sistema bimetálico y la proporción adecuada entre Pt:Mo en el catalizador, da como resultado una mejora sobre la reducibilidad de las fases MoS_2, generando una modificación en las proporciones entre sitios más y menos reducidos en el catalizador, que del mismo modo manifiesta un cambio en la selectividad hacia HID o DDS en los procesos de HDS. En la Tabla 2, se muestra la selectividad de los catalizadores calculada a una conversión del 30 %. Los resultados muestran que la vía de reacción favorecida es la DDS de DBT. Siendo más selectivo el catalizador $PtMo/Al_2O_3$-TiO_2 con la formación de bifenilo al 100%. Sin embargo, para Mo/Al_2O_3-TiO_2 la selectividad hacia la DDS disminuye, por consiguiente, se observa la formación de productos provenientes de la vía de HID. Estos resultados permiten concluir que la adición de platino promueve la DDS de DBT con una proporción Pt:Mo 1:1 % p/p.

Tabla 2. Selectividad de los catalizadores calculada a una conversión del 30% en la HDS de DBT

Catalizador	% de Selectividad		HID/DDS
	HID	DDS	
Mo/Al_2O_3-TiO_2	4	96	0.4
$PtMo/Al_2O_3$-TiO_2	0	100	0

Conversión de DBT

En la Figura 2, se puede observar la gráfica de tiempo de reacción vs conversión de DBT. Se aprecia que $PtMo/Al_2O_3$-TiO_2 obtuvo mayor conversión (83%), mientras que Mo/Al_2O_3-TiO_2 bajo las mismas condiciones de reacción, apenas alcanzó una conversión del 30 %. Asimismo, de estos datos se pudo observar que después de 6 h de reacción, los catalizadores no presentan desactivación.

 ISSN 2007-8102

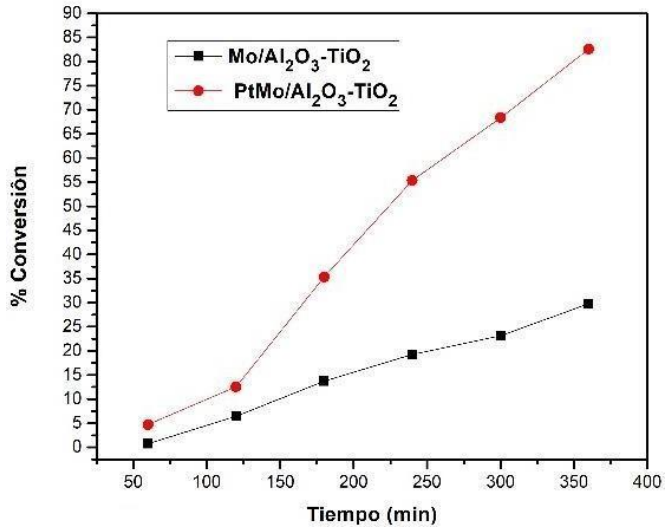


Figura 2. Conversión de dibenzotiofeno en función del tiempo

Caracterización fisicoquímica

Mediante análisis de fisisorción de N_2 se determinó que el soporte Al_2O_3-TiO_2 es un material mesoporoso con área superficial de 244 m^2/g, volumen de poro de 0.9 cm^3/g y 14.3 nm de diámetro de poro, propiedades texturales adecuadas para poder ser usado como soporte catalítico. Se observó una isoterma de adsorción-desorción que, de acuerdo con la clasificación de la IUPAC, corresponde al tipo IV característica de materiales mesoporosos. Con una histéresis tipo H2, particularidad de sólidos que están conformados por aglomeraciones y partículas cortadas por canales cilíndricos, de tamaño y forma no uniformes [23].

Para la identificación de las fases cristalinas, los catalizadores se caracterizaron mediante la técnica de difracción de rayos X. En la Figura 3 se muestran los patrones de difracción del soporte y los

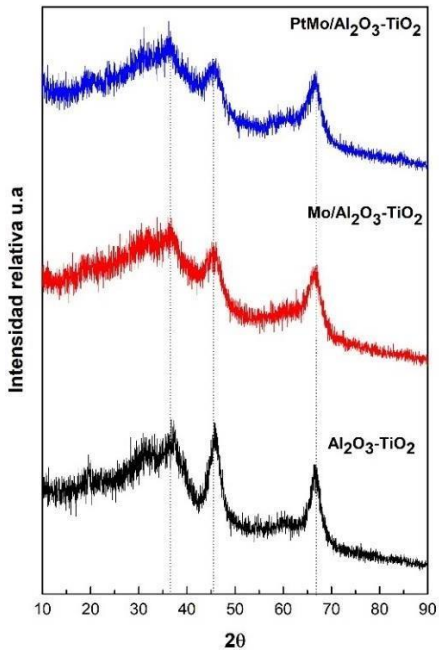


Figura 3. Difractogramas del soporte y los catalizadores sintetizados.

catalizadores Mo/Al_2O_3-TiO_2 y $PtMo/Al_2O_3$-TiO_2. Todos exhiben dos señales anchas principales en ángulos 2θ= 46 y 67° que son atribuidas a la fase γ-Al_2O_3 (JCPDS Card 29-0063), no se observan señales correspondientes a la formación de alguna fase de TiO_2, esto puede ser debido al bajo contenido y/o a la buena dispersión de las especies de titania en todos los materiales sintetizados, como se ha descrito en la literatura [11,24]. Los patrones de difracción de Mo/Al_2O_3-TiO_2 y $PtMo/Al_2O_3$-TiO_2, no muestran picos correspondientes a las fases metálicas de Pt y Mo, este hecho puede ser atribuido a factores tales como: el bajo contenido metálico utilizado en la síntesis de los materiales, o a la ausencia de especies aglomeradas de molibdeno y platino, así como de las especies de aluminio y titanio, evidenciando la buena dispersión de los metales sobre la superficie porosa del soporte [10].

Para analizar el tipo de coordinación de los iones metálicos de los catalizadores, se empleó la espectroscopia de reflectancia difusa UV-vis. Mediante esta técnica, se obtuvo información relacionada con la dispersión de TiO_2 en Al_2O_3. En el espectro de ERD del soporte, se observaron bandas de absorción anchas con máximos entre 230 y 280 nm que son atribuidas a la transferencia de carga metal-ligante (TCML) entre el ligante O^{2-} y los cationes titanio (IV). De acuerdo a la literatura [25], la posición de esta banda y la correspondiente energía de banda prohibida (band gap Eg= 3.9 eV) puede estar asociada a la presencia de átomos de Ti aislados con coordinación tetraédrica en el óxido Al_2O_3-TiO_2. Asimismo, el hombro en aproximadamente 250 nm indica la presencia de especies de Ti con coordinación octaédrica. No se detectaron señales atribuidas a alguna fase de TiO_2 como se puede apreciar en la Figura 4. Este análisis confirma que las especies existentes de titanio, se encuentran bien dispersas en el soporte, lo cual está en concordancia con los resultados de DRX. Se sabe que las especies de Mo^{6+} tienen una configuración electrónica d^0 y, por consiguiente, solo una absorción debida a la TCML de O^{2-} a Mo^{6+} que debe ser observada en el rango de 200-400 nm. En el caso de del análisis de reflectancia difusa de Mo/Al_2O_3-TiO_2 y $PtMo/Al_2O_3$-TiO_2, se observan señales de absorción entre 200 y 280 nm, Figura 4. Sin embargo, es difícil llevar a cabo la asignación exacta de estas bandas para las transiciones por TCML de O^{2-} a Mo^{6+} o de O^{2-} a Ti^{4+}, debido a que ambas toman lugar en el mismo intervalo de longitud de onda.

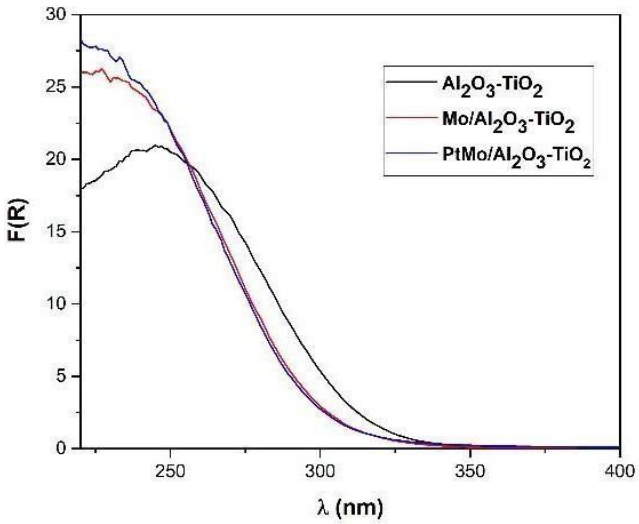


Figura 4. Espectro de ERD UV-vis del soporte Al_2O_3-TiO_2 y los catalizadores soportados de Mo y PtMo

De la misma manera, se sabe que las energías de "*band gap*" pueden estar relacionadas con la transformación de fases cristalinas; es así, como se ha determinado que cuando una especie de Mo se transforma de una fase amorfa a una cristalina, origina un incremento en la energía de banda prohibida E_g. La Tabla 3, muestra las energías de banda prohibida para los catalizadores Mo/Al_2O_3-TiO_2, $PtMo/Al_2O_3$-TiO_2 y el soporte. Se asumen transiciones electrónicas permitidas e indirectas. Los resultados muestran que no hay cambios significativos entre los tres sistemas. Por lo que estos datos no pueden ser explicados en términos de transformación de fases, pero si puede atribuirse a la

presencia de iones aislados de Ti^{4+} sobre la superficie del soporte como ha sido descrito por algunos autores [26] y que es coincidente con los datos obtenidos de DRX y ERD-UV-vis.

Tabla 3. "*Band Gap*" de las muestras obtenidas a partir de los espectros de absorción UV-vis.

Catalizador	"*Band Gap*" (eV)
Al_2O_3-TiO_2	3.90
Mo/Al_2O_3-TiO_2	3.93
$PtMo/Al_2O_3$-TiO_2	3.95

Trabajo a futuro

Se pretende llevar a cabo la síntesis del catalizador $PtMo/Al_2O_3$-TiO_2 por el método de impregnación en fase vapor, con la finalidad de conocer el efecto del método de preparación en el desempeño y selectividad catalítica en la reacción de HDS de DBT.

Conclusión

Del análisis de los resultados de este trabajo, se puede concluir que cuando el Pt actúa como promotor de la fase MoS_2 del sistema bimetálico PtMo, favorece la selectividad hacia la ruta de DDS en la reacción de HDS del DBT. Además, la proporción de Pt:Mo usada en esta reacción fue la óptima para la transformación de casi el 90% de DBT a bifenilo.

Agradecimientos

Se agradece el apoyo financiero al Programa para el Desarrollo Profesional Docente (PRODEP-SEP;511-6/18-8661).

Referencias

[1] C. Yang, F. Du, H. Zheng, K. Chung, "Hydroconvertion characteristics and kinetics of residue narrow fractions", Fuel, vol. 84, pp 675-684, 2005. doi.org/10.1016/j.fuel.2004.03.018

[2] J.H. Gary, G.E.Handwerk, & M.J. Kaiser, "Petroleum refining technology and economics", United States of America: Editorial CRC Press, 2007.

[3] SEMARNAT, Norma Oficial Mexicana NOM- 086-SEMARNAT-SENER-SCFI-2005, Especificaciones de los combustibles fósiles para la protección ambiental, Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales, Diario Oficial de la Federación, 2006.

[4] H. Topsoe, B.S. Clausen, F.E. Massoth, "Catalysis Science and Technology", vol. 11, Editorial Springer, New York, USA, 1996

[5] F. Bataille, J.L. Lemberton, P. Michaud, G. Pérot, M. Vrinat, M. Lemaire, E. Schulz, M. Breysse, S. Kasztelan, "Alkyldibenzothiophenes Hydrodesulfurization-Promoter Effect, Reactivity, and Reaction Mechanism", J. Catal, vol. 191, pp 409-422, 2000. doi.org/10.1006/jcat.1999.2790

[6] J. Mijoin, G. Pérot, F. Bataille, J.L. Lemberton, M. Breysse, S. Kasztelan, "Mechanistic considerations on the involvement of dihydrointermediates in the hydrodesulfurization of dibenzothiophene-type compounds over molybdenum sulfide catalysts", Catal, Lett.: 71(3-4), pp 139-145, 2001. Doi.org/10.1023/A:1009055205076.

[7] T. Mochizuki, H. Itou, M. Toba, Y. Miki, Y. Yoshimura, "Effects of Acidic Properties on the Catalytic Performance of CoMo Sulfide Catalysts in Selective Hydrodesulfurization of Gasoline Fractions", Energy Fuels 22, pp 1456-1462, 2008. doi.org/10.1021/ef700644e.

[8] I.R. Galindo, J.A. de los Reyes, "Effect of alumina–titania supports on the activity of Pd, Pt and bimetallic Pd–Pt catalysts for hydrorefining applications", Fuel Process, Technol. 88, pp 859-863, 2007. Doi.org/10.1016/j.fuproc.2007.04.005.

[9] S. Nuñez, A. Montesinos-Castellanos, T.A. Zepeda, J.A. los Reyes, "Performance and S resistance of novel supported PdPt catalysts on Al2O3–TiO2 material in hydrogenation of biphenyl". Mater. Res. Innovations 12, pp 55, 2008. doi.org/10.1179/143307508X270785E

[10] A. Aguirre-Gutiérrez, J.A. Montoya de la Fuente, de los Reyes, P. Del Angel, A. Vargas, "Palladium effect over Mo and NiMo/alumina–titania sulfided catalysts on the hydrodesulfurization of 4,6-dimethyldibenzothiophene", J. Molec. Catal A: Chem. 346, pp 12–19, 2011. Doi.org/10.1016/j.molcata.2011.06.005

[11] G. Wan, A. Duan, Z. Zhao, G. Jiang, D. Zhang, R. Li, T. Dou, K.H. Chung, "Al2O3-TiO2/Al2O3-TiO2-SiO2 Composite-Supported Bimetallic Pt-Pd Catalysts for the Hydrodearomatization and Hydrodesulfurization of Diesel Fuel", Energy & Fuels, 23, pp 81–85, 2009.

[12] W. Zhou, L. Yang, L. Liu, Z. Chen, A. Zhou, Y. Zhang, X. He, F. Shi, Z. Zhao, "Synthesis of novel NiMo catalysts supported on highly ordered TiO2-Al2O3 composites and their superior catalytic performance for 4,6-dimethyldibenzothiophene hydrodesulfurization", Appl. Catal. B: environ. 268, pp. 118, 2020.Doi.org/10.1016/j.apcatb.2019.118428

[13] D. Gulková, Y. Yoshimura, Z. Vít, "Mesoporous silica–alumina as support for Pt and Pt–Mo sulfide catalysts: Effect of Pt loading on activity and selectivity in HDS and HDN of model compounds", Appl. Catal. B: Environ, pp 87, 2009. Doi.org/10.1016/j.apcatb.2008.09.004.

[14] Y. Yoshimura, M. Toba, T. Matsui, M. Harada, Y. Ichihashi, K.K. Bando, H. Yasuda, H. Ishihara, Y. Morita, T. Kameoka, "Active phases and sulfur tolerance of bimetallic Pd–Pt catalysts used for hydrotreatment", Appl. Catal. A: Gen. 322, pp 152, 2007. Doi.org/10.1016/j.apcata.2007.01.009

[15] R.M. Navarro, P. Castaño, M.C. Álvarez-Galván, B. Pawelec, "Hydrodesulfurization of dibenzothiophene and a SRGO on sulfide Ni(Co)Mo/Al2O3 catalysts". Effect of Ru and Pd promotion. Catal. Today 143, pp 108, 2009. Doi.org/10.1016/j.cattod.2008.08.038.

[16] T. Klimova, P. Mendoza Vara, I. Puente Lee, "Development of new NiMo/γ-alumina catalysts doped with noble metals for deep HDS". Catal. Today 150, pp 171, 2010. Doi.org/10.1016/j.cattod.2009.08.003.

[17] J.A. Montoya de la Fuente, A. Aguirre-Gutiérrez, J.A. de los Reyes, P. del Angel, A. Vargas, "Palladium effect over Mo and NiMo/alumina–titania sulfided catalysts on the hydrodesulfurization of 4,6-dimethyldibenzothiophene". Molecular Catalysis A: Chemical 346, pp 12-19, 2011. DOI: 10.1016/j.molcata.2011.06.005.

[18] M.J.B. Souza, A.M. Garrido Pedrosa, J. A. Cecilia, A. M. Gil-Mora, E. Rodríguez-Castellón, "Hydrodesulfurization of dibenzothiophene over PtMo/MCM-48 catalysts", Catalysis Communications,Volume 69, pp 217-222, 2015. Doi.org/10.1016/j.catcom.2015.07.004.

[19] J.N. Díaz de León Hernández, "Efecto del soporte Ga-Al2O3 en catalizadores WS2 y NiWS para hidrodesulfuración" (Doctorado). Universidad Autónoma de México, 2010.

[20] L. Meriño, A. Centeno, S.A. Giraldo, "Influence of the activation conditions of bimetallic catalysts NM–Mo/γ-Al2O3 (NM=Pt, Pd and Ru) on the activity in HDTreactions", Appl. Catal. A: Gen.: 197(1),pp 61-68, 2000. Doi.org/10.1016/S0926-860X(99)00533-5.

[21] M.H. Pinzón, A. Centeno, S.A. Giraldo, "Role of Pt in high performance Pt-Mo catalysts for hydrotreatment reactions", Appl. Catal. A: Gen.: 302(1), pp 118-126, 2006. Doi.org/10.1016/j.apcata.2005.12.024

[22] Y. Chang-long, Z. Xi-ping, Z. Lei-yan, L. Chen-guang, "Mechanism of Hydrodesulfurization of dibenzothiophenes on unsupported NiMoW catalyst". Journal of Fuel Chemistry and Technology, 41, pp 991-997, 2003. Doi.org/10.1016/S1872-5813(13)60043-2

[23] J.M. Esparza-Schulz, "Aspectos Mecanísticos de la Fisisorción de Nitrógeno". Cd. De México, México: Academia de Catálisis de México (ACAT), 2014.

[24] J.C. Morales-Ortuño, T.E. Klimova, "Development of new hydrodesulfurization NiMo catalysts supported on Al2O3-TiSBA-15 hybrid materials", Fuel, 198, pp 99-109. Doi.org/10.1016/j.fuel.2017.01.007.

[25] Z. Luan, E.M. Maes, V.H. PAW, D. Zhao, R.S. Czernuszewicz, L. Kevan, "Incorporation of titanium into mesoporous silica molecular sieve SBA-15", Chem Mater 11, 3680–6,1999. Doi.org/10.1021/cm9905141.

[26] P.J. Vázquez-Salas, R. Huirache-Acuña,T.A. Zepeda, G. Alonso-Núñez, R. Maya-Yescas, N.Mota, B Pawelec, "Enhancement of dibenzothiophene hydrodesulphurization via hydrogenation route on NiMoW catalyst supported on HMS modified with Ti", Catal. Today. 305, pp 65-74. Doi.org/10.1016/j.cattod.2017.10.005.

Efecto de la adición de fécula de malanga (*Colocasia esculenta*) en jamón cocido

G. Carrera Alvarado[1], A. S. Hernández-Cázares[1], M. A. Ríos-Corripio[2], J. V. Hidalgo-Contreras[1], J. Velasco-Velasco[1],*
[1]Colegio de Postgraduados, Campus Córdoba, Km 348 Carretera Federal Córdoba-Veracruz, Congregación Manuel León, Amatlán de los Reyes, C.P. 94946 Veracruz, México
[2]CONACYT-Colegio de Postgraduados, Campus Córdoba, Km 348 Carretera Federal Córdoba-Veracruz, Congregación Manuel León, Amatlán de los Reyes, C.P. 94946 Veracruz, México
**aleyse@colpos.mx*

Área de participación: Ingeniería Química

Resumen

En este estudio se elaboró jamón cocido de cerdo adicionado con fécula de malanga (FM) sustituyendo parcialmente la mezcla de retenedores de una unidad comercial en 0, 12.5, 25 y 50%. Para ello se evaluó el rendimiento, perfil de textura y propiedades fisicoquímicas (pH, acidez y humedad) durante su almacenamiento en refrigeración por 16 días. Los resultados demostraron que la adición de la FM influyó significativamente en el pH y acidez del jamón; la humedad no mostró cambio durante el almacenamiento y se encontró dentro de los parámetros de calidad establecidos para el jamón cocido. La dureza, gomosidad y masticabilidad disminuyó al incrementar la adición de FM; mientras que la elasticidad aumentó. Un efecto contrario se observó durante el almacenamiento en refrigeración. Los resultados ratifican el potencial de la FM como retenedor de agua, sustituto no convencional de fécula e ingrediente nutritivo y funcional en la elaboración de jamón cocido.

Palabras clave: *Colocasia esculenta, emulsión, perfil de textura, jamón cocido*.

Abstract

In this study, cooked pork ham was added with malanga starch (FM), partially replacing the retainer mix of a commercial unit in 0, 12.5, 25, and 50%. For this, the performance, the texture profile, and physicochemical properties (pH, acidity, and moisture) were evaluated during storage in refrigeration for 16 days. The results showed that the pH and acidity were significantly influenced by the addition of FM; the moisture showed no change during storage and this was within the quality parameters established for cooked ham. Hardness, gumminess, and chewiness decreased with increasing FM addition; while that the elasticity increased. An opposite effect was observed during refrigerated storage. The results confirm the potential of FM as a water retainer, an unconventional substitute for starch, and a nutritional and functional ingredient in the elaboration of cooked ham.

Key words: *Colocasia esculenta, emulsion, texture profile analysis, cooked ham.*

Introducción

El jamón cocido es uno de los productos cárnicos más importantes desde el punto de vista nutricional, gastronómico y económico [1]. En su formulación, el agua añadida es el segundo ingrediente de importancia después de la carne, por lo que se busca mantenerla dentro del producto. Para ello se utilizan diversos aditivos no cárnicos como la carragenina, féculas, aislados proteicos, entre otros; los dos primeros, son polisacáridos naturales con alto poder gelificante, característica que los hace excelentes captadores y retenedores de agua. Las féculas y aislados proteicos, además de tener una elevada capacidad de retención de agua y dar estabilidad a las emulsiones cárnicas son económicos dependiendo de la fuente de extracción [2].

La malanga (*Colocasia esculenta*) es un tubérculo comestible tropical que pertenece a la familia monocotildónea Araceae. Presenta un elevado contenido de carbohidratos y proteínas; así como un importante contenido de minerales como calcio, hierro y zinc, vitaminas hidrosolubles como la C y vitaminas del complejo B, tales como la B1 y la B3 [3]. Aboubakar [4] mencionan que el componente más importante de la malanga es el almidón (73-80%), denominado fécula para este tipo de tubérculo, y lo consideran como altamente digerible y nutricional.

También se ha reportado que este almidón se caracteriza por tener alto contenido de amilosa, alta gelatinización endotérmica, solubilidad, capacidad de emulsificación y mayor resistencia a las condiciones de procesamiento; lo que sugiere pueda tener muchas aplicaciones en la industria alimentaria [5, 6].

El almidón por sus características y múltiples aplicaciones en la industria alimentaria es uno de los carbohidratos más utilizados [7]. En la industria cárnica, los almidones se utilizan para retener el agua y mejorar las características de textura; por lo que, se añaden a emulsiones cárnicas como aglutinantes, para reducir costos de formulación, aumentar el rendimiento, disminuir la pérdida por cocción y mejorar las características sensoriales [8]. Resconi [9] sugieren que el mecanismo de acción del almidón consiste en atrapar las moléculas de agua extra-miofibrilar y formar estructuras de gel con el almidón; mientras que, aditivos como los fosfatos, retienen el agua miofibrilar debido al aumento en el pH muscular y la fuerza iónica.

En este sentido diversos autores reportan que la adición de féculas de materiales vegetales como malanga [10], papa y arroz [9, 11], reducen la pérdida por cocción en productos cárnicos como salchicha y jamón. Incluso se ha demostrado que, la inclusión de almidones resistentes como sustitutos de grasa en salchichas disminuyen el contenido calórico sin afectar su composición y textura [12]; o la adición de almidones modificados en hamburguesas de pescado mejoran la estabilidad oxidativa y fisicoquímica durante el almacenamiento a 0°C [13]. Todo esto encaminado a buscar el desarrollo de nuevos productos cárnicos con beneficio potencial para la salud mediante la incorporación de ingredientes funcionales, manteniendo la calidad del producto y dando valor agregado a cultivos no convencionales [13, 14].

Por lo que, el objetivo de este estudio fue evaluar el efecto de la inclusión de fécula de malanga (*Colocasia esculenta*) en tres diferentes concentraciones sobre el rendimiento, perfil de textura y propiedades fisicoquímicas del jamón cocido.

Materiales y métodos

Materiales

La fécula a utilizar en este estudio se extrajo de malangas (*Colocasia esculenta*) de la región de Huatusco Veracruz, mediante el método establecido por Torres-Rapelo [10] con algunas modificaciones. La fécula obtenida se caracterizó y se tuvo las siguientes características fisicoquímicas: proteína (1.63%), fibra cruda (5.21%), azúcares reductores directos (1.66%) azúcares reductores totales (1.71%), pH (6.05), humedad (12.77%), cenizas (0.81%), a_w (0.32) y una temperatura de gelatinización alrededor de 73°C.

Elaboración de jamón cocido

El jamón cocido se elaboró de forma comercial con carne de pierna de cerdo sin grasa. Para la salmuera de curado se utilizó una unidad para jamón comercial, compuesta por fosfatos (1.96%), nitritos (2.08%), mezcla de condimentos (12.72%), mezcla de retenedores (83.24%) y agua/hielo en una relación1:1 respecto al peso de la carne. La mezcla de retenedores fue sustituida por la fécula de malanga (FM) en un 0 (Control), 12.5 (F1), 25.0 (F2) y 50.0% (F3) (P/P). La carne se trituró y se mezcló con la salmuera de acuerdo a cada formulación, en una mezcladora LOMAQ® RM-40 con 5 ciclos de masajeo (10 min en operación y 10 min en fase de reposo), y posterior reposo en refrigeración (2-4°C) por 12 horas. La mezcla se colocó en los moldes de 1 Kg y se procedió a la cocción en un baño María a 80°C, hasta alcanzar una temperatura interna del producto de 72°C, se enfrió a temperatura ambiente y el jamón cocido se mantuvo en refrigeración a 4°C. Los análisis fisicoquímicos se realizaron a los 0, 4, 8, 12 y 16 días de almacenamiento.

Análisis fisicoquímicos

Rendimiento (%). El rendimiento de jamón cocido se determinó por diferencia de peso de la pasta y el jamón cocido. Se calculó utilizando la ecuación 1 y se expresó en porcentaje (%).

$$R = \frac{Peso\ pasta - Peso\ de\ cocción}{Peso\ pasta} * 100 \qquad (1)$$

pH: El pH se midió con un potenciómetro Orion 3 star Thermo Scientific. Una muestra de jamón cocido (10 g) se homogenizó con 90 mL de agua destilada, la disolución se filtró con una gasa para eliminar partículas grandes y se tomó la lectura según el método establecido por Trout [15].

Acidez: La determinación de acidez se realizó en 10 g de muestra, se homogenizó con 90 mL de agua destilada, se filtró a través de una gasa y se aforó a 250 mL. Posteriormente se tomó una alícuota de 25 mL, se añadió 75 mL de agua destilada, se tituló con hidróxido de sodio (NaOH 0.1 N) y se usó fenolftaleína como indicador. El agua destilada se tomó como blanco y se calculó el porcentaje de ácido láctico mediante la ecuación (2).

$$\%\,\acute{a}cido\ l\acute{a}ctico = \frac{(V\ NaOH * N\ NaOH * Meq\ \acute{a}cido\ l\acute{a}ctico * f)}{g\ muestra}\ x\ 100. \qquad (2)$$

Donde: V NaOH = volumen de hidróxido de sodio gastado, N NaOH = normalidad del hidróxido de sodio, Meq ácido láctico = miliequivalente de ácido láctico, f = factor de dilución [16].

Humedad: La humedad se determinó siguiendo la metodología establecida por la AOAC [17]. Una muestra de 3 g se colocó en charolas de aluminio a peso constante, se introdujo a una estufa de secado a 60ºC durante 24 horas y posteriormente, una vez enfriada se pesó. El valor de humedad se obtuvo por diferencia de peso con respecto al peso inicial y se expresó en porcentaje (%).

Análisis de Perfil de Textura (TPA)

EL TPA se realizó según el método establecido por Bourne, [18]. Con un cortador de acero inoxidable, se tomaron seis muestras de 15 mm de diámetro y 20 mm de altura de cada formulación. La determinación se realizó mediante una doble compresión de deformación, a una fuerza de carga de 5 Kg y a una velocidad de la cuchilla de 1 mm seg^{-1}, con dos ciclos de compresión, 50% y 25%, simulando el proceso de masticación en un Texturómetro Shimadzu EZ-SX con el programa TRAPEZIUM Rheometer.

Análisis estadístico. Se utilizó un diseño completamente al azar con arreglo factorial A x B, siendo A el nivel de sustitución de FM (0, 12.5, 25 y 50%) y B el factor tiempo de almacenamiento (0, 4, 8, 12 y 16 días). Los datos se analizaron mediante un ANOVA con Minitab versión 19. La comparación de medias se realizó con la prueba Tukey a un nivel de significancia de $\alpha = 0.05$. El análisis de las variables respuesta se realizó por triplicado.
Se hizo un análisis de regresión lineal múltiple en Minitab versión 19, en el que se asociaron las variables independientes X1 (FM) y X2 (tiempo), con las variables respuesta TPA, dando así cuatro ecuaciones de regresión lineal con sus respectivos coeficientes de determinación (R^2) e intervalos de confianza del 95%.

Resultados y discusión

Propiedades fisicoquímicas

En la Tabla 1 se observa que, el rendimiento de las formulaciones con FM disminuyó comparado con la formulación control; sin embargo, esta disminución tiende a ser menor cuando se aumenta el porcentaje de sustitución FM. La F3 difiere por debajo del control únicamente con seis puntos porcentuales.

Cabe mencionar que, en este estudio, la fécula de malanga sustituyó a la mezcla de retenedores de la unidad comercial para elaboración de jamón cocido. Este grupo de retenedores está compuesto por fécula de papa, proteína aislado de soya y carragenina, en conjunto potencian el rendimiento de la emulsión, ya que, los biopolímeros de proteínas y polisacáridos exhiben mayores propiedades funcionales que en lo individual [19]. Sin embargo, aun cuando el jamón cocido con FM evidenció menor rendimiento, se observó que la FM puede captar un 50% más de agua de la formulación probada (datos no mostrados), lo que posiblemente compensaría él rendimiento deseado. Ríos [20] reafirman la buena capacidad de absorción de agua de la FM, un índice de solubilidad de agua del 8.34% y un poder de hinchamiento de 3.85 $g_{agua}\ g^{-1}_{muestra}$. Torres-Rapelo [10] reportaron que es posible reemplazar la harina de trigo, utilizada como sustancia de relleno, por almidón de malanga de las variedades blanca y morada en proporciones 50-50%, para disminuir la pérdida por cocción en salchichas tipo Frankfurt, sin afectar negativamente la aceptabilidad del producto por el consumidor.

Los jamones cocidos de la F2 y F3 tuvieron valores de pH y acidez significativamente diferentes $(p = 0.001)$ al control (Tabla 1). Al aumentar el contenido de adición de FM se observa una disminución en el pH; lo cual, se relaciona con un ligero aumento en la acidez. Este comportamiento se puede atribuir a la naturaleza propia de la FM (acidez 0.25%, pH 6.05); sin embargo, se reportan valores de acidez de hasta 0.70 y pH similar al de las formulaciones estudiadas (6.5) para jamones cocidos comerciales [21]. El porcentaje de humedad fue similar en las cuatro formulaciones con un valor promedio de 43.5%. De acuerdo a las especificaciones fisicoquímicas para el jamón cocido de la NOM-158-SCFI-2003 [22], el porcentaje máximo de humedad permitido es del 76% para jamones comerciales, por lo que las formulaciones propuestas están dentro de este parámetro.

Tabla 1. Análisis fisicoquímicos y de perfil de textura de jamón cocido adicionado con diferentes concentraciones de fécula de malanga (*Colocasia esculenta*) almacenado en refrigeración, valores medios de los tratamientos + SD.

Variable respuesta	Nivel de adición de fécula de malanga			
	Control	F1	F2	F3
Rendimiento (%)	100	92.39	93.22	94.64
pH	6.53±0.02[a]	6.517±0.030[a]	6.501±0.039[b]	6.443±0.026[c]
Acidez (%)	0.182±0.025[b]	0.178±0.018[b]	0.193±0.021[a]	0.202±0.018[a]
Humedad (%)	43.461±2.02[a]	43.525±2.10[a]	43.504±1.75[a]	43.425±1.76[a]
Dureza (N)	28.228±3.35[a]	27.043±4.21[a]	25.085±3.87[b]	21.201±1.91[c]
Gomosidad (N)	1.115±0.600[a]	0.753±0.451[b]	0.721±0.036[b]	0.182±0.173[c]
Masticabilidad (N/cm)	0.607±0.308[a]	0.425±0.232[b]	0.410±0.196[b]	0.128±0.121[c]
Elasticidad (cm)	0.519±0.137[b]	0.532±0.185[b]	0.547±0.151[b]	0.655±0.201[a]

Medias con distinta letra en la misma hilera son estadísticamente diferentes (Tukey, $p < 0.05$). F0 = control, F1 = 12.5% FM, F2 = 12.5% FM, F3 = 25% FM y F4 = 50% FM.

Análisis de Perfil de Textura (TPA)

El contenido de adición de FM influyó significativamente $(p = 0.0001)$ sobre los componentes del TPA de los jamones cocidos evaluados. La dureza se redujo $(p = 0.0001)$ un 11 y 25% en la F2 y F3, respectivamente, comparada con el control. La gomosidad y masticabilidad tuvieron un comportamiento similar, en F1 y F2 se redujeron $(p = 0.0001)$ un 30%; mientras que, F3 un 80%. En cuanto a la elasticidad, ésta incrementó al aumentar el contenido de FM, siendo F3 significativamente mayor (26%) que el control (Tabla 1). Estos resultados se atribuyen a la retención de agua por parte de la FM. Resconi [10] reportaron un comportamiento similar en el TPA de jamón cocido a medida que la concentración de almidón de arroz aumentó y se atribuye al gel formado entre el almidón y el agua libre. Crehan [23] afirmaron que, el uso de almidones en productos cárnicos tiene la habilidad de estabilizar la emulsión cárnica debido a una mayor retención de líquidos, lo que les confiere jugosidad y terneza.

El análisis de varianza también mostró diferencia significativa $(p = 0.0001)$ en el factor tiempo; por lo que, se realizó un análisis de regresión lineal múltiple para asociar las variables independientes X_1 (fécula de malanga) y X_2 (tiempo) en el perfil de textura. Se observó que, la dureza tuvo una tendencia directamente proporcional al tiempo de almacenamiento (Figura 1a). González [24] reportan un aumento en la dureza de jamón cocido a medida que transcurre el tiempo de almacenamiento y lo atribuyen al agua que emerge de las estructuras celulares de la carne y a la emulsión constituida por moléculas de proteína vegetal, almidón y retenedores. La gomosidad y masticabilidad, al ser atributos dependientes de la dureza [25] también se vieron influenciados por el tiempo (Figuras 1b y 1c), con una tendencia similar; mientras que, la elasticidad mostró un efecto contrario (Figura 1d), este comportamiento se atribuye a que, al aumentar la rigidez del jamón, disminuye su capacidad para recuperar su forma inicial; es decir, disminuye la elasticidad del mismo.

Estudios similares reportan que la adición de almidón resistente como sustituto de grasa en formulaciones para salchicha, mantuvo la textura, [12], la aplicación al 5% de almidón modificado en hamburguesas de pescado trucha arcoíris mejoró la calidad de la textura y la estabilidad fisicoquímica y oxidativa durante el tiempo de almacenamiento (21 días a 0°C); por lo que, aumentó la aceptabilidad por parte de los consumidores [13]. La interacción entre 2.456% de almidón + 2.216% de almidón resistente y 1.328% de β-glucano en la formulación de salchichas mejoró la aceptabilidad, el rendimiento por cocción, la dureza y la pérdida de fritura [26].

 ISSN 2007-8102

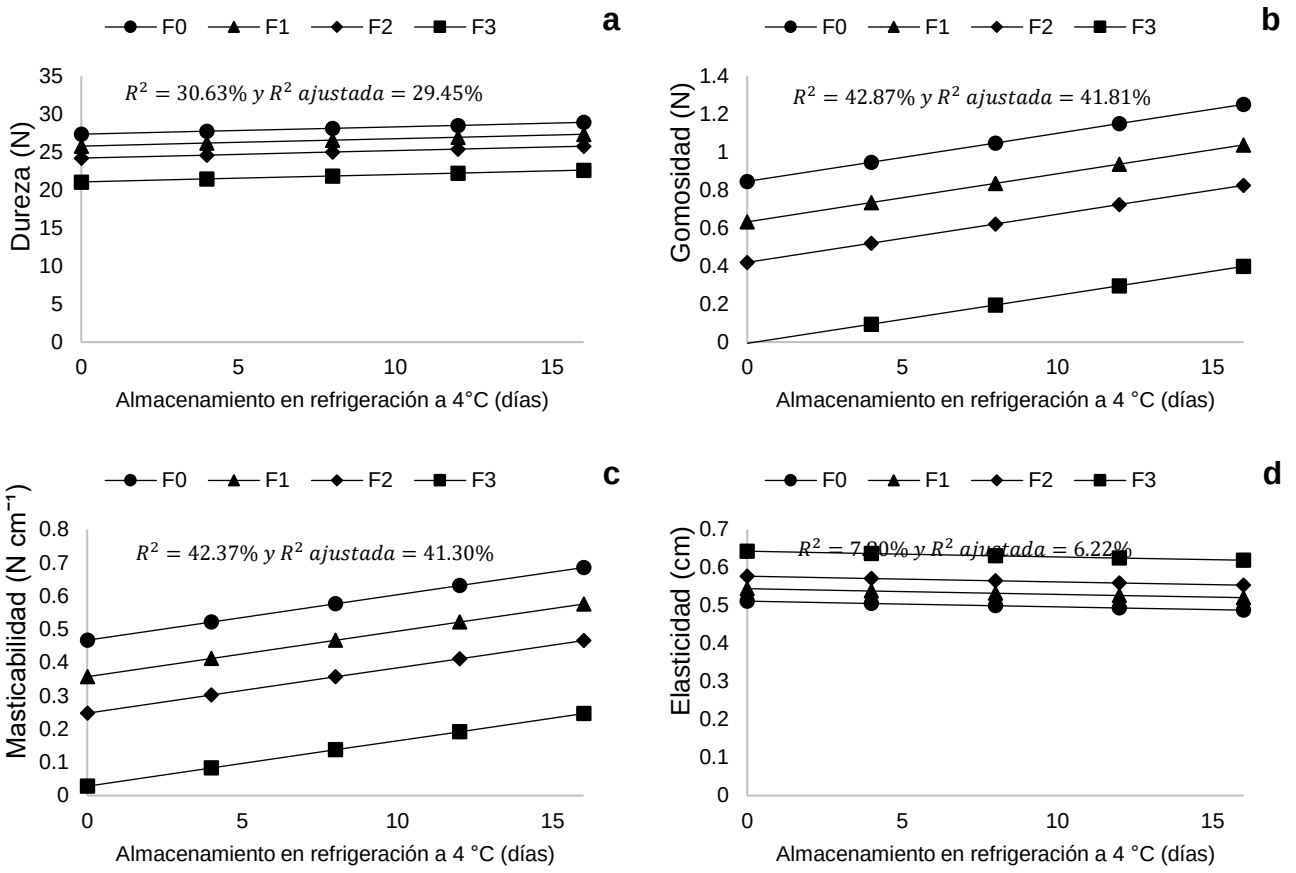


Figura 1. Análisis de regresión lineal múltiple del perfil de textura de jamón cocido adicionado con fécula de malanga, almacenado en refrigeración durante 16 días: a) dureza, b) elasticidad, c) gomosidad y d) masticabilidad. F0 = control, F1 = 12.5% FM, F2 = 12.5% FM, F3 = 25% FM y F4 = 50% FM. Análisis de regresión lineal múltiple: $\boldsymbol{Dureza = 27.36 - 0.873X_1 + 0.0974X_2}$, $\boldsymbol{Gomosidad = 0.8459 - 0.1184X_1 + 0.02533X_2}$, $\boldsymbol{Masticabilidad = 0.4673 - 0.061X_1 + 0.01366X_2}$, $\boldsymbol{Elasticidad = 0.5177 + 0.01825X_1 - 0.00148X_2}$.

Trabajo a futuro

Este trabajo puede continuar con la optimización de adición de la fécula de malanga y con estudios sensoriales para evaluar la aceptación del consumidor de las nuevas formulaciones de jamón cocido.

Conclusiones

Las formulaciones propuestas mejoraron la textura del jamón cocido sin afectar las propiedades fisicoquímicas del mismo. Los resultados obtenidos prueban que la fécula de malanga puede considerarse como un ingrediente no cárnico retenedor en la elaboración de productos cárnicos cocidos con características similares a una a mezcla de retenedores comerciales. Además de potenciar su valor nutritivo y funcional; así como dar valor agregado a almidones o féculas extraídos de cultivos no convencionales de la región.

Referencias

[1] C. Vasilopoulos, L. De Vuyst and F. Leroy, “Shelflife Reduction as an Emerging Problem in Cooked Hams Underlines the Need for Improved Preservation Strategies,” *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, vol. 55, no. 10, pp. 1425-1443, 2015.

[2] L. Freixanet, “Aditivos e ingredientes en la fabricación de productos cárnicos cocidos de músculo entero,”. *Metalquimia*, pp. 27-41, 2010.

[3] A. Púa, G. E. Barreto, J. L. Zuleta y O. D. Herrera, "Análisis de Nutrientes de la Raíz de la Malanga (*Colocasia esculenta* Schott) en el Trópico Seco de Colombia," *Información Tecnológica*, vol. 30, pp. 69-76, 2019.
[4] Y. Aboubakar, N. Njintang, J. Scher, and C. M. F. Mbofung, "Physicochemical, thermal properties and microstructure of six varieties of taro (*Colocasia esculenta* L. Shott) flours and starches," *Journal of Food Engineering*, vol. 86, pp. 294-305. 2008.
[5] L. M. Nwokocha, N. A. Aviara, C. Senan, and P. A. Williams, "A comparative study of some properties of cassava (*Manihot esculenta*, Crantz) and coyocam (*Colocasia esculenta*, Linn) starches," *Carbohydrate Polymers*, vol. 76, pp. 362-367, 2009.
[6] A. R. Torres, P. Montero y M. Duran, "Propiedades fisicoquímicas, morfológicas y funcionales del almidón de malanga (*Colocasia esculenta*)," *Revista Lasallista de Investigación*, vol. 10, pp. 52-61, 2013.
[7] M. Cobana, and R. Antezana, "Proceso de extracción de almidón de yuca por vía seca," *Revista Boliviana de Química*, vol. 24, pp. 78-84, 2007.
[8] H. M. Baranowska, and R. Rezler, "Emulsions stabilized using potato starch", *Food Science and Biotechnology*, vol. 24, no. 4, pp. 1187–1191, 2015.
[9] V. C. Resconi, D. F. Keenan, S. Gough, L. Doran, P. Allen, J. P. Kerry, and R. M. Hamill, "Response surface methodology analysis of rice starch and fructo-oligosaccharides as substitutes for phosphate and dextrose in whole muscle cooked hams," *LWT - Food Science and Technology*, vol. 64, no. 2, pp. 946–958, 2015.
[10] A. L. Torres-Rapelo, P. M. Montero-Castillo, y L. C. Julio-González, "Utilización de almidón de malanga (*Colocasia esculenta* L.) en la elaboración de salchichas tipo Frankfurt," *Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*, vol. 12, pp. 97-105, 2014.
[11] V. C. Resconi, D. F. Keenan, E. García, P. Allen, J. P. Kerry, and R. M: Hamill, "The effects of potato and rice starch as substitutes for phosphate in and degree of comminution on the technological, instrumental and sensory characteristics of restructured ham," *Meat Science*, vol. 121, pp. 127–134, 2016.
[12] M. de S. L. Garcia-Santos, F. S. Conceição, F. Villas-Boas, B. M. Salotti de Souza, and A. C. Barretto, "Effect of the addition of resistant starch in sausage with fat reduction on the physicochemical and sensory properties," *Food Science and Technology*, vol. 39, pp. 491-497, 2019.
[13] V. J. Acosta-Pérez, P. B. Zamudio-Flores, J. D. J. Ornelas-Paz, H. M. Palma-Rodríguez, J. Juárez-Muñoz, and A. Vargas-Torres, "Effects of native and modified starches on the physicochemical and textural properties of rainbow trout (Oncorhynchus mykiss) fish burgers," *CyTA - Journal of Food*, vol. 17, pp. 207–213, 2019.
[14] B. M. Bohrer, "An investigation of the formulation and nutritional composition of modern meat analogue products," *Food Science and Human Wellness*, vol. 8, pp. 320-329, 2019.
[15] G. R. Trout, "Variation in myoglobin denaturation and color of cooked beef, pork, and turkey meat as influenced by pH, sodium chloride, sodium tripolyphosphate, and cooking temperature," *Journal of Food Science*, vol. 54, no. 3, pp. 536–540,1989.
[16] AOAC, Acidez titulable, 947.05. In Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemist (AOAC). 15th, Ed. Washington DC, 1990.
[17] AOAC, Moisture content. 950.46. In Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemist (AOAC). 17th, Ed. Gaithersburgh, Maryland: Association of Official Analytical Chemists. 2000.
[18] M.C. Bourne, "Relation between texture and mastication," *Journal of Texture Studies*, vol. 35, no. 2, pp. 125-143, 2007.
[19] S. Wang, J. Yang, G. Shao, J. Liu, J. Wang, L. Yang, J. Li, H. Liu, D. Zhu, Y. Li, and L. Jiang, "pH-induced conformational changes and interfacial dilatational rheology of soy protein isolated/soy hull polysaccharide complex and its effects on emulsion stabilization," *Food Hydrocolloids*, vol. 109, pp. 10675, 2020.
[20] Ríos Corripio, M. A., A. S. Hernández, M. Rangel, y M. Rojas, "Obtención de almidón de malanga (*Colocasia esculenta*) como ingrediente alimenticio alternativo," *Academia Journals*, pp. 777-782, 2019.
[21] C. Frontela, G. López, G. Ros, C. Martínez, "Relación entre los parámetros sensoriales, fisico-químicos e instrumentals en el jamón cocido," *An. Vet*, vol. 22, pp. 67-78, 2006.
[22] NOM-158-SCFI-2003, "Jamón-denominación y clasificación comercial, especificaciones fisicoquímicas, microbiológicas, organolépticas, información comercial y métodos de prueba," https://www.porcimex.org/NORMAS/nom-158-scfi.pdf, 2003.
[23] C.M. Crehan, E. Hughes, D. J. Troy, D. J. Buckley, "Effects of fat level and maltodextrin on the functional properties of frankfurters formulated with 5%, 12% and 30% fat," *Meat Science*, vol. 55, pp. 463-469, 2000.
[24] M. I. González, H. M. Suárez, O. L. Martínez, "Relaciones entre las características fisicoquímicas y sensoriales en jamón de cerdo durante el proceso de cocción y temperatura de almacenamiento," *Revista de la Facultad de Química Farmacéutica*, vol. 16, pp. 183-189, 2009.

[25] J. D. Torres, K. M. González, y D. C. Acevedo, “Análisis del perfil de textura en frutas, productos cárnicos y quesos,” *Revisiones de la Ciencia*, *Tecnología e Ingeniería de los Alimentos*, vol. 14, pp. 63-75, 2015.
[26] R. Amini, H. Hosseini, D. Bondarianzadeh, F. J. Colmenero, and R. khaksar, “Optimization of prebiotic sausage formulation: Effect of using β-glucan and resistant starch by D-optimal mixture design approach,” *LWT - Food Science and Technology*, vol. 62, pp. 704–710, 2015.

Efecto del campo electromagnético sobre la fermentación alcohólica mediante una levadura de *Theobroma cacao*

E. J. Melgar-Urbina[1], Y. Córdova-Bautista[1], M. E. Ojeda-Morales[1], J. G. Álvarez-Ramírez[1], W. Calderón-De la Cruz[1]*

[1]Laboratorio de Biotecnología, Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, Carretera Cunduacán-Jalpa Km 1. Colonia La Esmeralda CP 86400 Cunduacán, México.

*edwinjavier.iq@gmail.com

***Área de participación**: Ingeniería Química*

Resumen

La aplicación adecuada de campos electromagnéticos a sistemas biotecnológicos es una alternativa prometedora para optimizar los bioprocesos. En esta investigación, se estudió el efecto del campo electromagnético sobre la fermentación alcohólica utilizando una levadura (ML1) aislada del mosto de cacao forastero (*Theobroma cacao* L.). Los campos electromagnéticos estudiados fueron 1, 3 y 5 mT. Para evaluar el efecto del campo electromagnético se estableció un diseño experimental completamente aleatorizado (DCA) con un ANOVA al 95% de confianza y prueba de medias de diferencia mínima significativa (LSD). Y para determinar la tasa máxima de crecimiento (μ_{max}) de la levadura, su cinética de crecimiento fue ajustada al modelo de Gompertz modificado. Se encontraron diferencias estadísticas significativas ($p \geq 0.05$) por efecto del campo electromagnético para las μ_{max} con valores de 0.078, 0.1 y 0.09 para 1, 3 y 5 mT, respectivamente y el rendimiento máximo de etanol alcanzado fue del 47.7 % para 3 mT.

***Palabras clave**: cacao, levadura, etanol, fermentación, campo electromagnético.*

Abstract

The proper application of electromagnetic fields to biotechnological systems is a promising alternative in order to optimize bioprocesses. In this research, the effect of the electromagnetic field on alcoholic fermentation was studied using a (ML1) yeast isolated from the foreign cocoa must (Theobroma cacao L.). The studied magnetic fields were 1, 3 and 5 mT. In order to evaluate the effect of the electromagnetic field an experimental design completely randomized (DCA) was established with a 95% confidence ANOVA and the significant minimum difference test was applied (LSD). And in order to determine the maximum growth rate (μ_{max}) of the yeast, its growth kinetics was adjusted to the modified Gompertz model. Significant statistical differences were found ($p \geq 0.05$) by the effect of the electromagnetic field for the μ_{max} with values of 0.078, 0.1 y 0.09 para 1, 3 y 5 mT, respectively, and the maximum reached performance of ethanol was of 47.7% for 3 mT.

***Key words**: cocoa, yeast, ethanol, fermentation, electromagnetic field.*

Introducción

El cacao (*Theobroma cacao* L.) es una planta tropical, domesticada por las culturas prehispánicas mesoamericanas. Los mayas y aztecas además de utilizarlo como bebida también empleaban sus granos como moneda. Los Olmecas fueron los primeros que comenzaron a cultivar el cacao en México, posteriormente extendió a las poblaciones mayas (600 A.C.) y los aztecas (1400 A.C.). La planta tiene una altura promedio de 6 m, hojas relucientes de hasta 30 cm de longitud y pequeñas flores que se forman en el tronco y en las ramas. Las mazorcas de cacao tienen forma ovalada de 30 cm de largo y 10 cm de diámetro. Las semillas de cacao son de sabor amargo, color purpura o blancuzco [1]. El cacao (*T. cacao* L.) es uno de los productos agrícolas y culturales más importantes en los trópicos mexicanos [2].

De acuerdo con el Comité Sistema Producto Cacao Nacional A.C. los procesos industriales solo utilizan las semillas, desperdiciándose la pulpa, la cual puede ser utilizada para la obtención de productos como jalea de cacao, alcohol y vinagre, nata y pulpa procesada, evitando así el desperdicio de esta [3]. La pulpa de cacao contiene principalmente fructosa y glucosa en concentraciones de 40-80 mg/g, que se fermentan en alcohol, principalmente por levaduras y metabolizado por bacterias a ácido láctico, ácido acético y manitol. Los pH iniciales de la masa de la pulpa de grano de cacao son bajos (3.3 a 4.0), debido a que contiene 5-40 mg/g de ácido cítrico, lo cual favorece el crecimiento de las levaduras [4].

En la última década se ha tratado de optimizar el proceso de fermentación alcohólica variando parámetros de temperatura, pH, azúcares totales en los diferentes tipos de cacaos, aireación-oxígeno, agitación y shock térmico [5], sin embargo, una de las tecnologías que podría abaratar costos por tiempo es la aplicación de campos electromagnéticos durante la fermentación.

El efecto que los campos magnéticos ejercen sobre el crecimiento celular ha sido estudiado desde el punto de vista biofísico, pero su aplicación a la biotecnología no se ha estudiado de forma profunda [6]. Los efectos del campo electromagnético tienen una importancia medular para la industria alimentaria, ya que la mayoría de los metabolitos de interés industrial están asociados al crecimiento de los microorganismos que los producen [7]. Entre las ventajas que el uso de los campos magnéticos ofrece, se encuentran: mínima degradación de atributos organolépticos y nutricionales, menores requerimientos de energía que la empleada en procesos térmicos [8]. Con base en el conocimiento del efecto que los campos magnéticos ejercen sobre los microorganismos, resulta de interés desarrollar sistemas que, haciendo uso de los campos electromagnéticos, estimulen el crecimiento de microorganismos de importancia industrial, lo que podría redundar en la disminución de los tiempos de fermentación, aumento en los rendimientos y disminución de costos en procesos como la producción de cerveza, vino, pan, derivados lácteos, productos farmacéuticos, enzimas, entre muchos otros [6]. Por lo tanto, la presente investigación tiene como objetivo determinar el efecto del campo electromagnético en el crecimiento poblacional microbiano y en la producción de alcohol etílico sintetizado por una levadura aislada del mosto de cacao forastero (*Theobroma cacao* L.).

Metodología

Muestra

La recolección de las mazorcas de cacao forastero (*Theobroma cacao* L.) se realizó en una hacienda cacaotera ubicada en el poblado Coronel Gregorio Méndez Magaña (C-28) de Cárdenas, Tabasco, México, cuyas coordenadas geográficas son: 18°01'36.09"N y -93°30'22.39"W. Las mazorcas de cacao forastero maduras fueron seleccionadas al azar y cortadas de forma transversal con el fin de extraer las semillas. Después, se colocaron en bolsas de polietileno donde fueron previamente etiquetadas y almacenadas de manera manual y aleatoria. Posteriormente, se transportaron al laboratorio de biotecnología de la División Académica de Ingeniería y Arquitectura (DAIA) de la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco (UJAT) para su posterior procesamiento.

Identificación de la levadura ML1 a nivel celular

La cepa utilizada en esta investigación fue proporcionada por el Laboratorio de Biotecnología de la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. La cual fue reactivada en jugo de cacao para su identificación celular. La morfología celular de la cepa se analizó por microscopía electrónica de barrido (MEB), la preparación de las muestras consistió de la siguiente manera: después de lavar la biomasa 4 veces a 5,000 rpm, la biomasa sedimentada se colocó sobre una lámina de aluminio de 4 x 4 cm. Posteriormente, se fijó con glutaraldehído ($C_5H_80_2$) al 2 % y se deshidrató sucesivamente con diluciones de etanol al 30, 50, 70, 90 y 100%. Finalmente, la muestra se mantuvo en el desecador por 24 horas. Seguidamente se procedió a observar su morfología en condiciones de alto vacío y bajo voltaje en un microscopio electrónico de barrido JEOL Modelo 6010-LA [9]. Para el procesamiento de imágenes se utilizó el software InTouchScope™.

Construcción de bobina electromagnética

Se diseñó una bobina electromagnética con la finalidad de generar diferentes campos electromagnéticos (1, 3 y 5 mT). Para la construcción de la bobina se necesitó un carrete de plástico de 6 cm de alto y 5 cm de diámetro, el cual se enrolló con 3,000 vueltas de alambre de cobre calibre 18, para generar un potencial eléctrico de 30 V. Posteriormente, la inductancia y resistividad de la bobina elaborada se midió usando un medidor LCR marca BK PRECISION modelo 889A, el cual fue de 219 mH y 67.5 ohm, respectivamente. Posteriormente, se construyó una curva de calibración de campo electromagnético. Se comprobó el potencial eléctrico máximo de la bobina, el cual fue de 30 volts y esta permaneció constante. La intensidad de corriente eléctrica A (amperios), fue variando del 0.010 a 0.3 A, con intervalos de 0.010.

Diseño experimental

Para el bioensayo se estableció un diseño experimental unifactorial completamente aleatorizado (DCA), donde la variable independiente es la magnitud del campo electromagnético. Las variables dependientes (Y) son: tasa máxima de crecimiento específico, tasa de consumo de sustrato y rendimiento de alcohol etílico. Los tratamientos

fueron tres magnitudes de campo electromagnético: 1, 3 y 5 mT. A los resultados obtenidos se les aplicó la prueba ANOVA de una-vía para un nivel de confianza del 95% y para determinar la diferencia entre tratamientos se aplicó la prueba de diferencia mínima significativa (LSD). El modelo lineal bajo el que se realizó el análisis estadístico se describe como sigue:

$$Y_{ij} = \mu + \alpha_j + e_{ij} \quad (1)$$

Donde, Y_{ij} es la puntuación del i sujeto bajo el j tratamiento, μ es la media global de los datos experimentales, $\alpha_j(\mu_j - \mu)$ es el efecto del j nivel del tratamiento, e_i $(Y_{ij} - \mu_j)$ es el error experimental asociado a la i unidad experimental bajo el j tratamiento. Los datos obtenidos fueron analizados en el software MINITAB®19 Versión 19.1.0.0.

Construcción y operación de los biorreactores

Como puede observarse en la Figura 1, el bioensayo constó de tres tratamientos y tres réplicas. Por cada tratamiento se diseñó con un campo electromagnético distinto (1,3 y 5 mT). Para magnetizar el agua se usaron dos matraces erlenmeyer con capacidad nominal de 2 L, el primer matraz contenía la fuente agua destilada estéril, y ensamblada en la boca de este matraz se colocó la bobina previamente diseñada. Una manguera de hule de 1 cm de diámetro pasaba por dentro de la bobina, de tal manera que el agua se magnetizara; el agua se succionaba por medio de una bomba durante tres segundos, y se transportaba al segundo matraz. Con una jeringa estéril se extraían 20 mL del agua magnetizada del segundo matraz, y se agregaban a cada uno de los matraces de los tratamientos cada 6 h. Esta acción se repetía cambiando el amperaje de la fuente de poder para cada uno de los tratamientos (1mT, 3 mT y 5 mT).

Los tratamientos consistían de matraces erlenmeyer de 500 mL con tres repeticiones. Cada biorreactor contenía jugo de cacao pasteurizado más 5 g/L de NH_4NO_3 como fuente de nitrógeno, y se adicionaron 50 mL de solución fisiológica que contendrían la levadura ML1. Se determinó la densidad óptica inicial de operación a 600 nm (DO_{600}). Posteriormente para medir el crecimiento de las levaduras se extrajeron muestras de cada biorreactor cada dos horas hasta alcanzar el inicio de la fase estacionaria del crecimiento microbiano. La determinación de CO_2 se realizó por el método de incubación en medio cerrado con 10 mL de NaOH 2N. La fermentación se llevó a cabo en sistemas batch a 30 °C, en condiciones anaerobias.

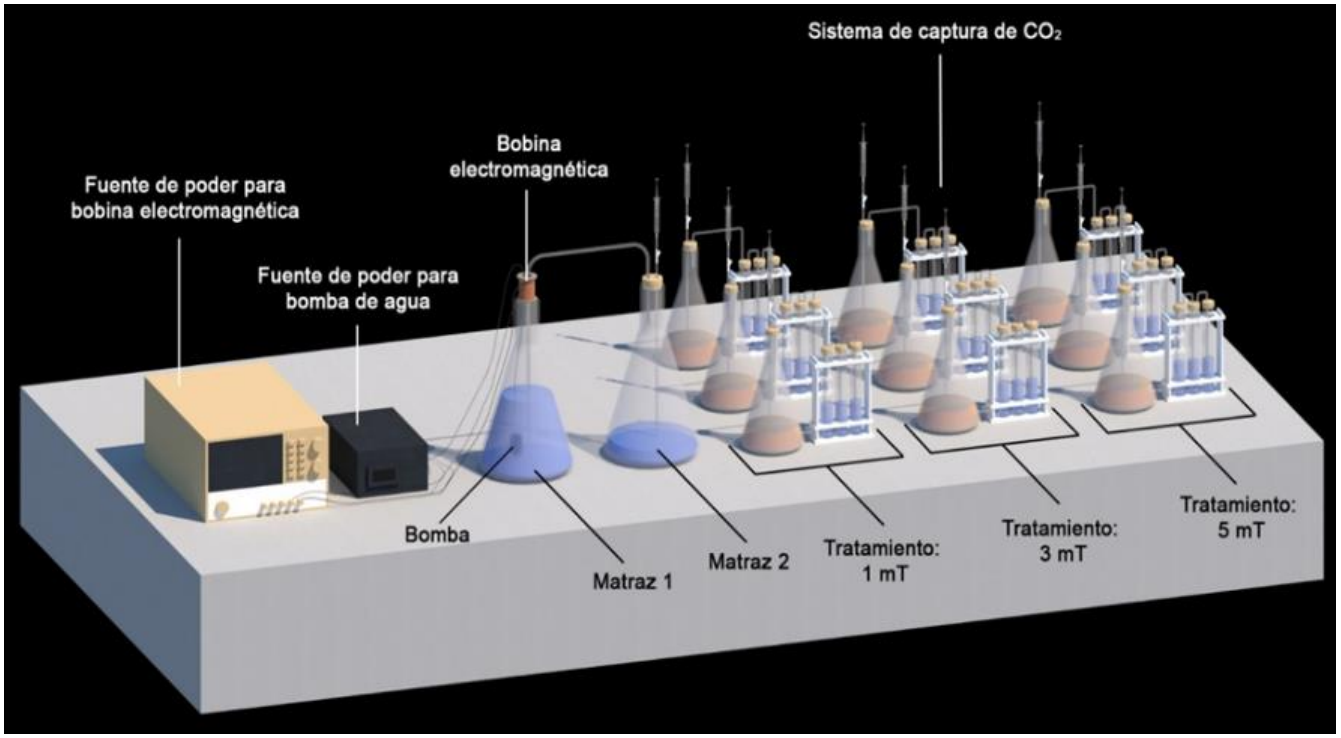


Figura 1. Unidades experimentales con campo electromagnético.

Métodos analíticos

El crecimiento de la levadura ML1 se determinó empleando el método de espectrofotometría UV-VIS a 600 nm propuesto por Fujiwara *et al*. [10]. La biomasa generada durante la fermentación de la levadura ML1 fue transformada a concentración en sólidos volátiles suspendidos: SVS (mg/L) = (DO_{600} - 0.019)/0.945. Los azúcares totales se determinaron por el método fenol-ácido sulfúrico usando glucosa como estándar [11]. Finalmente, la determinación de CO_2 generado durante la fermentación se realizó por el método de incubación en medio cerrado propuesto por Guerrero *et al*. [12].

Estequiometría y rendimiento del producto

El rendimiento de bioetanol (C_2H_60) fue determinado mediante un balance elemental de electrones para la ecuación 1 [13].

$$C_6H_{12}O_6 + \boldsymbol{b}NH_3 \rightarrow \boldsymbol{c}CH_{1.8}O_{0.5}N_{0.2} + \boldsymbol{d}CO_2 + \boldsymbol{e}H_2O + \boldsymbol{f}C_2H_6O \quad (2)$$

Para el balance de electrones no se considera al O_2, NH_3, CO_2 y H_2O como aceptores de electrones. Por lo que el balance general queda expresado por la siguiente ecuación:

$$\begin{aligned} &Número\ de\ electrones\ disponibles\ en\ el\ sustrato \\ &\quad = Número\ de\ electrones\ disponibles\ en\ la\ biomasa \\ &\quad + Número\ de\ electrones\ disponibles\ en\ el\ producto \end{aligned} \quad (3)$$

Esta relación puede ser escrita de la siguiente manera:

$$w\gamma_S = c\gamma_B + fj\gamma_P \quad (4)$$

El término $\boldsymbol{w}$ es el número de átomos de carbono en el sustrato, $\boldsymbol{j}$ es el número de átomos de carbono en el producto, $\boldsymbol{\gamma_S}$ y $\boldsymbol{\gamma_P}$ son el grado de reducción del sustrato y producto, $\boldsymbol{c}$ y $\boldsymbol{f}$ son coeficientes estequiométricos de la ecuación 1.

En la fermentación, existe una relación entre productos y sustrato consumido, esta relación es conocida como rendimiento estequiométrico ($Y_{producto,sustrato}$), y permite obtener de manera experimental cualquiera de los coeficientes estequiométricos de la ecuación 1. Empleando esta definición para la cantidad de CO_2 producido por sustrato consumido, se obtiene la siguiente ecuación que permite obtener el coeficiente $\boldsymbol{d}$ de la reacción global:

$$Y_{CO_2S} = \frac{g\ CO_2\ producido}{g\ sustrato\ consumido} = \frac{d\ (Peso\ molecular\ del\ CO_2)}{Peso\ molecular\ de\ C_6H_{12}O_6} \quad (5)$$

Como se ha mencionado anteriormente, se puede emplear esta definición para la determinar directamente los coeficientes estequiométricos $\boldsymbol{f}$ y $\boldsymbol{c}$. Pero se prefiere conocer el coeficiente $\boldsymbol{d}$ del CO_2, debido a que los microorganismos respiran continuamente, por lo que, medir la taza de respiración celular mediante el CO_2 producido, es el índice más confiable durante el crecimiento microbiano [13].

Empleando la asignación fraccional propuesta por Doran [13], a la ecuación 3 se obtiene:

$$1 = \frac{c\gamma_B}{w\gamma_S} + \frac{fj\gamma_P}{w\gamma_S} \quad (6)$$

Si para la ecuación 6, consideramos que solo se forma el bioetanol para obtener un rendimiento teórico máximo se obtiene:

$$f_{max} = \frac{w\gamma_S}{j\gamma_P} \quad (7)$$

Por lo que al conocer el coeficiente estequiométrico $\boldsymbol{f}$ de la ecuación 1**,** se obtiene el rendimiento neto de bioetanol en la fermentación:

 ISSN 2007-8102

$$Rendimiento = \frac{f}{f_{max}} \quad (8)$$

Resultados

Identificación celular de la levadura ML1

La cepa microbiana codificada ML1 fue caracterizada en su morfología externa a nivel celular (Figura 2), en el cual se observa que es del género *Saccharomyces cerevisae*, con un diámetro de 3 µm, superficie lisa con elevación convexa de forma circular y borde entero.

.

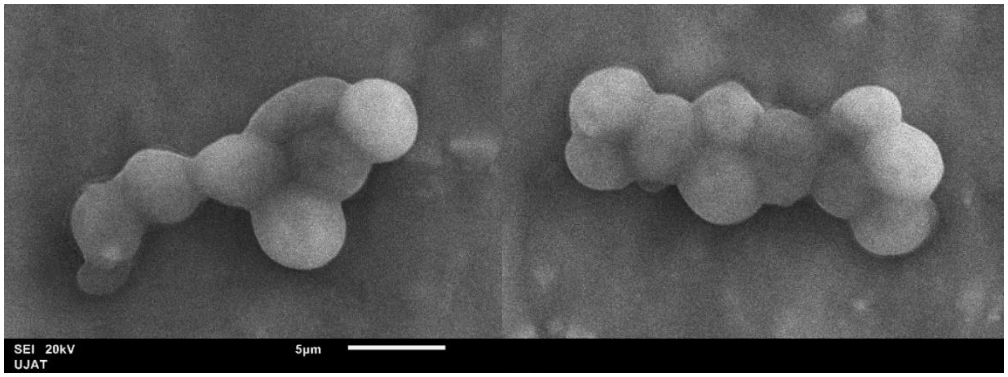


Figura 2. Micrografía (SEM) de la levadura ML1.

Rendimiento y cinética de crecimiento

Conocer la cinética de crecimiento de un microorganismo de interés biotecnológico es indispensable, ya que facilita entender bajo que etapa se generan los productos de interés. En esta investigación los datos de crecimiento de la levadura ML1 fueron ajustados mediante una regresión no lineal con el modelo de Gompertz modificado [14], con un nivel de confianza de 95 % (Figura 3). La regresión para el modelo de Gompertz modificado fue altamente significativa ($p<0.01$) y el coeficiente de determinación (R^2) mayor a 0.94.

La tasa máxima de crecimiento (μ_{max}) para los tratamientos fueron 0.078, 0.10 y 0.09 para 1, 3 y 5 mT respectivamente. Para el tratamiento a 1 mT la fase Lag presentó una duración de 4.28 h, después la fase exponencial se mantuvo durante 11.72 h (Figura 3a). Para el tratamiento a 3 mT la fase Lag presentó una duración de 7.73 h, después la fase exponencial se mantuvo durante 13.691 h (Figura 3b). Para el tratamiento a 5 mT la fase Lag presentó una duración de 4.98 h, después la fase exponencial se mantuvo durante 14.02 h (Figura 3c).

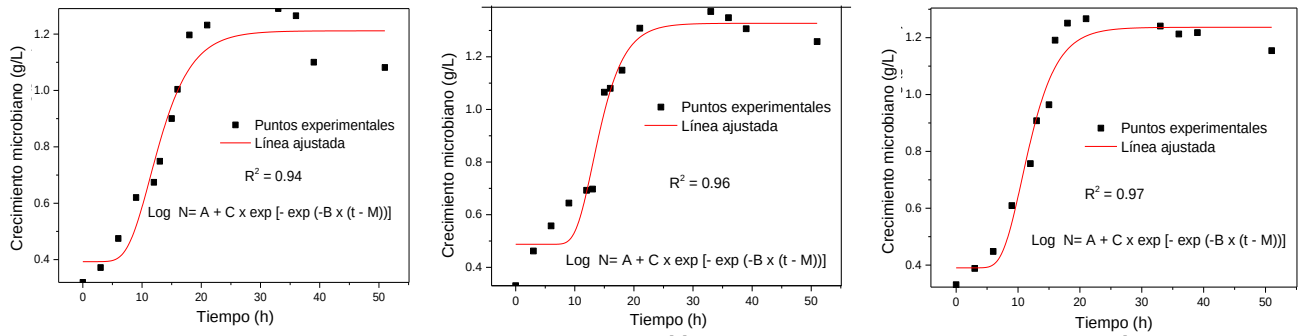


Figura 3. Curva de crecimiento microbiano de la levadura ML1 con aplicación de campo electromagnético a intensidades de: a): 1mT, b) 3 mT y c) 6 mT.

Tabla 1. Rendimiento de etanol a diferentes campos electromagnéticos.

Intensidad de campo electromagnético	Tiempo (h)	μ_{MAX}	$Y_{C_2H_6O,S}$	$Y_{CO_2,S}$	Tiempo de crecimiento celular (h)		% Rendimiento de etanol
					Fase Lag	Fase exp	
1 mT	16	0.078	0.365	0.369	4.28	11.72	36.6
3 mT	21.42	0.1	0.477	0.461	7.73	13.691	47.7
5 mT	19	0.09	0.424	0.443	4.98	14.02	42.4

Efecto del campo electromagnético sobre la tasa máxima de crecimiento

La aplicación adecuada de campos electromagnéticos a sistemas biotecnológicos puede ser benéfico para estimular el crecimiento y la actividad de microorganismos de importancia industrial. Goldsworthy *et a*l. [15] menciona que los campos magnéticos pueden activar las partículas coloidales del sustrato, haciendo que estas remuevan parte del calcio (Ca) unido a los fosfolípidos de las membranas plasmáticas, incrementando su permeabilidad y de esta forma, afectando el crecimiento de los microorganismos. Las tasas máximas de crecimiento fueron obtenidas en función de campo electromagnético a la que fue estimulada la levadura ML1. El ANOVA indicó que existen diferencias significativas ($p \leq 0.05$) en cuanto a la magnitud del campo electromagnético aplicado. Con la prueba de medias LSD se generaron tres grupos (a, ab, b), siendo el grupo principal el tratamiento (T3) con 0.096/h ± 0.007 de tasa máxima de crecimiento. Esto indica que el campo electromagnético (5 mT) como factor de operación en el agua magnetizada usada para la fermentación estimula el crecimiento de la levadura ML1 (Figura 4). Zapata *et al*. [6] menciona que el crecimiento de *S. cerevisiae* es afectado al exponerla a un campo magnético variable. El efecto que genera el campo depende de su densidad, frecuencia y del tiempo de exposición, y puede ser para estimular el crecimiento o para inhibirlo, en el cual menciona que la mejor combinación de las variables para estimular el crecimiento se encuentra en 20 mG, 100 kHz y 30 s empleándolo directamente al microorganismo. Al respecto Madigan *et al*. [16] menciona que el crecimiento de los microorganismos depende de diversos factores como: pH, nutrientes, condiciones ambientales y fisiológicas.

Tabla 2. ANOVA del crecimiento de la levadura ML1 a 1 mT.

	DF	Suma de cuadrados	Media de cuadrados	Valor F	Prob>F
Regresión	4	12.18816	3.04704	330.51867	2.67487E-10
Residual	10	0.09219	0.00922		
Total no corregido	14	12.28035			
Total corregido	13	1.50963			

Tabla 3. ANOVA del crecimiento de la levadura ML1 a 3 mT.

	DF	Suma de cuadrados	Media de cuadrados	Valor F	Prob>F
Regresión	4	14.26314	3.56579	474.27031	4.46974E-11
Residual	10	0.07518	0.00752		
Total no corregido	14	14.33833			
Total corregido	13	1.7575			

Tabla 4. ANOVA del crecimiento de la levadura ML1 a 5 mT.

	DF	Suma de cuadrados	Media de cuadrados	Valor F	Prob>F
Regresión	4	13.52141	3.38035	654.9184	8.99514E-12
Residual	10	0.05161	0.00516		
Total no corregido	14	13.57302			
Total corregido	13	1.61379			

 ISSN 2007-8102

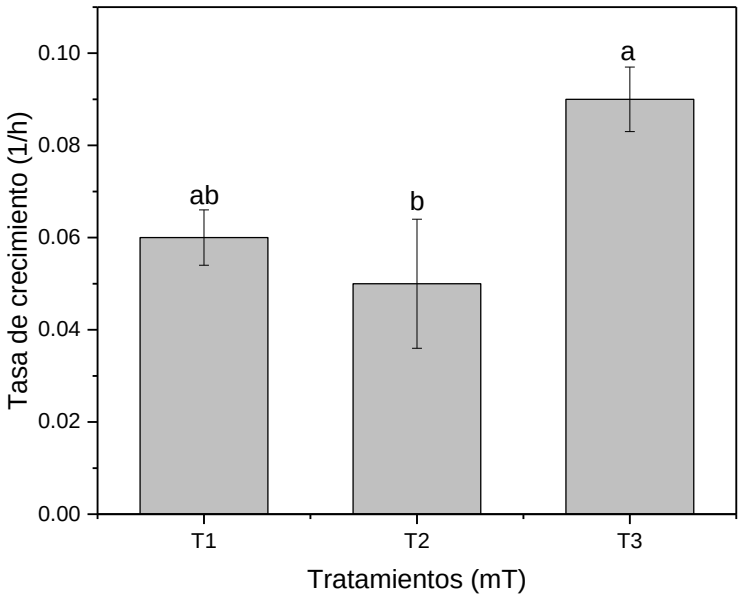


Figura 4. Tasas máximas de crecimiento (μ_{max}) para 1, 3 y 5 mT.

Trabajos a futuro

Evaluar el rendimiento de alcohol etílico variando el pH, temperatura y la fuente de Nitrógeno y comparar la cinética de crecimiento mediante los modelos matemáticos: Three-phase linear, Logistic, Richards y Baranyi.

Conclusiones

El crecimiento de la levadura ML1 presenta las tres fases de la cinética de crecimiento microbiano. El comportamiento de la cinética de la levadura ML1 bajo estímulo de campos electromagnéticos puede explicarse con el modelo de Gompertz modificado ya que el coeficiente de determinación es mayor que 0.94. El rendimiento de alcohol etílico calculado por estequiometría de la reacción metabólica es mayor cuando la fermentación es estimulada a un campo electromagnético de 3 mT. El rendimiento en la biomasa medido en función en la tasa máxima de crecimiento es favorecido a 5 mT.

Referencias

[1] Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera, “Cacao (*Theobroma cacao* L.)”, 2019. [En línea]. Disponible en: https://www.gob.mx/snics/acciones-y-programas/cacao-theobroma-cacao-l
[2] J. J. Díaz, J. O. Díaz, F. Saturnino, M. R. Rendón, y R. Tellez, “Cacao in Mexico: Restrictive factors and productivity levels”, *CHILEANJAR,* vol. 74, no. 4, pp. 397-403, jul. 2014.
[3] L. A. Mejía, O. Argüello, *Tecnología para el mejoramiento del sistema de producción de cacao*. Colombia: CORPOICA, 2000.
[4] M. Y. Fernández, T. Balzarini, P. C. Borges, P. Evrard, L. C. Vuyst, y D. H.-M, “The environmental and intrinsic yeast diversity of Cuban cocoa bean heap fermentations”, *International Journal of Food Microbiology,* vol. 233, pp. 34-43, jun. 2016.
[5] A. Guillaume, A. Thorigné, Y. Carré, J. Vinh, y L. Levavasseur, “Contribution of proteases and cellulases produced by solid-state fermentation to the improvement of corn ethanol production”, *Bioresources and Bioprocessing,* vol.6, no. 7, pp. 1-12, febr. 2019.
[6] J. E. Zapata, M. Hoyos, y G. Moreno, “Acción de un campo magnético sobre un cultivo aireado de Saccharomyces cerevisiae”, *Interciencia,* vol. 30, no. 7. pp. 409-413, jul. 2005.

[7] C. M. Daza, y E. A. Tapia, “Diseño de procesos poscosecha y evaluación de la fermentación mediante levaduras para cacao nacional”, tesis de licenciatura, Facultad de ingenierías y Ciencias Agropecuarias, UDLA, Ecuador, 2017.
[8] M. Calderón, M. L. San Martín, M. F. Barbosa, G. V. Swanson, y B. G, “Métodos no térmicos para procesamiento de alimentos: variables e inactivación microbiana”, *Brazilian journal of food technology,* vol. 1, no. 2, pp. 3-11, dic.1998.
[9] S. G. González, M. R. Ruíz, y E. M. Hernández, ¨*Guía de microscopía*¨. México: UNAM, 2003.
[10] H. Fuijiwara, S. Soda, M. Fuijita, y M. Ike, “Kinetics of bisphenol A degradation by Sphingomonas paucimobilis FJ-4. J.”, *Biosci. Bioeng*, vol. 122, no. 3. pp. 341-344, mar. 2016.
[11] M. Dubios, K. Gilles, J. Hamilton, P. Rebers, y F. Smith, “Colorimetric method for determination of sugars and related substances”, *Anal. Chem,* vol. 28, no. 3. pp. 350-356, mar. 1956.
[12] P. Guerrero, R. Quintero, V. Espinoza, G. Benedicto, y M. Sánchez, “Respiración de CO2 como indicador de la actividad microbiana en abonos orgánicos de lupinus”, *Terr. Latin,* vol. 30, no. 4, pp. 355-362, dic. 2012.
[13] P. Doran, “*Bioprocess Engineering Principles*”. 2 ed. USA: Academic Press, 2013.
[14] H. Liu, N. Chen, C. Feng, S. Tong, y R. Li, “Impact of electro-stimulation on denitrifying bacterial growth and analysis of bacterial growth kinetics using a modified Gompertz model in a bio-electrochemical denitrification reactor”, *Bioresource Technology*, vol. 196, pp. 123-128, jul. 2015.
[15] A. Goldsworthy, H. Whitney, y E. Moris, “Biological effects of physically conditioned water”, *Interciencia,* vol. 33, no. 7, pp. 409-413, sept. 1998.
[16] M.T. Madigan, J. M. Martinko, K. S. Bender, D. H. Buckerly, y D. A. Stahl, “*Biología de los microorganismos”.* 14a ed. España: Pearson, 2017.

Evolución del contenido de vainillina, polifenoles totales y capacidad antioxidante durante el beneficiado de vainilla

*E. Peña Mojica, M. A. Vivar Vera, E. Paz Gamboa, A. Soto Enrique, A. Pérez Silva**
Instituto Tecnológico de Tuxtepec, Dpto. Ing. Química y Bioquímica. Calzada Dr. Víctor Bravo Ahuja Num. 561, Col. Predio el Paraíso, C.P. 68350, San Juan Bautista Tuxtepec, Oaxaca.
**apsilva30@hotmail.com*
Área de participación: *Ingeniería química.*

Resumen

Se utilizaron vainas verdes de vainilla recolectadas en la Chinantla Oaxaqueña en las comunidades de Mazín Grande y Emiliano Zapata, las cuales fueron sometidas a un proceso de beneficiado con un muestreo de 6 etapas. Evaluando en cada etapa, capacidad antioxidante por dos métodos: $ABTS^{+}$ y FRAP, cuantificación de polifenoles totales por el método de Folin-Ciocalteu y contenido de vainillina por espectrofotometría. Los resultados indicaron que las vainas beneficiadas de vainilla de las comunidades de Mazín Grande y Emiliano Zapata presentaron un contenido de vainillina de 2.82 y 2.85 g/100g ms, un contenido de polifenoles totales de 2.76 y 3.12 mgGAE/g ms y una capacidad antioxidante de 84.02 y 147.61 µmol eq trolox/g ms y 78.84 y 153.91 µmol TE/g ms, con lo métodos de $ABTS^{+}$ y FRAP, respectivamente.

Palabras clave: *Beneficiado de vainilla, capacidad antioxidante, polifenoles totales, contenido de vainillina.*

Abstract

In this study were used green beans of vanilla collected in the "Chinantla Oaxaqueña" in the communities of Mazín Grande and Emiliano Zapata and were subdued to a curing process with a sampling of six stages. At every stage were evaluated the antioxidant capacity for two metods: ABTS+ and FRAP, quantification of total polyphenols for the metod of Folin-Ciocalteu and vanillin content for spectrophotometry. The results indicated that the cured beans of vanilla of the communities of Mazín Grande and Emiliano Zapata presented a vanillin content of 2.82 and 2.85 g/100 g ms, a content of total polyphenols of 2.76 and 3.12 mgGAE/ g ms and a antioxidant capacity of 84.02 and 147.61 µmol eq trolox/g ms and 78.84 and 153.91 µmol TE/g ms, with the metods of ABTS+ and FRAP, respectively.

Key words: *Vanilla curing, antioxidant capacity, total polyphenols, vanillin content.*

Introducción

La vainilla es una orquídea trepadora originaria de bosques tropicales de México, América central, las Antillas y algunos países de América del Sur [1]. Es conocida por su dulce aroma y es el flavor más popular en el mundo [2]. Por lo cual, la vainilla es utilizada en diversas industrias: alimentaria, perfumería y farmacéutica [3]. Además, estudios han reportado otros atributos en la vainilla, al presentar propiedades bioactivas que pueden ser benéficas para la salud [4], [5]. Dentro de estas propiedades se encuentran: actividad antioxidante, actividad antimicrobiana, actividad

anticancerígena y antimutagénica. Estas actividades pueden ser atribuidas a la gran cantidad de compuestos volátiles que están presentes en las vainas beneficiadas de vainilla, ya que se han identificado más de 200. De los cuales Sabik y col. [6] identificaron 21 compuestos derivados del ácido shikimico y Pérez-Silva y col. [7] identificaron 15 fenoles volátiles, los cuales pueden ser los principales compuestos responsables de las actividades bioactivas en vainilla. Sin embargo, para que estos compuestos volátiles sean liberados en las vainas deben ser sometidas a un beneficiado, el cual es un proceso conformado por cuatro principales etapas: marchitamiento, sudado, secado y acondicionamiento [8]–[10]. Durante el proceso de beneficiado se llevan a cabo un conjunto de reacciones enzimáticas y químicas, siendo la principal, la hidrólisis enzimática mediante la actividad de una β-glucosidasa de los compuestos glucosilados a sus agliconas libres, responsables del aroma de la vainilla [10], [11]. Por otro lado, durante el beneficiado se han reportado pérdidas del contenido de vainilla que van de 50-60% [9], [10], [12], [13]. Estas pérdidas se deben principalmente a reacciones de transformación enzimática por acción de las peroxidasas [14], [15]. Es por ello la importancia de evaluar el efecto que tiene el beneficiado de la vainilla sobre la evolución de los compuestos aromáticos presentes en las vainas y su relación con la capacidad antioxidante. Por lo cual el objetivo del presente trabajo fue analizar la evolución del contenido de vainillina, polifenoles totales y capacidad antioxidante durante el beneficiado de la vainilla.

Metodología

Materia prima

Se utilizaron 2 lotes de 10 kg de vainas verdes de vainilla (*Vanilla planifolia*) con una madurez de 8 meses, recolectadas en la región de la Chinantla Oaxaqueña en las comunidades de Mazín Grande y Emiliano Zapata.

Selección de la materia prima

Las vainas verdes fueron trasladadas al Instituto Tecnológico de Tuxtepec donde fueron despezonadas y se procedió a su selección que consistió en clasificar las vainas de acuerdo a su tamaño, obteniéndose dos calidades Calidad 1: ≥ 15 cm y Calidad 2: ≤ 15 cm.

Beneficiado de las vainas y muestreo

Las vainas verdes de la calidad 1 fueron beneficiadas mediante un proceso tradicional al sol con una duración de 90 días. Durante ese tiempo se realizó un muestro que consistió en 6 etapas como se presenta en la Tabla 1.

Tabla 1. Muestreo de las vainas durante el beneficiado tradicional.

Etapa	Tiempo (días)	Condiciones de la vaina
1	1	Vainas verdes
2	4	Vainas después del marchitamiento
3	7	Vainas iniciando el sudado/secado
4	30	Vainas en sudado/secado
5	60	Vainas en sudado/secado
6	90	Vainas después del afinado

Extracción de los fenoles volátiles

Las vainas obtenidas de las diferentes etapas del muestreo fueron liofilizadas y se realizaron extractos de los polvos obtenidos de acuerdo a Pérez-Silva y col. [10]. La extracción se realizó mediante una mezcla metanol-agua (1:1) en un baño ultrasónico a una frecuencia de 37 kHz durante 10 min.

Determinación del contenido de vainillina

La determinación de vainillina se realizó en los extractos orgánicos mediante el método espectrofotométrico estipulado en la norma NMX-FF-074-SCFI-2009 [16]. Se tomó 1 mL de extracto y se aforó hasta 10 mL con agua destilada. Se tomaron 0.2 mL de esta solución diluida, se mezclaron con 8 mL de agua destilada y 0.2 mL de NaOH al 0.1 N aforando a 10 mL con agua destilada. Posteriormente se leyó en el espectrofotómetro la absorbancia a 348 nm.

Cuantificación de compuestos polifenólicos totales

La cuantificación de los compuestos polifenólicos totales de los extractos orgánicos se realizó siguiendo el procedimiento descrito por Bravo y Saura-Calixto. [17], cuantificando los polifenoles totales mediante el reactivo de Folin-Ciocalteu por espectrofotometría a 750 nm, usando ácido gálico como estándar.

Determinación de la capacidad antioxidante ABTS+

El método de ABTS+ (2,2´-azino-bis-(3-etil-benzotiazolina-6-ácido sulfónico)) se realizó de acuerdo al método de decoloración de Re y col. [18], el cual consistió en diluir el radical ABTS+ (preformado por oxidación con Persulfato de potasio) con metanol. La reducción de ABTS+ en los extractos orgánicos se leyó a una absorbancia de 730 nm utilizando un espectrofotómetro. Los resultados se expresaron como µmol equivalente de Trolox (TE) por gramo de muestra seca (µmol TE/g ms).

Determinación de la capacidad antioxidante FRAP

El método FRAP (Poder Antioxidante/Reducción Férrico, por sus siglas en inglés) se llevó a cabo de acuerdo al método propuesto por Pulido y col. [19]. Con este método se determinó la capacidad de reducción férrica que tienen los extractos orgánicos, a pH bajo y en presencia de un reductor (antioxidante), donde el complejo TPTZ (trispiridiltriazina) con Fe (III) se redujo a la forma ferrosa, desarrollando un intenso color azul, la absorbancia fue medida a 595 nm utilizando un espectrofotómetro. Los resultados se expresaron como µmol equivalente de Trolox (TE) por gramo de muestra seca (µmol TE/g ms).

Análisis estadístico

Los resultados fueron evaluados por un análisis de varianza de una vía (ANDEVA), se empleó una prueba de Tukey para determinar si existían diferencias significativas entre las medias empleando un nivel de confianza de 95%, apoyándose del software Minitab versión 16.1.

Resultados

Contenido de vainillina libre

La evolución del contenido de vainillina libre en las vainas durante las diferentes etapas en el beneficiado se presenta en la Figura 1. El contenido inicial de vainillina libre en las vainas verdes fue de 1.36 ± 0.09 y 0.77 ± 0.10 g/100 g ms para las comunidades de Mazín Grande y Emiliano Zapata, respectivamente, estos contenidos iniciales bajos se deben principalmente a que la mayor parte de la vainillina se encuentra unida a una molécula de glucosa (glucovainillina). Posteriormente se puede

 ISSN 2007-8102

observar diferencias significativas entre la etapa 1 y la etapa 2 de ambas comunidades, con un incremento marcado del contenido de vainillina libre, como resultado del marchitamiento en donde ocurre el rompimiento celular, comienza el contacto entre las enzimas β-glucosidasas y la glucovainillina, generando su hidrólisis y la liberación de vainillina [10], [13]. En la etapa 2 hasta la etapa 4 no se presentaron diferencias significativas en el contenido de vainillina en la vainilla de ambas comunidades, en la etapa 5 donde se identificó los contenidos más altos de vainillina libre, siendo de 3.40 ± 0.14 y 3.84 ± 0.36 g/100 g ms para la comunidad de Mazín Grande y Emiliano Zapata, respectivamente. Para la última etapa del beneficiado (etapa 6) el contenido de vainillina libre en las vainas disminuyó respecto a la etapa anterior en ambas comunidades hasta valores finales de 2.82 ± 0.04 y 2.85 ± 0.37 g/100 g ms. Es importante mencionar que no toda la vainillina es hidrolizada después del marchitamiento [10], su hidrólisis ocurre lentamente durante el beneficiado. Estudios realizados han reportado la disminución de hasta un 60% del contenido de vainillina con respecto a su potencial aromático inicial [9], [10], [12], [13]. Lo anterior, puede deberse a reacciones de transformación química y enzimática de la vainillina [15], [20].

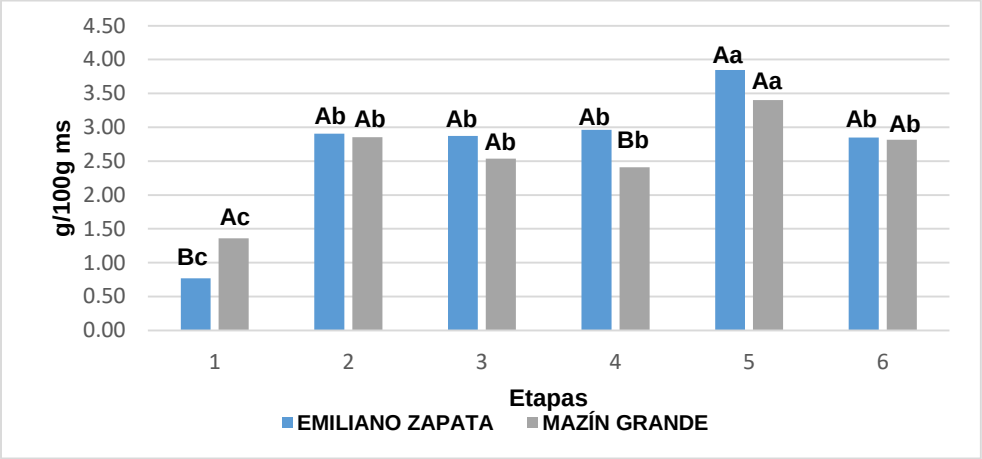


Figura 1. Evolución del contenido de vainillina libre durante las etapas del beneficiado. Letras diferentes en minúscula indican diferencia significativa de $p<0.05$ entre las etapas del beneficiado. Letras diferentes en mayúsculas indican diferencia significativa $p<0.05$ entre los lotes.

Contenido de polifenoles totales

La evolución del contenido de polifenoles totales en las vainas durante las diferentes etapas en el beneficiado se presenta en la Figura 2. El contenido inicial de polifenoles totales fue de 22.30 ± 1.93 y 26.89 ± 0.80 mgGAE/g ms en las vainas verdes de la comunidad de Mazín Grande y Emiliano Zapata, respectivamente, en la etapa 2 se observó un aumento. Posteriormente, el contenido de polifenoles totales no presentó diferencias significativas entre las demás etapas por lo que el contenido de polifenoles se mantuvo constante. Este comportamiento de la evolución del contenido de los polifenoles totales, confirma lo propuesto por Gatfiel y col. [14], Hernández-Ramos. [20] y Peña-Mojica y col. [15] al indicar que no existe una pérdida como tal del contenido de vainillina durante el beneficiado, sino una transformación a otros compuestos, al verse una tendencia en aumento y constante en el contenido de polifenoles totales con respecto al valor inicial en las vainas verdes. Por otro parte, los contenidos finales de polifenoles totales en las vainas fueron de 31.16 ± 1.01 y 27.60 ± 1.12 mgGAE/g ms. es importante mencionar que es la primera vez que se reportan

 ISSN 2007-8102

valores de polifenoles totales en vainas de vainilla debido a que hasta ahora han sido reportados valores obtenidos en extractos alcohólicos de vainilla (17 mgGAE/g) [4], [21].

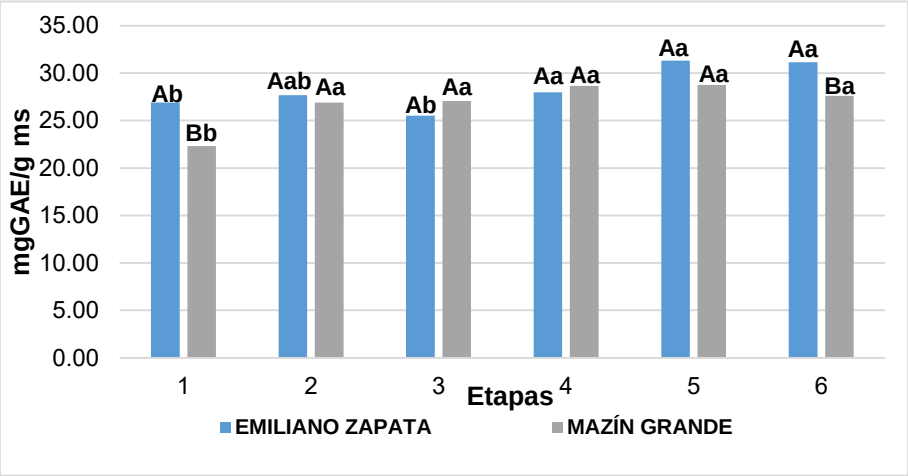


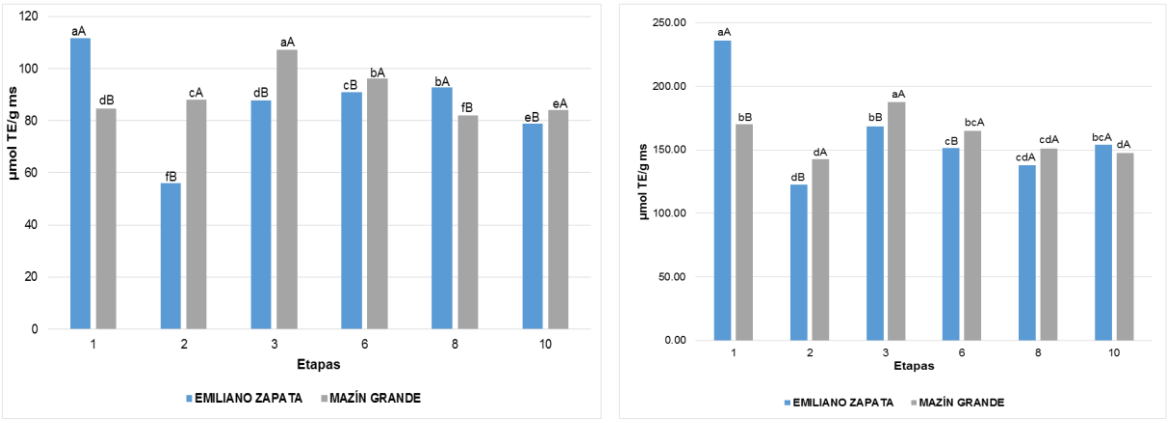
Figura 2. Evolución del contenido de polifenoles totales durante las etapas del beneficiado. Letras diferentes en minúscula indican diferencia significativa de p<0.05 entre las etapas del beneficiado. Letras diferentes en mayúsculas indican diferencia significativa p<0.05 entre los lotes.

Capacidad antioxidante

La evolución de la capacidad antioxidante por los métodos de ABTS+ y FRAP de las comunidades de Mazín Grande y Emiliano Zapata se muestran en las Figuras 3A y 3B. Observando que la tendencia en los valores de capacidad antioxidante fue diferente para cada comunidad durante las etapas del beneficiado. Para la comunidad de Emiliano Zapata los valores más altos de capacidad antioxidante se presentaron en las vainas verdes (etapa 1) con valores de 111.73 ± 0.15 y 236.15 ± 7.58 µmol TE/g ms para los métodos de ABTS+ y FRAP. En cambio, para la comunidad de Mazín Grande los valores más altos fueron en las vainas iniciando el sudado y secado (etapa 3) con valores de 107.27 ± 0.13 y 187.48 ± 7.60 µmol TE/g ms. Este comportamiento puede indicar que no solo los compuestos aromáticos libres presentan una capacidad antioxidante, también algunos de sus precursores glucosilados, como ocurre en las vainas de la comunidad de Emiliano Zapata, ya que es bien conocido que en estado verde los compuestos glucosilados se encuentran en mayor concentración [10], [22]. Por otro lado, la formación de nuevos compuestos por reacciones de transformación enzimática como la divainillina u otros dímeros o polímeros, también podrían ser un factor importante en los incrementos de la capacidad antioxidante, como se presenta con las vainas de la comunidad de Mazín Grande, ya que en esas etapas ocurre el sudado/secado de las vainas y por ende las condiciones son óptimas para una mayor actividad enzimática [23]. Con respecto a la relación entre los mayores contenidos de vainillina y la capacidad antioxidante en las vainas durante las etapas del beneficiado. La capacidad antioxidante no se vio favorecida, esto puede deberse a que existen otros compuestos aromáticos presentes en las vainas con una mayor capacidad antioxidante, como lo reporta Shyamala y col. [4] donde indican que, dentro de los compuestos mayoritarios de la vainilla, los que presentan mayor capacidad antioxidante son el vainillil alcohol y p-hidroxibencil alcohol, los cuales se encuentra en mayor concentración en forma glucosilada en la vainas verdes [10]. Los valores finales de capacidad antioxidante para las vainas beneficiadas para la comunidad de Mazín Grande y Emiliano Zapata fueron de 84.02 y 147.61 µmol TE/g ms y 78.84 y

 ISSN 2007-8102

153.91 µmol TE/g ms, con lo métodos de ABTS⁺ y FRAP, respectivamente. Murcia y col. [24], evaluaron la capacidad antioxidante por el método de ABTS+ de la vainilla y seis especias utilizadas en la repostería (canela, menta, nuez moscada, anís, jengibre y regaliz). Se encontró que la vainilla presentaba menor capacidad antioxidante que la canela, el anís, la menta y el regaliz, pero mayor capacidad antioxidante en comparación de la nuez moscada y el jengibre. Además, el uso de la vainilla como antioxidante en alimentos ya ha sido reportado en hojuelas de maíz y galletas [21], [25].



A) **B)**

Figura 3. A) Evolución de la capacidad antioxidante por el método de ABTS+ y B) evolución de la capacidad antioxidante por el método de FRAP durante las etapas del beneficiado. Letras diferentes en minúscula indican diferencia significativa de $p<0.05$ entre las etapas del beneficiado. Letras diferentes en mayúsculas indican diferencia significativa $p<0.05$ entre los lotes.

Trabajo a futuro

Continuar con la cuantificación de los compuestos mayoritarios de la vainilla por HPLC-DAD para evaluar su relación con la capacidad antioxidante durante su evolución en el beneficiado de las vainas.

Conclusión

Los resultados de este estudio confirman que la vainillina libre aumenta considerablemente en la segunda etapa del beneficiado (después del marchitamiento) y disminuye en la etapa final. El contenido de polifenoles totales durante el beneficiado de la vainilla es constante a pesar de los cambios físicos y químicos que sufren las vainas. La actividad antioxidante es mayor en las primeras etapas del beneficiado disminuyendo en la última etapa.

Agradecimientos

Al FORDECYT-CONACYT por el financiamiento otorgado en el Proyecto N°297484 “Estrategias para la adaptación y mitigación al cambio climático necesarias para el rescate de cultivo de vainilla en México” liderado por el TNM/ITTuxtepec.

Referencias

[1] C. Brunschwig, F. X. Collard, J. P. Bianchini, and P. Raharivelomanana, "Evaluation of chemical variability of cured vanilla beans (Vanilla tahitensis and Vanilla planifolia)", *Natural product communications*, vol. 4, no. 10, pp. 1393-1400, 2009.

[2] S. Bory, P. Lubinsky, A. M. Risterucci, J. L. Noyer, M. Grisoni, M. F. Duval, and P. Besse, "Patterns of introduction and diversification of Vanilla planifolia (Orchidaceae) in Reunion Island (Indian Ocean)", *American Journal of Botany*, vol. 95, no. 7, pp. 805-815, 2008.

[3] S. Ramachandra Rao, and G. A. Ravishankar, "Vanilla flavour: production by conventional and biotechnological routes", *Journal of the Science of Food and Agriculture*, vol. 80, no. 3, pp. 289-304, 2000.

[4] B. N. Shyamala, M. M. Naidu, G. Sulochanamma, and P. Srinivas, "Studies on the antioxidant activities of natural vanilla extract and its constituent compounds through in vitro models", *Journal of agricultural and food chemistry,* vol. 55, no. 19, pp. 7738-7743, 2007.

[5] A. K. Sinha, U. K. Sharma, and N. Sharma, "A comprehensive review on vanilla flavor: extraction, isolation and quantification of vanillin and others constituents", *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, vol. 59, no. 4, pp. 299-326, 2008.

[6] H. Sabik, A. Pérez-Silva, D. Belánger, M. A. Vivar-Vera, M. Nicolás-García, and D. Reyes-López, "Identification of volatile compounds in cured Mexican vanilla (Vanilla planifolia G. Jackson) beans using headspace solid-phase microextraction with gas chromatography-mass spectrometry", *Fruits*, vol. 71, no. 6, pp. 407-418, 2016.

[7] A. Pérez-Silva, E. Odoux, P. Brat, F. Ribeyre, G. Rodriguez-Jimenes, V. Robles-Olvera, M. A. García-Alvarado, and Z. Günata, "GC–MS and GC–olfactometry analysis of aroma compounds in a representative organic aroma extract from cured vanilla (Vanilla planifolia G. Jackson) beans", *Food chemistry*, vol. 99, no. 4, pp. 728-735, 2006.

[8] E. Odoux, "Changes in vanillin and glucovanillin concentrations during the various stages of the process traditionally used for curing Vanilla fragrans beans in Réunion", *Fruits*, vol. 55, no. 2, pp. 119-125, 2000.

[9] P. Dunphy, and K. Bala, "Vanilla curing: the senescent decline of a ripe vanilla bean and the birth of vanillin", *Perfumer & Flavorist*, vol. 34, no. 10, pp. 34-40, 2009.

[10] A. Pérez-Silva, Z. Gunata, J. P. Lepoutre, and E. Odoux, "New insight on the genesis and fate of odor-active compounds in vanilla beans (Vanilla planifolia G. Jackson) during traditional curing", *Food research international*, vol. 44, no. 9, pp. 2930-2937, 2011.

[11] E. Odoux, J. Escoute, and J. L. Verdeil, "The relation between glucovanillin, β-D-glucosidase activity and cellular compartmentation during the senescence, freezing and traditional curing of vanilla beans", *Annals of applied biology*, vol. 149, no. 1, pp. 43-52, 2006.

[12] E. Odoux, "Glucosylated aroma precursors and glucosidase (s) in vanilla bean (Vanilla planifolia G. Jackson)", *Fruits*, vol. 61, no. 3, pp. 171-184, 2006.

[13] Y. Zhang, L. Mo, F. Chen, M. Lu, W. Dong, Q. Wang, F. Xu, and F. Gu, "Optimized production of vanillin from green vanilla pods by enzyme-assisted extraction combined with pre-freezing and thawing", *Molecules*, vol. 19, no. 2, pp. 2181-2198, 2014.

[14] I. Gatfield, I. Reib, G. Krammer, S. C. Oliver, G. Kindel, and H. Jurgen, "Divanillin: Novel Taste-Active Component of Fermented Vanilla Beans-The elucidation of the fate of vanillin during the traditional curing process", *Perfumer and Flavorist*, vol. 31, no. 8, pp. 18-21, 2006.

[15] E. Peña-Mojica, A. Ariza-Castolo, M. A. Vivar-Vera, G. C. Rodríguez-Jimenes, y A. Pérez-Silva, "Estudio del efecto enzimático, térmico y fotoquímico en la transformación de la vainillina", *Journal CIM*, vol. 7, no. 1, pp. 1644-1651, 2019.

[16] Productos no industrializados para uso humano-vainilla -(vanilla fragrans (salisbury) ames)- especificaciones y métodos de prueba". Norma mexicana NMX-FF-074-SCFI-2009.

[17] L. Bravo, and F. Saura-Calixto, "Characterization of dietary fiber and the in vitro indigestible fraction of grape pomace", *American Journal of Enology and Viticulture*, vol. 49, no. 2, pp. 135-141, 1998.

[18] R. Re, N. Pellegrini, A. Proteggente, A. Pannala, M. Yang, and C. Rice-Evans, "Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay". *Free radical biology and medicine*, vol. 26, no. 9, pp. 1231-1237, 1999.

[19] R. Pulido, L. Bravo, and F. Saura-Calixto, "Antioxidant activity of dietary polyphenols as determined by a modified ferric reducing/antioxidant power assay", *Journal of agricultural and food chemistry*, vol. 48, no. 8, pp. 3396-3402, 2000.

[20] D. Hernández-Ramos, "Estudio de la degradación química de la vainillina". Tesis de maestría en ciencias de los alimentos, Instituto Tecnológico de Tuxtepec, Tuxtepec, Oaxaca, 2009.

[21] K. Anuradha, M. M. Naidu, R. S. Manohar, and A. R. Indiramma, "Effect of vanilla extract on radical scavenging activity in biscuits", *Flavour and fragrance journal*, vol. 25, no. 6, pp. 488-492, 2010.

[22] T. L. Palama, A. Khatib, Y. H. Choi, B. Payet, I. Fock, R. Verpoorte, and H. Kodja, "Metabolic changes in different developmental stages of Vanilla planifolia pods". *Journal of agricultural and food chemistry*, vol. 57, no. 17, pp. 7651-7658, 2009.

[23] S. García-Valis, "Evaluación de los compuestos fenólicos y su capacidad antioxidante durante el beneficiado tradicional de la vainilla (Vanilla planifolia)", Tesis de maestría en ciencias en alimentos, Instituto Tecnológico de Tuxtepec, Tuxtepec, Oaxaca, 2018.

[24] M. A. Murcia, I. Egea, F. Romojaro, P. Parras, A. M. Jiménez, and M. Martínez-Tomé, "Antioxidant evaluation in dessert spices compared with common food additives. Influence of irradiation procedure", *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, vol. 52, no. 7, pp. 1872-1881, 2004.

[25] J. Burri, M. Graf, P. Lambelet, and J. Löliger, "Vanillin: more than a flavouring agent—a potent antioxidant", *Journal of the Science of Food and Agriculture*, vol. 48, no. 1, pp. 49-56, 1989.

Capacidad de degradación de petróleo crudo usando plantas de caoba (*Swietenia macrophylla*)

*G. García-Gómez[1], E.E. Suárez-Alvarez[1], I. Pérez-Hernández[2], M.E Ojeda-Morales[1], J.G. Alvarez-Ramírez[1]**

[1]*División Académica de Ingeniería y Arquitectura, Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, km 1 carretera Cunduacán-Jalpa, Colonia la Esmeralda, Cunduacán, Tabasco, 86690, México.*

[2]*Academia de Ingeniería en Agrotecnología, Universidad Politécnica del Golfo de México., Carretera Federal Malpaso-El Bellote km. 17, Ranchería Monte Adentro, 86600 Paraíso, Tabasco, Mexico.*

**gabriel.alvarez@ujat.mx*

***Área de participación**: Ingeniería Química*

Resumen

En este trabajo se reporta la sobrevivencia de la planta *Swietenia macrophylla* (caoba), evaluando la degradación de hidrocarburos en el suelo contaminado. El objetivo del presente trabajo es evaluar la degradación de hidrocarburos en un suelo contaminado usando plantas. Para obtener las plantas se sembraron en vivero semillas de *Swietenia macrophylla* (caoba) en camas de germinación. El suelo a utilizado fue un Vertisol no contaminado por hidrocarburos del petróleo. Se establecieron tres tratamientos con contenidos de petróleo crudo de 12.9 ºAPI (T1: 5000, T2: 10000 y T3: 15000 mg kg-1), el testigo fue el suelo sin contaminar. La sobrevivencia de las plantas fue del 90% al finalizar el experimento y el tratamiento T1 presentó un valor de 42.71% de degradación TPH.

Palabras clave: Fitorremediación, TPH, Suelo contaminado, Germinación.

Abstract

This paper reports the survival of the Swietenia macrophylla (caoba) plant is reported, evaluating the degradation of hydrocarbons in contaminated soil. The objective of this work is to evaluate the degradation of hydrocarbons in a contaminated soil using plants. To obtain the plants, seeds of Swietenia macrophylla (caoba) were planted in nurseries in germination beds. The soil used was a Vertisol not contaminated by petroleum hydrocarbons. Three treatments were established with crude oil content of 12.9 ºAPI (T1:5000, T2: 10000 and T3: 15000 mg kg-1), the control was the soil without contamination. The survival of the plants was 90% at the end of the experiment and treatment T1 presented a value of 42.71% TPH degradation.

***Key words**: Phytoremediation, TPH, Contaminated soil, Germination.*

Introducción

Las plantas realizan muchas funciones en el medio ambiente. La vida está relacionada directa e indirectamente con ellas [1]. La habilidad de las plantas depende principalmente de las condiciones climáticas y el suelo, por lo tanto, las condiciones del suelo son fundamentales para la existencia de las mismas [2-3]. En los suelos ocurren diferentes procesos que son la base de los ecosistemas terrestres [4]. Los cambios en los suelos están íntimamente relacionados con las plantas y las tecnologías de biorremediación.

En la actualidad, la contaminación de los suelos es un fenómeno mundial. Los principales contaminantes han sido productos químicos, metales pesados, químicos de las actividades agrícolas, depósitos clandestinos de basura e hidrocarburos. Por ejemplo, en Europa fueron identificados 2.5 millones de sitios contaminado [5] y una gran proporción es causada por hidrocarburos [6]. La globalización de la industria petrolera y sus actividades como la exploración, producción, almacenaje y transportación han incrementado el riesgo de derrames de hidrocarburos al ambiente; además se suman las actividades como sabotaje sobre las instalaciones petroleras. La

contaminación de suelos con hidrocarburos se refleja en condiciones inseguras para la agricultura y las actividades humanas debido a la bio-acumulación en estos compuestos [7]. En Tabasco existen grandes extensiones de suelo contaminado con hidrocarburos del petróleo. La fitorremediación es una alternativa económica y eficaz para la degradación de una amplia cantidad de contaminantes orgánicos e inorgánicos del suelo y agua [8].
Los métodos convencionales de remediación de suelo involucran tratamientos con químicos que pueden alterar las propiedades del suelo [9]. Tomando en cuenta que estos métodos tienen un costo elevado. La fitorremediación es una alternativa viable para a remediación de suelos contaminados usando plantas sumado a las actividades microbianas que se desarrollan en las raíces. El uso de especies de plantas locales en la fitorremediación es preferible porque son las especies mejor adaptadas a las condiciones el clima y suelo. Los hidrocarburos del petróleo pueden afectar directa e indirectamente a la flora y fauna presente y por ende a los microorganismos de la rizósfera de las plantas. Esto debido al potencial tóxico de algunos hidrocarburos del petróleo, también afecta la cantidad de nutrientes como el NH_{4+}, K_{+}, y Ca_{2+} y reduce la retención de humedad [10].

En el presente trabajo se estudió el crecimiento de plantas de caoba para examinar su potencial de fitorremediación en suelos contaminados por hidrocarburos.

Metodología

Cultivo de plantas para el experimento

Para obtener las plantas de *Swietenia macrophylla* (caoba), se sembraron semillas en camas de germinación. Se dió un tratamiento de pre-germinación a las semillas que consistió en sumergirlas en agua durante 12 h antes de la siembra.

Características del suelo

El suelo a utilizar fue un Vertisol no contaminado por hidrocarburos del petróleo, el cual se colectó de la capa arable (0-30 cm de profundidad). El sitio seleccionado para la colecta del suelo pertenece a la comunidad de Benito Juárez 2da Jalpa de Mendez, Tabasco, México.

Tratamiento del suelo

El suelo se secó al aire bajo sombra hasta que se retiró la humedad. El suelo previamente secado, se molió utilizando como herramienta un rodillo de madera y de esta forma la tierra quedó con un tamaño uniforme. El suelo se tamizó empleando una malla de 0.5 cm para homogenizar el tamaño de partícula.

Contaminación del suelo

Se utilizó petróleo crudo pesado de 12.9° API que se obtuvo de un pozo petrolero de Texistepec Veracruz (17° 54” 20.93 N y 94°48” 16.07” O). Se llevó acabo con un diseño experimental completamente al azar, se establecieron cuatro tratamientos con cuatro replicas por tratamiento. Se establecieron tres tratamientos con contenidos de petróleo crudo (T1: 5000, T2: 10000, T3: 15000 ppm), el testigo fue el suelo sin contaminar (T0 = 0 ppm).

Variables evaluadas

Cada ocho días se registraron las siguientes variables: semillas germinadas, altura de las plantas, supervivencia de las plantas y biomasa aéra y radicular.

La determinación de los Hidrocarburos Totales del Petróleo (TPH)

Se determinó por el método EPA 3550C, Extracción Soxhlet marcadas en la NMX-AA-134-SCFI-200.

 ISSN 2007-8102

Resultados y discusión

Germinación

Las semillas de caoba iniciaron su germinación a los quince días de su sembrado en el suelo. Los porcentajes de germinación promedios en el suelo en todas las concentraciones, no fue significativamente diferente ($P<0.05$) de la del suelo sin petróleo (T0). El porcentaje de germinación fue significativamente mayor ($P<0.05$) para *S. macrophylla* en el suelo con petróleo en todas las concentraciones (T1 = 92%, T2 = 100%, T3 = 95%) con relación al testigo (80%). El tratamiento (T1) obtuvo en el primer registro al inicio del experimento el 19% de germinación, seguido del (T3) 15%, el (T2) 8% y el suelo testigo 20%. Ver Figura 1.

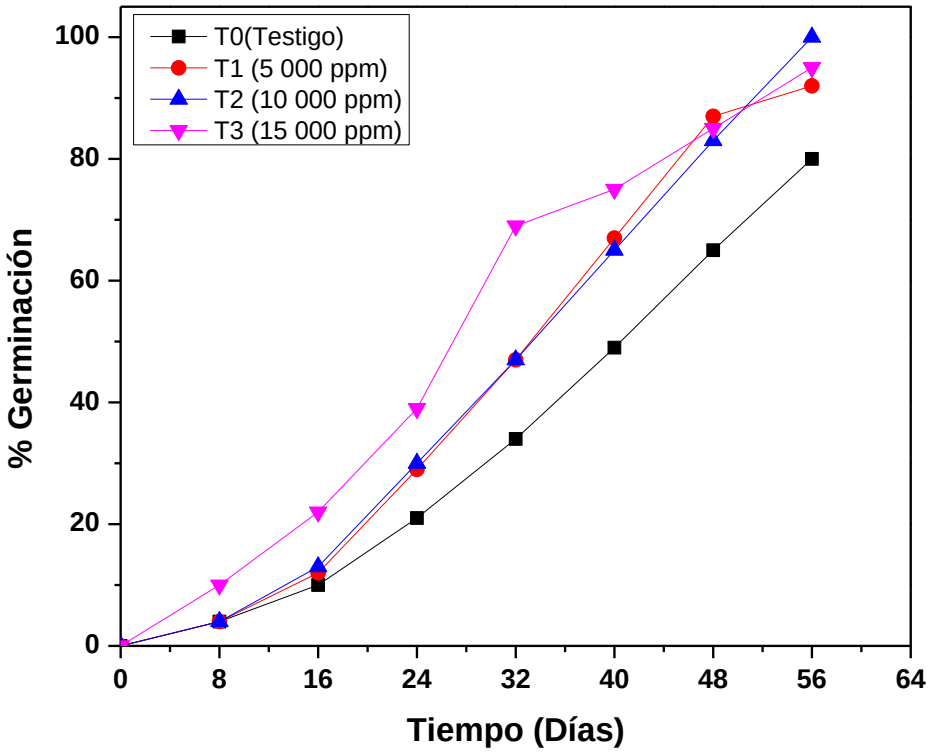


Figura 1. Germinación promedio de las plantas de caoba en función del tiempo a diferentes concentraciones de petróleo crudo.

La germinación de las semillas de caoba puede deberse a que se utilizaron semillas “frescas” las cuales tenían una capa permeable, lo cual permitió que el petróleo entrara dentro de ellas de tal manera que no fue tóxico en la fase de germinación. Otro punto a favor de la germinación, es el tipo de petróleo usado en el estudio (petróleo pesado), con un contenido bajo de fracciones ligeras ya que las fracciones ligeras son más toxicas comparada con las fracciones medias y pesadas.

Después de la primera semana, la expansión de los cotiledones fue más lenta para el suelo testigo y en la segunda semana se aprecia la diferencia del tratamiento T2. La presencia de hidrocarburos estimuló la germinación. Las plantas mostraron un 90% de supervivencia al finalizar el experimento a los 127 días.

Tasa de crecimiento relativo (TCR)

Cada ocho días se registraron las medidas de la altura midiendo desde la base de la plántula hasta su brote terminal para poder observar la diferencia entre tratamientos.

Al final del experimento, las plantas de caoba eran significativamente más altas en el suelo con petróleo que en el testigo (T0) (P <0.05). La altura final de *S. macrophylla* fue menor en el testigo con diferencias significativas (P<0.05) entre los tratamientos con petróleo. El análisis de Tukey mostró diferencias significativas entre tratamientos de *S. macrophylla* (p<0.05). La mayor altura se presentó en el (T1 y T3) de 16-15 cm y la menor con 14 cm en (T2 y T0). Ver Figura 2.

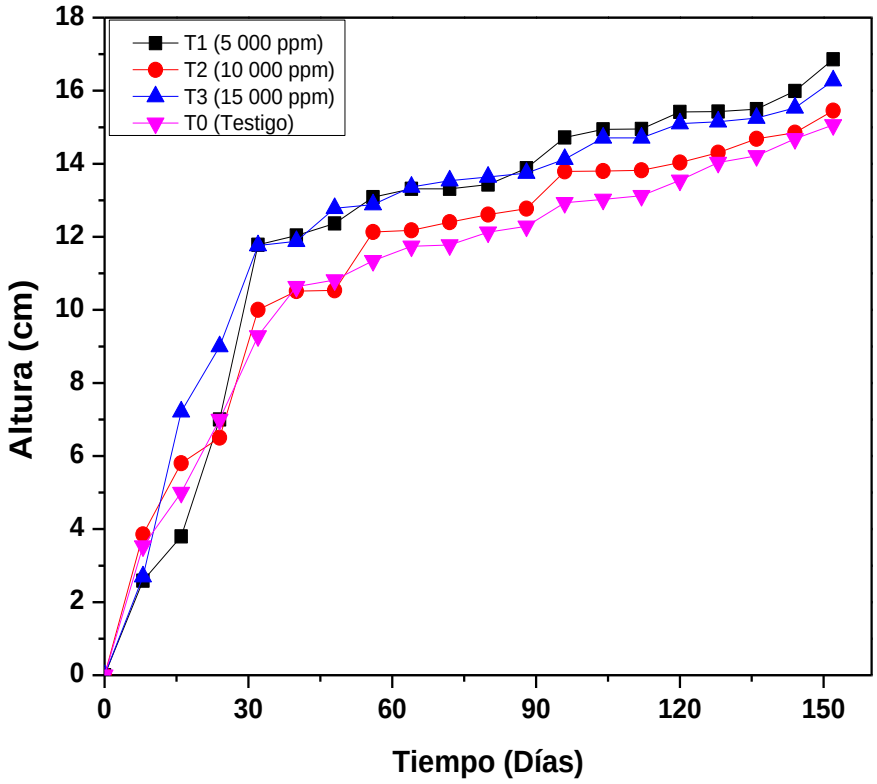


Figura 2. Altura promedio de las plantas de caoba en función del tiempo a diferentes concentraciones de petróleo crudo.

Biomasa aérea y de raíz

Entre los tratamientos con petróleo y el tratamiento con suelo sin contaminar no presentaron las diferencias significativas (P>0.05). El mayor porcentaje de biomasa se presentó en los tratamientos T2, T0 y T3 con respecto a T1. Ver figura 3.

En el presente estudio las concentraciones de petróleo en suelo contaminado resultan no ser tóxicas para las plantas de caoba pero puede afectar en la fertilidad del suelo y desarrollo de las plantas. En las plantas de caoba, la presencia del petróleo crudo no las estimuló significativamente, el peso seco total comparado con el suelo testigo. Al respecto, ciertas concentraciones de hidrocarburos del petróleo pueden estimular la germinación y el crecimiento de algunas plantas.

El efecto del suelo contaminado en el desarrollo de las plantas, así como la germinación dependen del tipo de petróleo, concentración, tiempo de exposición y especialmente de la especie vegetal.

 ISSN 2007-8102

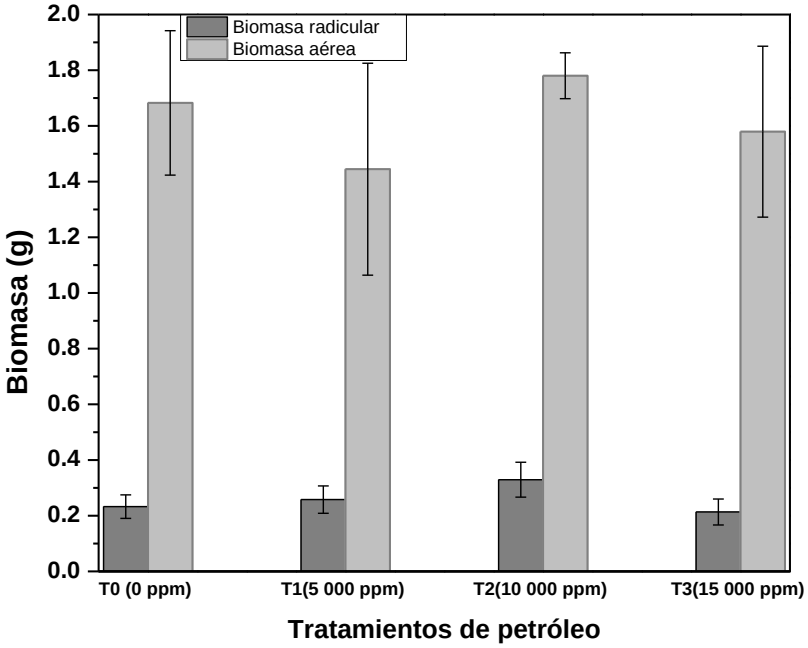


Figura 3. Biomasa seca aérea y de raíz de plantas de caoba sembradas en suelo contaminado con petróleo crudo a diferentes concentraciones.

Determinación TPH

El porcentaje de degradación obtenido fue de 42.71 y 35.07 % (T1 y T3). Ver figura 4. Comparando los resultados con otros estudios, la fitorremediación con pastos es más apropiada que los árboles [11].

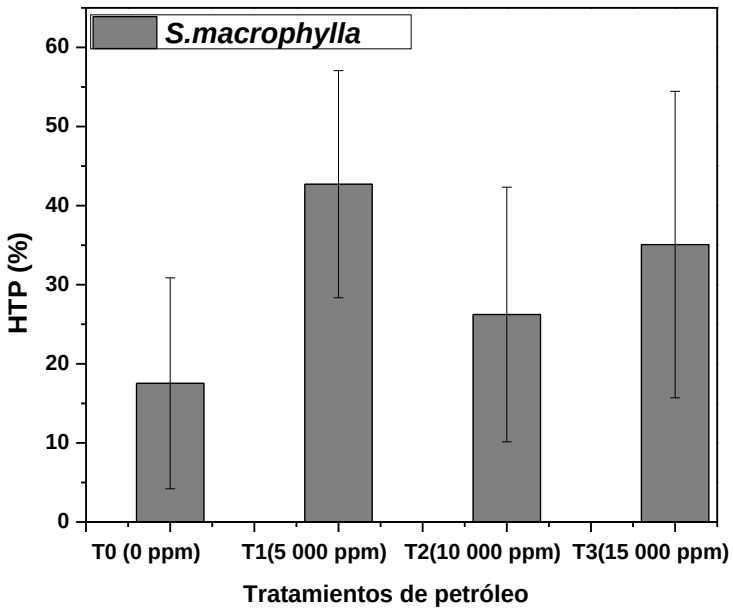


Figura 4. Degradación de TPH usando plantas de caoba sembradas en suelo contaminado con petróleo crudo a diferentes concentraciones.

El uso de árboles no mejora la degradación de TPH sin embargo presentan tolerancia a los hidrocarburos para sobrevivir con vigor combinado con microorganismos y mezclados con pastos pueden ser una opción viable en la fitorremediación. Los beneficios ambientales y económicos al usar árboles en suelos contaminados son promover la comida y áreas de refugio para los animales.

Trabajo a futuro

Se propone continuar el estudio de las plantas con otras concentraciones de petróleo. Se puede plantear la posibilidad de usar otra especie vegetal.

Conclusiones

Las tasas de crecimiento relativo, biomasa aérea y de raíz de las plantas de caoba son afectadas por la presencia del petróleo en el suelo, con una tendencia de mayor afectación conforme aumenta la concentración de petróleo. La sobrevivencia de plantas a todas las concentraciones de petróleo ensayadas en suelo es alta, lo que indica que estas especies son tolerantes al petróleo en esas concentraciones al menos en sus primeros meses de siembra.
Se recomienda experimentar con la misma especie vegetal en suelo a diferentes concentraciones de petróleo con el objetivo de identificar umbrales de tolerancia de la especie a los hidrocarburos del petróleo y así tener argumentos para proponer el uso en suelos contaminados con petróleo. De igual manera es necesario experimentar con la inoculación de microorganismos y adición de fertilizantes orgánicos.

Agradecimientos

Laboratorio de Biotecnología, Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.

Referencias

[1] G. Medina-Pérez, F. Fernández-Luqueño, E. Vazquez-Nuñez, F. López-Valdez, F. Prieto-Méndez, A. Madariaga-Navarrete, M. Miranda-Arámbula. “Remediating Polluted Soils Using Nanotechnologies: Environmental Benefits and Risks”, *Pol. J. Environ. Stud.,* vol. 28, no. 3, pp. 1013-1030, 2019.

[2] K. Guney, M. Cetin, K.B. Guney, A. Melekoglu. “The effects of some hormone applications on Lilium martagon L. germination and morpholgical characters”, *Pol. J. Enviro. Stud*., vol. 26, no. 6, pp. 2533-2538, 2017.

[3] M. Cetin, H. Sevik, A. Saat. “Indoor air quality: the samples of safranbolu bulak Mencilis cave”, *Fresenius Environ. Bull*., vol. 26, no. 10, pp. 5965-5970, 2017.

[4] W.J. Doucette, C. Shunthirasingham, E.M. Dettenmaier, R.T. Zaleski, P. Fantke, J.A. Arnot. “A review of measured bioaccumulation data on terrestrial plants for organic chemicals: metrics, variability, and the need for standardized measurement protocols”, *Environ. Toxicol. Chem*., vol. 37, no. 1, pp. 21-33, 2018.

[5] P. Panagos, M.V. Liedekerke, Y. Yigini and L. Montanarella. “Contaminated sites in Europe: Review of the current situation based on data collected through a European network”, *J. Environ. Public Health*, vol. 1, pp. 1-11, 2013.

[6] C. Liao, W. Xu, G. Lu, F. Deng, X. Liang, C. Guo and Z. Dang. “Biosurfactant-enhanced phytoremediation of soils contaminated by crude oil using maize”, *Ecol. Eng*., vol. 92, pp. 10-17, 2016.

[7] A. Ebadi, N.A.K. Sima, M. Olamaee, M. Hashemi and R.G. Nasrabadi. “Remediation of saline soils contaminated with crude oil using the halophyte Salicornia persica in conjunction with hydrocarbon-degrading bacteria”, *J. Environ. Manage*., vol. 219, pp. 260-268, 2018.

[8] R.H. Adams, V.I. Domínguez. “Bioremediation Potential of Oil Impacted Soil and Water in the Mexican Tropics”, *Terra*, vol. 17, pp. 159–174, 1999.

[9] D. Juck, T. Charles, L.G. Whyte and C.W. Greer. “Polyphasic microbial community analysis of petroleum-contaminated soils from two northern Canadian communities”, *FEMS Microbiol. Ecol*., vol. 33, pp. 241-249, 2000.

[10] R.H. Adams and F. Morales-García. “Concentración residual de hidrocarburos en suelo del trópico. I: Consideraciones para la salud pública y protección al ganado”. *Interciencia*, vol. 33, no. 7, pp. 476-482, 2008.
[11] M.C. Rivera-Cruz, E. Maldonado-Chávez, A. Trujillo-Narcía, A. “Effects of crude oil on the growth of Brachiaria mutica and Leucaena leucocephala and on soil and plant macronutrients”, *Trop Subtrop Agroecosyt*, vol. 15, pp. 30–39, 2012.

Síntesis de derivados de aminotiazol con potencial actividad antiparasitaria

M. D. Caba-Flores,[1] Á. Ramos-Ligonio,[2] R. Colorado-Peralta,[3] A. López-Monteon,[2] D. Hernández-Romero[3]*

[1]Doctorado en Ciencias Biomédicas, Centro de Investigaciones Biomédicas, Universidad Veracruzana, Xalapa, Veracruz, México.
[2]LADISER Inmunología y Biología Molecular, Facultad de Ciencias Químicas, Universidad Veracruzana, Orizaba, Veracruz, México
[3]LADISER Química y Biotecnología, Facultad de Ciencias Químicas, Universidad Veracruzana, Orizaba, Veracruz, México
**deliahernandez@uv.mx*

***Área de participación**: Ingeniería Química*

Resumen

En el presente trabajo se obtuvieron cinco derivados de 2-aminotiazol con diferentes sustituyentes con la finalidad de obtener diversidad química la cual es muy importante en química medicinal para estudiar en un futuro la potencialización o modificación de la actividad biológica en el farmacóforo. Para la obtención de estos derivados primero se sintetizó el 2-aminotiazol-4-carboxilato de etilo, por condensación de bromopiruvato de etilo y tiourea mediante síntesis de Hantzsch. Posteriormente, en el grupo amino libre se realizó la acilación con cinco halogenuros de ácido a los cuales se les determinó su punto de fusión y solubilidad. Asimismo, todos los compuestos fueron caracterizados mediante métodos espectroscópicos como IR y RMN.

***Palabras clave**: 2-Aminotiazol, actividad antiparasitaria, síntesis de Hantzsch, acilación.*

Abstract

In the present work, five 2-aminothiazole derivatives were obtained with different substituents in goal to obtain chemical diversity, which is very important in medicinal chemistry to study the potentialization or modification in the biological activity of the pharmacophore in the future. To obtain these derivatives, first was synthesized the ethyl 2-aminothiazole-4-carboxylate, by condensation of ethyl bromopyruvate and thiourea by Hantzsch synthesis. After, the free amino group was acylated with five acid halides, whose melting point and solubility were determined. In addition, all compounds were characterized by spectroscopic methods such as IR and NMR.

***Key words**: 2-Aminothiazole, antiparasitic activity, Hantzsch synthesis, acylation.*

Introducción

El tiazol es un heterociclo que se ha utilizado como base de diferentes compuestos con potente actividad biológica [1,2]. Algunos de los usos de sus derivados es como antibacterial [3,4], antiviral [5], anticancerígeno [6], entre otras aplicaciones en química medicinal [7]. Una de las características más importantes de estos derivados son los estudios que se han realizado para verificar la citotoxicidad, mostrando que suelen ser compuestos muy selectivos y poco tóxicos a las células normales. En un trabajo reciente se reportó que los compuestos **1a**-**1d** tienen potente actividad y selectividad frente a *P. falciparum* (actividad antimalaria) incluso más activos que el compuesto usado como control positivo cloroquina. El compuesto **1d** además presento actividad frente a *L. infantum (actividad antileishmania)* mientras que el compuesto **1e** y **1c** fueron activos contra *T. cruzi (actividad tripanocida)* además ninguno de estos compuestos mostró citotoxicidad frente a la línea celular MRC-5 (fibroblastos respiratorios de origen humano) [8], por su parte, los derivados de tiazol con enlace amida también han presentado actividad frente a *P. falciparum* [9].

Anteriormente se había demostrado que estos derivados tienen actividad frente a *P. falciparum* debido a que inhiben a la proteína PfENR la cual es clave para inhibir la energía metabólica en este parásito [10,11].

Por otra parte, se había estudiado la selectividad de los derivados de tiazol y su alta actividad tripanocida incluso mejor que el benznidazol y nifurtimox utilizados comúnmente para este parásito y con baja toxicidad en células HepG2 (línea celular de hígado) [12] y en células AB943 (fibroblastos humanos) [13]. También, fueron reportados una serie de aminotiazoles con enlace amida **2**-**4**, activos en amastigotes de *T. cruzy* y con baja toxicidad en la línea celular L6 (mioblastos) [14]. En los estudios realizados se ha demostrado que los tiazoles tienen capacidad tripanocida debido a que pueden alterar la biosíntesis del ergosterol [15] el cual es importante para el crecimiento y viabilidad de esta clase de parásitos [16]. Además, en trabajos similares se ha reportado que los derivados de tiazol provocan apoptosis en los parásitos [17,18]. Por su parte, los compuestos **5a**-**5b** presentaron actividad frente a *Giardia intestinalis* incluso mejor que el antiparasitario comercial metronidazol [19]. Estos nuevos derivados de tiazol aunados al ya conocido antiparasitario nitazoxanida el cual es utilizado para diferentes infecciones provocadas por un amplio espectro de parásitos [20,21] (Figura 1.), permite visualizar la amplia capacidad de los derivados de tiazol como potentes y selectivos agentes antiparasitarios, por lo cual la síntesis de nuevos compuestos que tengan como farmacóforo principal el tiazol, es un campo de gran aplicación en la química medicinal.

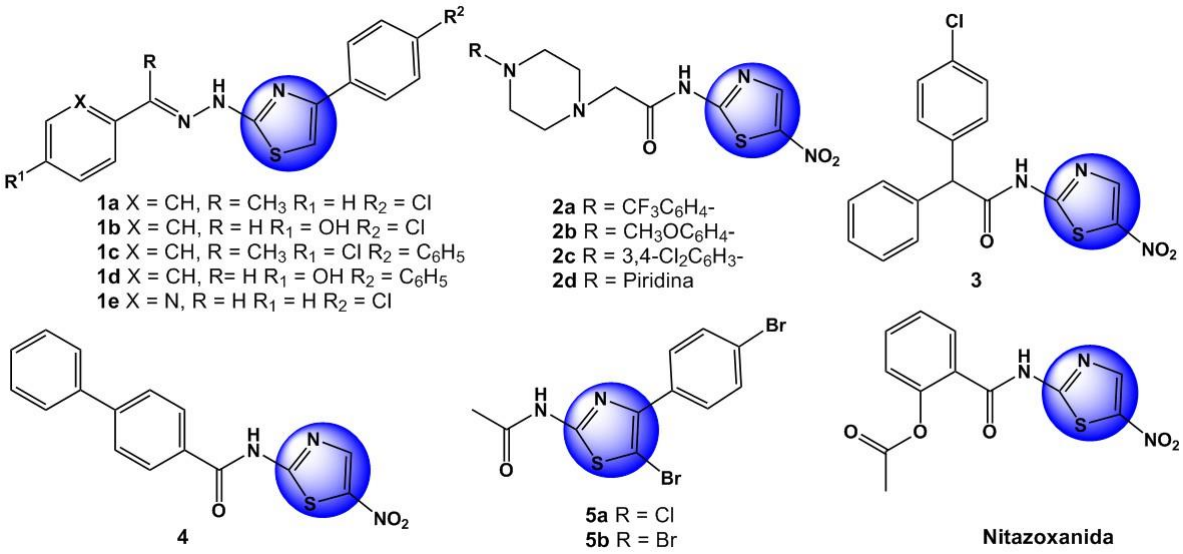


Figura 1. Agentes antiparasitarios con tiazol como farmacóforo principal

Metodología

Equipos y materiales

Los reactivos fueron adquiridos en Sigma-Aldrich. El seguimiento de las reacciones se realizó mediante el empleo de CCF con cromatofolios (Merck, DC-F254, Alemania) de gel de sílice sobre aluminio. La separación y purificación de los compuestos se llevó a cabo por cromatografía en columna empleando silica gel 200-400 mesh. Se utilizaron equipos e instrumentos como: Rotavapor (Heidolph System, 4011, Alemania), balanza electrónica (RADWAG, AS. R2, México), lámpara de luz ultra violeta (UVGL-58, 95-0007-05, México) y estufa de secado (BINDER, VD 23 - 24 L, Estados Unidos).

Los espectros de Infrarrojo fueron realizados con el equipo FT-IR Spectrometer (PerkinElmer, Spectrum 100, México). Los espectros de Resonancia Magnética Nuclear (RMN) de ^{1}H y ^{13}C, fueron determinados en un espectrómetro (VARIAN, 400 MHz, Estados Unidos). Los δ (desplazamientos) están expresados en partes por millón (ppm) respecto a la señal de cloroformo

deuterado ($CDCl_3$) y dimetil sulfóxido deuterado (DMSO-d_6) como referencia interna. Las abreviaturas empleadas en la asignación de las bandas son: (s) singulete, (d) doblete, (t) triplete, (c) cuadruplete, (m) multiplete.

Procedimiento para la obtención del 2-aminotiazol- 4-carboxilato de etilo (1)

Para la síntesis del compuesto **1** (Figura 2) se depositó en un matraz tiourea (1 Eq.), y se disolvió en 5 mL de etanol absoluto posteriormente se agregó bromopiruvato de etilo (1.05 Eq.), se agitó y se reflujo por 3 h. Terminada la reacción se realizaron extracciones con acetato de etilo. Posteriormente se secó la fase orgánica con Na_2SO_4, se filtró y se concentró en rotavapor y se obtuvo un sólido amarillo. IR (ν_{max} cm^{-1}): 3439 (NH), 3127 (C-H Ar), 1687 (C=O éster), 1616 (C=N), 745 (C-S). RMN ^1H (DMSO-d_6, 500 MHz) δ (ppm) 1.25 (t, 3H), 4.19 (c, 2H), 7.25 (bs, 1H), 7.45 (s, 1H). RMN ^{13}C (DMSO-d_6, 500 MHz) δ (ppm) 14.2, 60.1, 116.9, 142.0, 161.0, 168.2.

Procedimiento general para las acilaciones al 2-aminotiazol (2a-e)

Para la síntesis de los derivados **2a-e** (Figura 2) en un matraz se depositó el 2-aminotiazol **1** (1 Eq.) y se disolvió en 4 mL de tolueno anhidro, posteriormente se adicionó Et_3N, (3 Eq) y el cloruro de ácido correspondiente (1.2 Eq.), se calentó a 80ºC y se realizó el seguimiento de la reacción por cromatografía de capa fina. Una vez terminada la reacción se realizaron tres extracciones con acetato de etilo, la fase orgánica se concentró en rotavapor y posteriormente se purificó por cromatografía de columna.

Compuesto 2a

La síntesis del compuesto **2a** se realizó por el método general para acilaciones antes descrito y se obtuvo un sólido amarillo con PF de 145-148ºC y con solubilidad en DMSO, ACOEt, CH_2Cl_2, $CHCl_3$. IR (ν_{max} cm^{-1}): 3239 (NH), 3061, (C-H Ar), 1693 (C=O éster), 1671 (C=O amida), 1593 (C=N), 1546 (N-C=O), 1053 (*o*-Cl), 771 (C-S). ^1H RMN ($CDCl_3$ 400 MHz) δ (ppm) 1.37 (t, 3H), 4.33 (c, 2H), 7.38-7.42 (m, 1H), 7.45-7.48 (m, 2H), 7.82-7.84 (m, 1H), 7.88 (s, 1H) 10.56 (s, 1H). RMN ^{13}C ($CDCl_3$, 400 MHz) δ (ppm) 14.4, 61.5, 122.6, 127.5, 131.0, 131.2, 131.5, 131.8, 133.1, 142.0, 158.0, 161.3, 164.1.

Compuesto 2b

La síntesis del compuesto **2b** se realizó por el método general para acilaciones antes descrito y se obtuvo un sólido amarillo con PF de 175-178ºC y con solubilidad en DMSO, ACOEt, CH_2Cl_2, $CHCl_3$. IR (ν_{max} cm^{-1}): 3213 (NH), 3062 (C-H Ar), 1716 (C=O éster), 1686 (C=O amida), 1600 (C=N), 1551 (N-C=O), 743 (C-S). ^1H RMN ($CDCl_3$ 400 MHz) δ (ppm) 1.34 (t, 3H), 4.35 (c, 2H), 5.18 (s, 1H), 7.13-7.25 (m, 4H), 7.27-7.32 (m, 6H), 7.80 (s, 1H), 9.68 (s, 1H). RMN ^{13}C ($CDCl_3$, 400 MHz) δ (ppm) 14.4, 58.7, 61.6, 122.6, 128.0, 129.0, 129.2, 137.5, 141.7, 158.1, 161.5, 170.7.

Compuesto 2c

La síntesis del compuesto **2c** se realizó por el método general para acilaciones antes descrito y se obtuvo un sólido amarillo con PF de 224-226ºC y con solubilidad en DMSO, ACOEt, CH_2Cl_2, $CHCl_3$. IR (ν_{max} cm^{-1}): 3207 (NH), 3092 (C-H Ar), 1699 (C=O éster), 1662 (C=O amida), 1629 (C=N), 1575 (N-C=O), 1538 (NO_2-asim), 1341 (NO_2-sim), 757 (C-S). ^1H RMN (DMSO, 500 MHz) δ (ppm) 1.32 (t, 3H), 4.31 (c, 2H), 8.17 (s, 1H), 9.01 (s, 1H), 9.31 (d, 2H), 13.7 (bs, 1H). RMN ^{13}C ($CDCl_3$, 400 MHz) δ (ppm) 14.1, 60.7, 121.8, 123.6, 128.5, 148.2, 160.9.

Compuesto 2d

La síntesis del compuesto **2d** se realizó por el método general para acilaciones antes descrito y se obtuvo un sólido amarillo con PF de 141-143ºC y con solubilidad en DMSO, ACOEt, CH_2Cl_2, $CHCl_3$. IR (ν_{max} cm^{-1}): 3269 (NH), 3062 (C-H Ar), 2926 (C-H Alifático), 1686 (C=O), ~1600 (C=N), 1552 (N-C=O), 766 (C-S). ^1H RMN ($CDCl_3$ 400 MHz) δ (ppm) 0.84-0.87 (t, 3H), 1.18-1.34 (m, 8H), 1.35-1.39 (t, 3H), 1.59-1.71 (m, 2H), 2.43-2.47 (t, 2H), 4.36-4.39 (c, 3H), 7.82 (s, 1H), 10.34 (s, 1H).

 ISSN 2007-8102

RMN ^{13}C ($CDCl_3$, 400 MHz) δ (ppm) 14.1, 14.4, 22.5, 25.0, 28.8, 29.8, 31.5, 36.2, 61.4, 122.3, 141.4, 158.8, 161.4, 171.9.

Compuesto 2e

La síntesis del compuesto **2e** se realizó por el método general para acilaciones antes descrito y se obtuvo un sólido amarillo con un PF de 225-227°C y con solubilidad en DMSO, ACOEt, MeOH, CH_2Cl_2, $CHCl_3$. IR (ν_{max} cm^{-1}): 3166 (NH), 3064 (C-H Ar), 2917 (C-H Alifático), 1713 (C=O), 1659 (C=O amida), ~1600 (C=N), 1563 (N-C=O), 738 (C-S). ^1H RMN ($CDCl_3$ 400 MHz) δ (ppm) 1.36-1.39 (t, 3H), 2.25 (s, 3H), 4.34- 4.39 (c, 2H), 7.81 (s, 1H), 10.63 (s, 1H). RMN ^{13}C ($CDCl_3$, 400 MHz) δ (ppm) 14.3, 23.1, 61.3, 122.1, 141.1, 158.9, 161.4, 168.7.

Resultados y discusión

Síntesis de los derivados de tiazol

En el presente trabajo se reporta la síntesis de derivados acilados de 2-aminotiazol (Figura 2), la primera parte fue la obtención del 2-aminotiazol por síntesis de Hantzsch, en la segunda parte de la síntesis se realizó la funcionalización del 2-aminotiazol usando diferentes cloruros de ácido y se obtuvieron cinco derivados de tiazol funcionalizados con diferentes sustituyentes con la finalidad de obtener diversidad química.

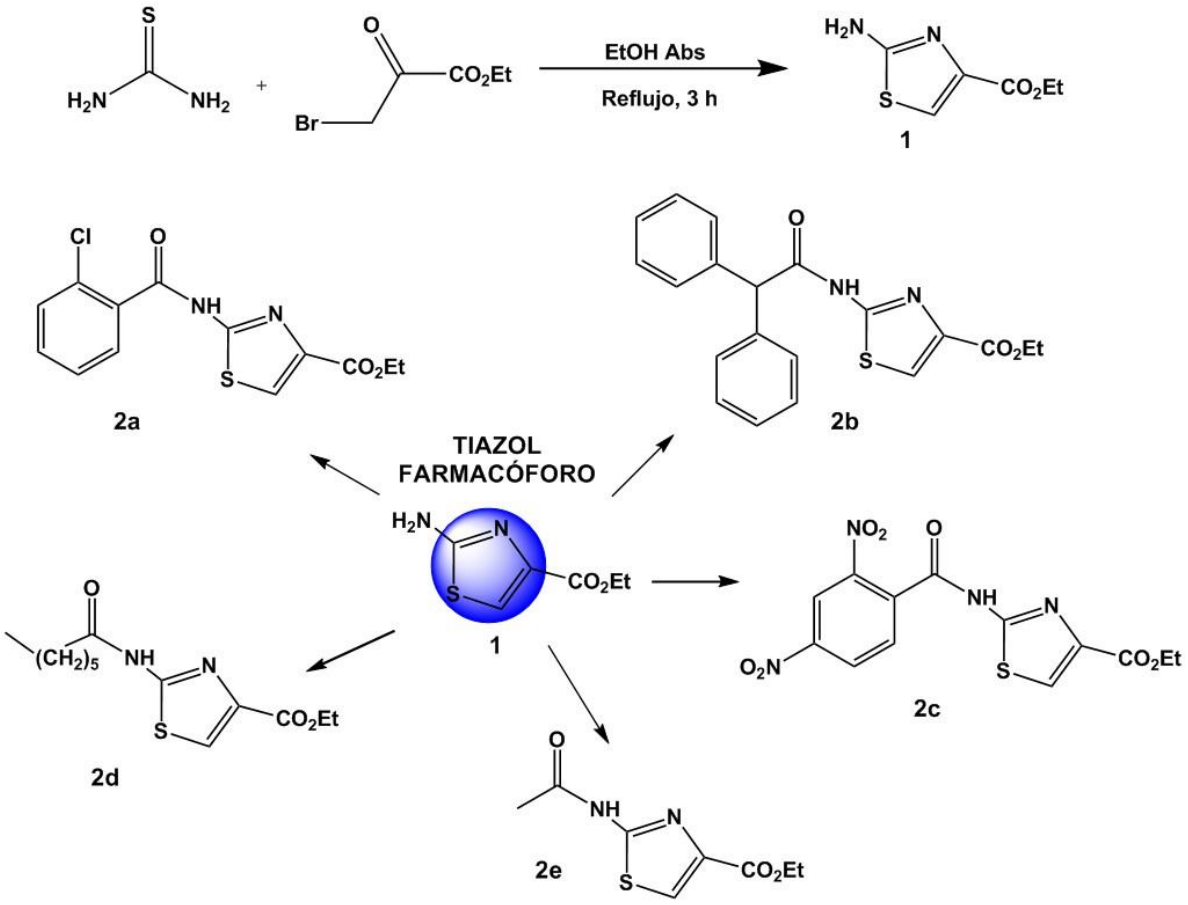


Figura 2. Síntesis de derivados de tiazol

 ISSN 2007-8102

Identificación de los compuestos por espectroscopia

Los compuestos **2a**-**2e** se purificaron por cromatografía de columna y fueron caracterizados por métodos espectroscópicos como Espectroscopia de Infrarrojo (IR), Resonancia Magnética Nuclear de protón (RMN ^{1}H), Resonancia Magnética Nuclear de carbono 13 (RMN ^{13}C), además, se determinó su punto de fusión y solubilidad en cada caso.

Para el compuesto 2-(2-clorobenzamido)tiazol-4-carboxilato de etilo **2a** en espectroscopia infrarroja (Figura 3) se identificaron las siguientes bandas, en 3239 cm^{-1} la banda de estiramiento de N-H, en 3061 cm^{-1} la banda de tensión de C-H aromático, en 1693 cm^{-1} el grupo C=O del éster, en 1671 cm^{-1} la banda de tensión de C=O de la amida, posteriormente en 1593 cm^{-1} la banda C=N, en 1546 cm^{-1} la vibración de tensión del enlace N-C=O, en 1053 cm^{-1} la vibración del benceno disustituido con cloro en posición *orto*, en 771 cm^{-1} la vibración de tensión del enlace C-S del anillo de tiazol.

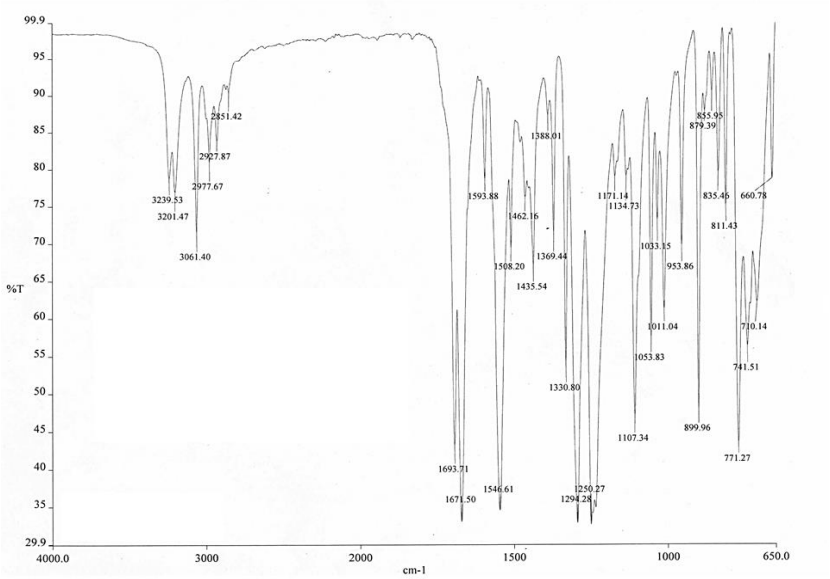


Figura 3. Espectro de IR del 2-(2-clorobenzamido)tiazol-4-carboxilato de etilo 2a

El compuesto fue caracterizado por RMN de ^{1}H (Figura 4) y se observaron las siguientes señales, un triplete en 1.37 ppm se asignó al metilo H1, el cuadruplete en 4.34 ppm se asignó al metileno H2, el multiplete a 7.38-7.42 ppm se asignó al metino H12, el multiplete de 7.45-7.48 ppm se asignó a los metinos H11 y H13, el multiplete de 7.82-7.84 ppm se asignó al metino H14, el singulete de 7.88 ppm se asignó al metino H5 y finalmente el singulete de 10.56 ppm se asignó al hidrógeno de la amida.

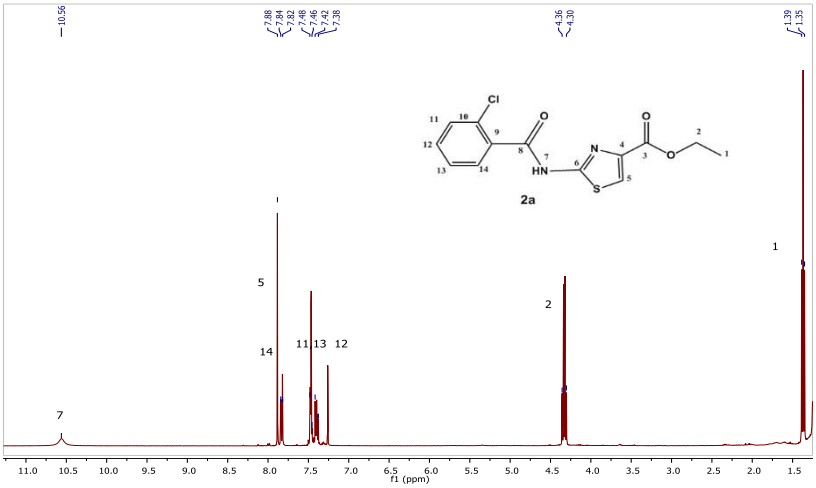


Figura 4. Espectro de RMN ^{1}H de 2-(2-clorobenzamido)tiazol-4-carboxilato de etilo 2a

 ISSN 2007-8102

De la misma manera se realizó la interpretación de RMN ^{13}C del compuesto **2a** (Figura 5) la señal a 14.4 ppm se asignó al carbono C1, la señal a 61.5 ppm se asignó al carbono C2, para la señal a 122.6 ppm se asignó al carbono C5, la señal de 127.5 ppm se asignó al carbono C12, la señal de 131.0 ppm se asignó al carbono C11, la señal a 131.2 ppm se asignó al carbono C13, para la señal en 131.5 ppm se asignó para el carbono C10, en la señal de 131.8 ppm se asignó al carbono C9, para la señal 133.1 ppm se asignó al carbono C14, la señal 142.0 ppm se asignó al carbono C4, en 158.0 ppm se asignó al carbono C6, para la señal a 161.3 ppm se asignó al carbono C8, y finalmente en 164.1 ppm se asignó al carbono C3.

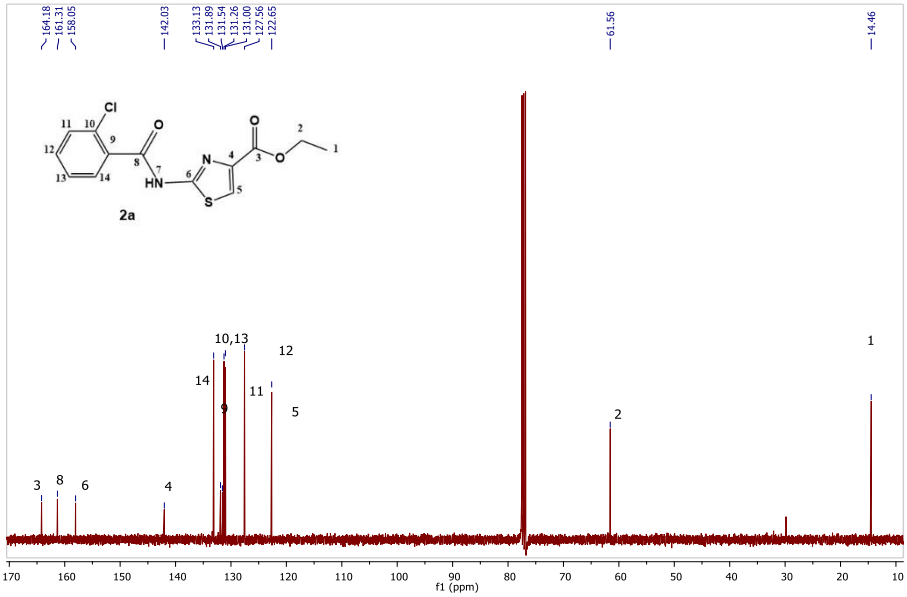


Figura 5. Espectro de RMN ^{13}C de 2-(2-clorobenzamido)tiazol-4-carboxilato de etilo 2a

La espectroscopia de cada uno de los compuestos obtenidos se encuentra descrita en la parte experimental del presente trabajo**.**

Efecto de los sustituyentes

Como se puede observar en los sustituyentes presentados se encuentran dos cadenas alquílicas ya que un cambio en la longitud de una cadena alquílica permitirá aumentar la lipofilia de la molécula y por lo tanto, sus propiedades de absorción, distribución y excreción. Por otra parte, se añadieron anillos aromáticos ya que se ha comprobado en muchas ocasiones que la introducción de un sistema aromático posee un papel importante en la unión con dianas modificando la transferencia de carga donador-receptor y las interacciones de Van der Waals con regiones hidrofóbicas planares del sitio activo. Además, sobre el anillo aromático se agregó cloro con la finalidad que pueda originar efectos estéricos, como enmascarar ciertas funciones o provocar cambios conformacionales, incitar efectos hidrofóbicos, efectos electrónicos, tales como el efecto inductivo atractor de electrones y bloqueos metabólicos [22].

En el caso del grupo nitro como sustituyente del anillo aromático ha sido un factor muy favorable, si no esencial, en la actividad antiparasitaria de varios nitroderivados, especialmente del furano, tiofeno y tiazol. El grupo nitro se considera que tiene una alta efectividad frente a los parásitos ya que modifica profundamente las propiedades fisicoquímicas y en consecuencia, el metabolismo de los fármacos de los que forma parte por lo cual fue un sustituyente muy importante de considerar para estos derivados de aminotiazol [23].

Trabajo a futuro

La diversidad química obtenida sobre el anillo de tiazol permitirá realizar estudios sobre la citotoxicidad de estos compuestos y su actividad antiparasitaria para identificar el mejor sustituyente en el farmacóforo.

Conclusiones

Se realizó la síntesis del 2-aminotiazol mediante síntesis de Hantzsch sustituido con un éster en posición 4 del anillo, el cuál funcionó como base principal para la obtención de cinco derivados acilados. Todos los compuestos fueron caracterizados mediante técnicas espectroscópicas como IR, RMN ^{1}H y ^{13}C, además se determinó el punto de fusión y la solubilidad en diferentes disolventes de cada uno de los compuestos.

Referencias

[1] D. Das, P. Sikdar, and M. Bairagi, “Recent developments of 2-aminothiazoles in medicinal chemistry.” *European Journal of Medicinal Chemistry*, vol. 109, pp. 89-98, 2016.

[2] V. Gupta and V. Kant, “A Review on biological activity of imidazole and thiazole moieties and their derivatives.” *Science International*, vol 1, no. 7, pp. 253-260, 2013.

[3] M. Fesatidou, A. Petrou and G. Athina, “Heterocycle compounds with antimicrobial activity” *Current Pharmaceutical Design*, vol 26, no.8, pp. 867-904, 2020.

[4] S. Cascioferro, B. Parrino, D. Carbone, D. Schillaci, E. Giovannetti, G. Cirrincione, and P. Diana, “Thiazoles, their benzofused systems, and thiazolidinone derivatives: versatile and promising tools to combat antibiotic resistance.” *Journal of Medicinal Chemistry*. 2020.

[5] I. P. Singh, S. Gupta, and S. Kumar, “Thiazole compounds as antiviral agents: An update. *Medicinal Chemistry*, vol.16*,* no.1, pp.4-23, 2020.

[6] P. C. Sharma, K. K. Bansal, A. Sharma, D. Sharma, and A. Deep, “Thiazole-containing compounds as therapeutic targets for cancer therapy.” *European Journal of Medicinal Chemistry*, vol. *188*, pp. 1-46, 2020.

[7] N. M. Aljamali, M. G. A. A. Almosawy, A. A. A. Hussein, N. A. A. A. Bahar, R. A. A. Ghafil, and N. A. Hamza, “Review on chemical-biological applications of thiazole derivatives.” *Forefront Journal of Engineering and Technology*, vol. 2, no 3, pp. 9-22, 2020.

[8] S. S. Jadav, V. N. Badavath, R. Ganesan, N. M. Ganta, B. N. Sinha, and Jayaprakash, V. “Biological evaluation of 2- aminothiazole hybrid as antimalarial and antitrypanosomal agents: design and synthesis.” *Anti-Infective Agents*, vol.17, pp.1-8, 2019.

[9] R. B. Aher, and K. Roy, “QSAR and pharmacophore modeling of diverse aminothiazoles and aminopyridines for antimalarial potency against multidrug-resistant Plasmodium falciparum.” *Medicinal Chemistry Research*, vol. 23, no.9, pp. 4238-4249, 2014.

[10] P. Makam, P. K. Thakur, and T. Kannan, “In vitro and in silico antimalarial activity of 2-(2-hydrazinyl) thiazole derivatives.” *European Journal of Pharmaceutical Sciences*, vol. 52, pp. 138-145, 2014.

[11] V. A. Morde, M. S. Shaikh, R. R. Pissurlenkar, and E. C. Coutinho, “Molecular modeling studies, synthesis, and biological evaluation of Plasmodium falciparum enoyl-acyl carrier protein reductase (PfENR) inhibitors.” *Molecular diversity*, vol. 13, no. 4, pp. 501-517, 2009.

[12] M. V. de Oliveira Cardoso, L. R. P. de Siqueira, E. B. da Silva, L. B. Costa, M. Z. Hernandes, M. M. Rabello, and M. C. A. B. de Castro, “2-Pyridyl thiazoles as novel anti-Trypanosoma cruzi agents: Structural design, synthesis and pharmacological evaluation.” *European Journal of Medicinal Chemistry*, vol. 86, pp. 48-59, 2014.

[13] A. Kryshchyshyn, D. Kaminskyy, O. Karpenko, A. Gzella, P. Grellier, and R. Lesyk, “Thiazolidinone/thiazole based hybrids–New class of antitrypanosomal agents.” *European Journal of Medicinal Chemistry*, vol. 174, pp. 292-308, 2019.

[14] M. V. Papadopoulou, W. D. Bloomer, H. S. Rosenzweig, S.R., Wilkinson, J. Szular, and M. Kaiser, “Antitrypanosomal activity of 5-nitro-2-aminothiazole-based compounds.” *European Journal of Medicinal Chemistry*, vol. 117, pp. 179-186, 2016.

[15] M. E. Caputto, A. Ciccarelli, F. Frank, A. G. Moglioni, G. Y. Moltrasio, D. Vega, E. Lombardo, and L.M. Finkielsztein, "Synthesis and biological evaluation of some novel 1-indanone thiazolylhydrazone derivatives as anti-Trypanosoma cruzi agents." *European Journal of Medicinal Chemistry*, vol. 55, pp. 155-163, 2012.

[16] I. García-Torres, and Pérez-Montfort, R. "Avances en la identificación de blancos terapéuticos y el diseño racional de fármacos contra la enfermedad de Chagas." *Revista de Educación Bioquímica*, vol. 30, no. 2, pp. 68-81, 2011.

[17] E. B. da Silva, D. A. O. e Silva, A. R. Oliveira, C. H. da Silva Mendes, T. A. R. dos Santos, A. C. da Silva, A.M.C. Castro, R.S. Ferreira, M.D.R. Moreira, M.V.O. Cardoso, C. A. de Simone, A.V.R. Pererira, and L.A.C. Leite, "Desing and synthesis of potent anti-Trypanosoma cruzi agents new thiazoles derivatives which induce apoptotic parasite death." *European Journal of Medicinal Chemistry*, vol. 130, pp. 39-50, 2017.

[18] F.G.B. de Oliveira, C.M.V. de Oliveira, E.J.W. Pontes, S.D.A. Oliveira, F.R. Salgado, C.P.L. Lacerda, A.P. Silva, S.E. de Souza, M.C.S. Santana, M.D.R. Magalhaes, S.M.B. Pereira and L.A.C. Lima, "Structural design,synthesis and pharmacological evaluation of thiazoles against Trypanosoma cruzi." *European Journal of Medicinal Chemistry*, vol. 141, pp. 346–361, 2017.

[19] R. Mocelo-Castell, C. Villanueva-Novelo, D. Cáceres-Castillo, R. M. Carballo, R. F. Quijano-Quiñones, M. Quesadas-Rojas, Z. Cantillo-Ciau, R. Cedillo-Rivera, R.E. Moo-Puc, L.M. Moujir, and G. J. Mena-Rejón, "2-Amino-4-arylthiazole derivatives as anti-giardial agents: synthesis, biological evaluation and QSAR studies." *Open Chemistry*, vol. 13, pp. 1127-1136, 2015.

[20] L. M. Fox, and L. D. Saravolatz, "Nitazoxanide: a new thiazolide antiparasitic agent." *Clinical infectious diseases*,vol. 40 no. 8, pp. 1173-1180, 2005.

[21] H. M. Gilles, and P. S. Hoffman, "Treatment of intestinal parasitic infections: a review of nitazoxanide." *Trends in parasitology*, vol. 18, no. 3, pp. 95-97, 2002.

[22] J. A. G. Pérez, *Panorama actual de la química farmacéutica*, vol. 5. España, Universidad de Sevilla. 2000.

[23] A. Korolkovas, and J. H. Burckhalter, *Compendio esencial de química farmacéutica*. España. Editorial Reverté, 1983.

 ISSN 2007-8102

Efecto de microorganismos en el cultivo de camote de cerro y su establecimiento *in vitro*

V. S. Farias Cervantes[1], M. I. Montero Cortés[1], J. J. Rivas González [1], J. J. Márquez Márquez[1], I. G. López Muraira[1]*

[1]Instituto Tecnológico de Tlajomulco del Tecnológico Nacional de México, Km 10 carr Tlajomulco, Cto. Metropolitano Sur, 45640 Tlajomulco de Zúñiga, Jal.

*mayraitz@yahoo.com.mx

***Área de participación**: Ingeniería Química*

Resumen

El camote de cerro (*Dioscorea sp.*) es un tubérculo tropical producido de manera no establecida en México con fines alimenticios y medicinales. Su sobreexplotación potencializa un alto riesgo de pérdida de las variedades endémicas del país, por tal motivo el objetivo del trabajo es rescatar plantas en cultivo *in vitro* y evaluar diferentes sustratos, así como microorganismos asociados a la producción y brotación del camote de cerro (*Dioscorea sp*.). En este estudio, evaluamos diferentes porcentajes de dos sustratos (jal y tierra); T1.- 100 %(p/p) jal; T2.- 75 %(p/p) jal y 25 %(p/p) tierra; T3.- 50 %(p/p) jal y 50 %(p/p) tierra; T4.- 25 %(p/p) jal y 75 %(p/p) tierra; T5.-100 %(p/p) tierra; de cada tratamiento se utilizó en versión esterilizada (E) y no esterilizada (NE). El tipo de sustrato y los microorganismos presentes en los mismos juegan un papel importante en la brotación y producción de camote de cerro.

***Palabras clave**: Camote de cerro, producción, cultivo in vitro.*

Abstract

The Dioscorea sp. is a tropical tuber not cultivated in Mexico which is used as a source of food and medicinal purposes. Overexploitation is one of the main threats to leads to decline or loss of the endemic varieties, for the above the objective of the work was in vitro yam plant rescue and evaluation of different substrates, as well as microorganisms associated with production and sprouting of the yam. In this study, we evaluated different percentage of two substrates (pumice and soil garden); T1.100 %(w/w) pumice, T2. 75 %(w/w) pumice and 25 %(w/w) soil garden, T3. 50%(w/w) pumice and 50 %(w/w) soil garden; T4. 25 %(w/w) pumice and 75 %(w/w) soil garden; T5. 100 %(w/w) soil garden; of each treatment was used in sterile(E) and non-sterile (NE) versions. The type of substrate and the microorganisms present in them play an important role in the sprouting and production of yam.

***Key words**: Yam, production, in vitro culture*

Introducción

El camote de cerro (*Dioscorea sp.*) es una planta de gran interés alimenticio y medicinal, con un gran potencial. Algunas especies fueron introducidas en México hace muchos años y otras son endémicas de cada una de las regiones del país. Actualmente el camote de cerro (*Dioscorea sp.*), no se cultivan de forma intensiva, se producen de forma silvestre y son sobreexplotadas por su colecta intensiva [1]. En el estado de Jalisco, esta importante planta está localizada en las áreas montañosas, en donde los tubérculos son difíciles de colectar y la sobre-explotación ha llevado a disminuir las poblaciones naturales [2]. Jalisco cuenta con muchas condiciones climáticas y tipos de suelo, lo que resulta en una amplia gama de ecosistemas y estructura vegetal que influye en la gran variabilidad en las características del fruto del camote de cerro como resultado de la diversidad de microorganismos presentes en los suelos, dentro de este se encuentra la rizosfera, que es una región que rodea las raíces de las plantas con distinta diversidad microbiana y actividad. Es un nicho dinámico de comunidades microbianas complejas que contiene tanto microbios patógenos como benéficos, en estos últimos pueden existir agentes de biocontrol (control de enfermedades) y promotores del crecimiento de las plantas, esto varía en población y diversidad a través de ecologías y se ve afectada por varios factores, incluidos condiciones del suelo, del medio ambiente, plantas hospederas, prácticas agrícolas cercanas entre otras más [3].

Dare y col. [4] reportaron que la disminución de la fertilidad del suelo ha sido un impedimento para lograr rendimientos óptimos e incluso para mantener los rendimientos actuales de la producción del género *Dioscorea sp*., en países como Nigeria. Por otro lado, Khan y col. [5] así como Agbede y Adekiya, [6], reportaron que los suelos finos y sueltos, así como la distribución del tamaño del poro que controla la capacidad de un suelo para almacenar y transmitir aire, agua y productos químicos agrícolas, así como los nutrientes en general, puede influir de forma positiva o negativa en la capacidad de producción del camote de cerro. Agbede, Adekiya y Ogeh, [7] reportaron que el camote de cerro es un cultivo que requiere un suelo relativamente rico, particularmente en términos de materia orgánica y nutrientes del suelo. Por lo que la diversidad en los sistemas de cultivo de camote de cerro se convierte en un imperativo el rescate del camote de cerro, así como el conocimiento y comprensión de la contribución potencial de la simbiosis entre los microorganismos presentes en el suelo y tipo de suelo sobre la producción del camote de cerro (*Dioscorea sp*.).

Metodología

Localización

El estudio se realizó en el Instituto Tecnológico de Tlajomulco del Tecnológico Nacional de México, ubicado en el municipio de Tlajomulco de Zúñiga a 1558 msnm 20°26´34.37´´N y 103° 25´16.06´´ O, con una precipitación anual de 1346,1 mm, humedad relativa del 84%, temperatura anual de 27.4 °C, se clasifican como una zona de bosque seco tropical

Material vegetal

El camote de cerro se obtuvo en el mes de febrero del 2019 en San Luis Soyatlan y en San Miguel Cuyutlán, en el estado de Jalisco, México. El tubérculo fue desinfectado en 1 g L^{-1} de benomilo durante 5 min, posteriormente se secó a la sombra a temperatura ambiente a 25 °C. El tubérculo se transfirió en bolsas de papel y se almacenó a la sombra a temperatura ambiente (25 °C) durante dos meses y medio.

Evaluación del efecto de microorganismos presente en el sustrato en la brotación y rendimiento del camote de cerro

El experimento del cultivo de camote de cerro se realizó en un espacio con mallasombra (70 %), los camotes se trataron con una solución de 1 g L^{-1} de benomilo durante 10 min y se sembraron 270 g

de camote de cerro en recipientes de plástico con capacidad de 20 L con 15 kg de sustrato, se realizaron mezclas de tierra y jal como se describe a continuación: T1. 100 % *(p/p)* jal, T2. 75 % *(p/p)* jal – 25 % *(p/p)* tierra, T3. 50 % *(p/p)* jal-50 % *(p/p)* tierra, T4. 25 % *(p/p)* jal-75 % *(p/p)* tierra, T5. 100 % *(p/p)* tierra, para cada tratamiento (T1 a la T5) se realizaron repeticiones con sustrato no estéril (NE) y sustrato estéril (E), este último se esterilizó a una presión de 15 lb in^2 a una temperatura de 121 °C durante 15 min.

Una vez realizada la siembra la irrigación se efectuó una vez a la semana con un litro de agua cada recipiente, alternando cada 15 días con una solución de radix (1 g L^{-1}) y benomilo (1 g L^{-1}), durante un mes. Posterior al mes se realizaba el riego una vez cada siete días, la cosecha del tubérculo se realizó en el mes de diciembre y se realizó el peso fresco del camote en una balanza.

Establecimiento de plantas en cultivo *in vitro*

Se cortaron nudos a partir de plantas de 4 meses de edad establecidas en mallasombra, se colocaron en una solución de 2 % (v/v) de jabón líquido durante 10 min, posteriormente se realizaron lavados hasta eliminar el jabón del tejido vegetativo, después en condiciones asépticas se colocaron los explantes en una solución de 1 g L^{-1} de benomilo con 0.3 g L^{-1} de estreptomicina durante 15 min, se realizaron dos lavados de un minuto con agua destilada estéril, después se colocaron en 20% (v/v) de cloro comercial durante 15 min, finalizado el tiempo, se realizaron dos enjuagues de un minuto con agua destilada estéril, posteriormente se colocaron en etanol al 70° durante 1 min, después se realizaron dos lavados de 1 min con agua destilada estéril, finalmente se colocaron los explantes en una solución antioxidante (30 mg L^{-1} de ácido ascórbico y 100 mg L^{-1} de ácido cítrico) por 5 min.

Los segmentos nodales son transferidos a las condiciones y medio de cultivo descritos por Bernabé y col. [8]. En el medio se emplean las sales del medio MS [9] y las vitaminas L2 [10], suplementado con 3 % (p/v) de sacarosa, 2.5 g L-1 de gelrite y 0.5 mg L^{-1} de BAP. El medio es ajustado a un pH de 5.8 con NaOH después se esteriliza (15 min a 121 °C). Los explantes se subcultivan cada 30 días en contenedores de vidrio con capacidad de 125 mL con 25 mL de medio de cultivo y se mantienen en un fotoperiodo de 16 h luz a 27°C.

Identificación taxonómica

Para la identificación taxonómica se tomaron inflorescencias de las plantas, se compararon y se validaron con las muestras del Herbario del Instituto de Botánica de la Universidad de Guadalajara en Zapopan Jalisco, México. Las muestras para el herbario se realizarán siguiendo el método estándar sugerido por Fosberg y Sachat [11], Jain y Rao [12], Bridson y Forman [13]. Las muestras se depositarán en el Herbario del Instituto Tecnológico de Tlajomulco.

Análisis estadístico

Se determinó el peso fresco de los camotes de cerro en los diferentes tratamientos. Los datos presentados corresponden a la media de 3 réplicas. Los datos se sometieron a un análisis de varianza (ANOVA). La comparación de medias se determinó con la prueba de Tukey ($P<0.05$).

Resultados y discusión

Efecto de microorganismos presentes en el sustrato en la brotación y rendimiento del camote de cerro

Durante el experimento se observó la brotación de plántulas a partir del camote en los primeros dos meses del ciclo del cultivo, cómo se puede observar en la Figura 1A la presencia de microorganismos en las diferentes proporciones de mezclas de sustrato de tierra y jal promueven el 100 % de brotación de plantas a partir de camote de cerro, en el único tratamiento no estéril (NE) que presenta un menor porcentaje de germinación (85.71 %) fue en el tratamiento T1 (100 % (p/p) jal), el cual carece de

 ISSN 2007-8102

tierra, lo que puede indicar que la presencia de la materia orgánica encontrada en la tierra podría estar proporcionando nutrientes que promueven la brotación de plantas a partir del camote.

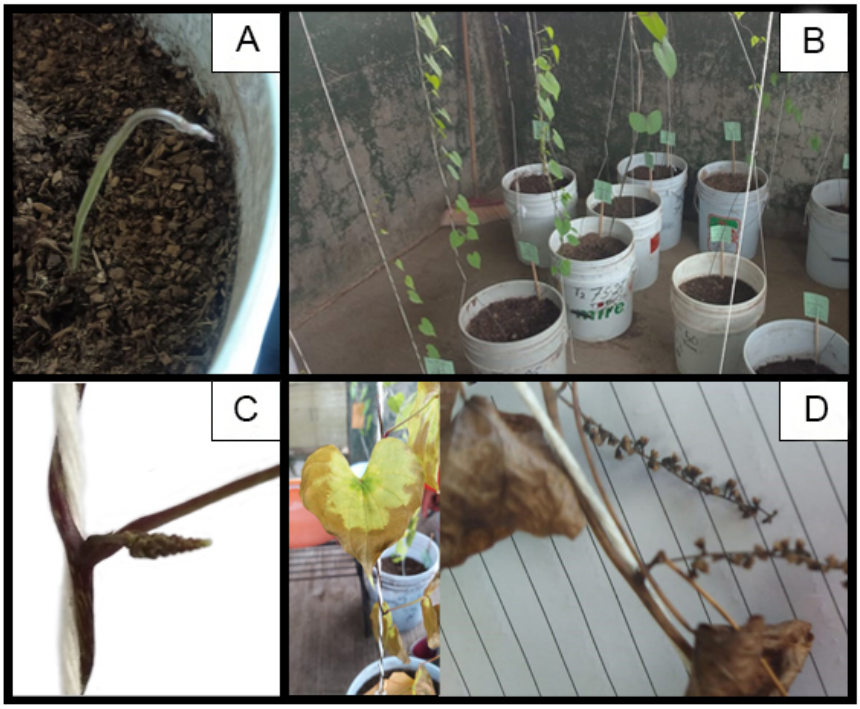


Figura 1. Etapas del cultivo de camote de cerro. A. Brotación de plántulas a partir del camote en el 1er y 2do mes del cultivo; B. Desarrollo de plantas de camote de cerro (2 al 5 mes de cultivo); C. Generación de inflorescencias (4 al 5to mes del cultivo); D. Senescencia de la planta.

En el caso de los sustratos estériles el único tratamiento que presenta 100% de brotación es el tratamiento T4 que contiene una mezcla de 25 % (p/p) de jal y 75 % (p/p) de tierra, mientras que los tratamientos T3 y T1 presentan 83.33 % y 33.33 % de brotación, los tratamientos T2 y T5 no presentaron brotación de plantas durante el experimento, de acuerdo con estas observaciones se puede sugerir que la presencia natural de microorganismos en el sustrato podría estar promoviendo la brotación de plantas a partir del camote (Figura 2). Las plantas de camote se desarrollaron y algunas de ellas generaron inflorescencias (figura 1B y 1C). Transcurridos siete meses de establecimiento del cultivo, las plantas llegaron a su etapa de senescencia (Figura 1D) y se efectuó la cosecha del camote, midiendo la longitud, el ancho y peso fresco del camote generado, como se puede ver en la Tabla 1, los tratamientos con sustrato estéril (E) presentaron el menor peso fresco comparado con los sustratos no estériles (NE). En el caso de los tratamientos con las diferentes mezclas de sustrato no estériles, no presentan diferencias significativas entre estos, sin embargo, en el tratamiento T4 (25 % (p/p) jal-75 % (p/p) tierra) presenta el mayor peso fresco de camote (126.43 g), posteriormente le sigue el tratamiento T2 con 96.02 g, después en el T3 y T5 se presenta un peso fresco de 89.29 y 68.33 g respectivamente y el tratamiento con menor peso fresco es el tratamiento T1 con 100 % (p/p) jal.

 ISSN 2007-8102

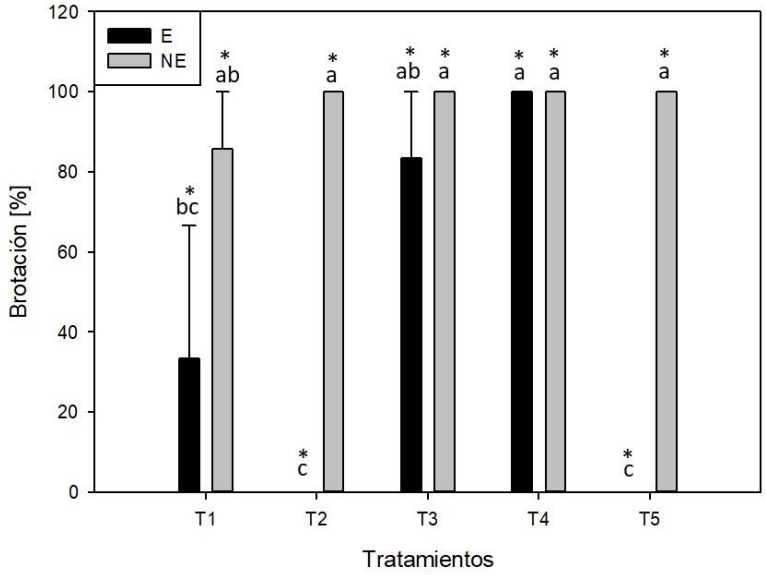


Figura 2. Porcentaje de brotación de plántulas a partir de camote de cerro (*Dioscorea sp*) cosechado en sustrato estéril (E) y sustrato No estéril (NE). Donde; T1. 100 % (p/p) jal, T2. 75 % (p/p) Jal – 25 % (p/p) tierra, T3. 50 % (p/p) jal-50 % (p/p) tierra, T4. 25 % (p/p) Jal-75 % (p/p) tierra, T5. 100 % (p/p) tierra. En la figura se representan las medias y las barras muestran el error estándar.
***Diferentes letras indican que existe diferencias significativas entre los tratamientos (P <0.05).**

Lo que puede sugerir que porcentajes de 25 a 100 % (p/p) de tierra favorecen el desarrollo del camote de cerro, en el que la presencia de mayor porcentaje de tierra está proporcionalmente relacionada con mayor cantidad de materia orgánica, la cual podría estar proporcionando los nutrientes necesarios para el desarrollo de camotes y la combinación de microorganismos benéficos presentes en el sustrato podrían estar promoviendo la asimilación de elementos necesarios para el desarrollo de la planta e incremento en el peso del camote.

Tabla 1. Efecto de microorganismos en el rendimiento del camote de cerro

	Peso fresco [g]		Longitud [cm]		Ancho [cm]	
	Estéril*	No estéril*	Estéril*	No estéril*	Estéril*	No estéril*
T1	16.39±16.39b	31.76±09.51ab	1.67±1.67b	6.29±1.21ab	1.57±1.57b	3.59±1.15ab
T2	00.00±00.00b	96.02±24.63ab	0.00±0.00b	8.50±1.37ab	0.00±0.00b	9.65±3.24a
T3	45.80±19.83ab	89.29±51.70ab	7.92±2.24ab	13.50±3.71a	2.45±0.53b	3.05±0.52b
T4	49.35±11.66ab	126.43±11.66a	11.72±1.13a	15.00±1.04a	3.34±0.91ab	4.03±0.18ab
T5	00.00±00.00b	68.33±24.05ab	0.00±0.00b	15.25±2.75a	0.00±0.00b	2.70±0.30b

*Diferentes superíndices en la misma columna significan que los valores medios son significativamente diferentes a p <0.05.

Establecimiento de plantas de camote de cerro en cultivo *in vitro*

Se logró el establecimiento de 24 líneas de plantas de camote de cerro en cultivo *in vitro* (Figura 3A), como se indican a continuación: línea 1, 4, 4A, 4B, 4C, 5, 6, 6A, 7, 7A, 9, 9A, 9B, 12, 13, 14, 15, 17, 23, 25, 27, 28, 28A y 30. Las líneas que faltaron por establecerse en condiciones *in vitro*, se tomaron los explantes (segmento nodales) a partir de plantas de seis meses de edad y debido a que se

 ISSN 2007-8102

encontraban en la etapa de senescencia del cultivo, estas no generaron brotes en cultivo *in vitro* y al final murió el tejido. Similares resultados fueron reportados por Thepsithar, Sugaram & Thongpukdee, [14] y Ahmed y col. [15] en cultivo *in vitro* de papa. Después de 15 días en condiciones *in vitro* las plantas generaron nuevos brotes (Figura 3B), sin el desarrollo de raíces, a los 30 días de cultivo las plantas *in vitro* desarrollaron hojas y empezaron a generar raíces (Figura 3C). En el caso de la línea 6, el contenido del regulador de crecimiento (0.5 mg L^{-1} de BAP) empleado en el medio de cultivo generó un crecimiento amorfo del tejido (figura 3D), sin la generación de brotes, después de un mes de cultivo el callo se fenolizó y se perdió la línea. Diversos estudios han demostrado que la combinación perfecta de reguladores del crecimiento puede influir de forma positiva o negativa en la propagación [16]. Sin embargo, autores como Mitchell, Asemota & Ahmad, [17]; McAdam y col. [18] reportaron que las diferentes respuestas en el tejido vegetativo se deben a la reducción de la concentración de los reguladores del crecimiento y a una misma concentración debido a las diferencias de especies o sensibilidades estacionales de los cultivares utilizados en un estudio.

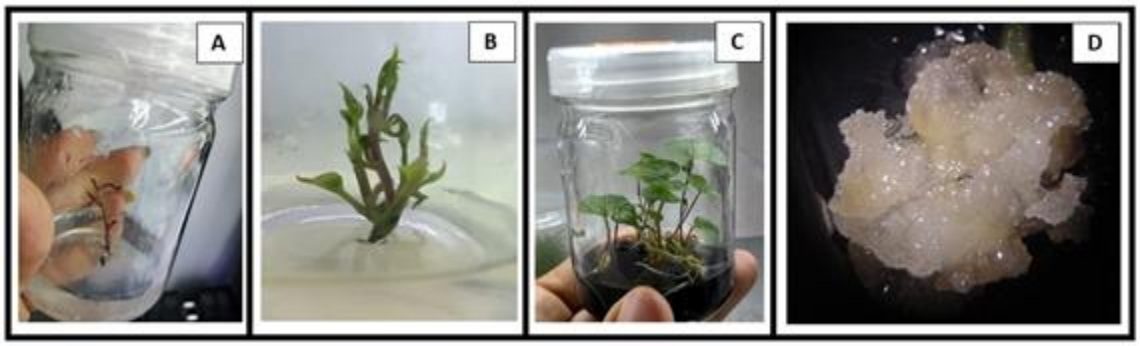


Figura 3. Establecimiento de plantas de camote de cerro en condiciones *in vitro*. A. Establecimiento de segmentos nodales en medio de cultivo *in vitro* (día 1); B. Desarrollo de explantes de camote de cerro después de 15 días; C. Desarrollo de plántulas de camote de cerro, después de 30 días de cultivo *in vitro*; D. Explante de línea 6, generación de callo

Identificación taxonómica

Se realizó la identificación taxonómica de las plantas a partir de tallo, hoja e inflorescencia (Figura 4), de las plantas de camote de cerro germinadas solamente las líneas 5, 6, 7, 24A y 28A. generaron inflorescencia de las cuales la línea 5 generó semilla. Las plantas del género *Dioscorea*, generalmente son dioicas, esto significa que tiene únicamente flores masculinas o plantas que solo tienen flores femeninas



Línea	Especie	Flor
5	*Dioscorea remotiflora*	Femenina
6	*Dioscorea nelsoni*	Masculina
7	*Dioscorea sparsiflora*	Masculina
24A	*Dioscorea remotiflora*	Masculina
28A.	*Dioscorea remotiflora*	Masculina

D

Figura 4. Inflorescencia de camote de plantas de camote de cerro. A. *Dioscorea nelsoni; B. Dioscorea sparsiflora; C. Dioscorea remotiflora; D. Líneas que generaron inflorescencia*

Trabajo a futuro

Continuar evaluando condiciones orgánicas que incrementen la productividad del cultivo aplicando lombricomposta, composta, así como la adición de microorganismos benéficos que puedan promover el rendimiento.

Conclusiones

El camote de cerro (*Dioscorea sp*.), al igual que muchos de los cultivos silvestres requieren de microorganismos que les ayuden a desdoblar los nutrientes provenientes de la materia orgánica, esto, se vio reflejado al tener mejores características en los tratamientos no esterilizados, a diferencia de los esterilizados. Sin embargo, el tratamiento 4 permitió tener características de porosidad, contenido de agua y densidad aparente adecuadas que permitieron tener características similares en cuanto al porcentaje de brotación, al mismo tratamiento sin esterilizar, por lo que se refuerza que tanto es importante los microorganismos presentes en el suelo, como las características físicas del suelo en mejorar la producción del camote de cerro (*Dioscorea sp*.).

Agradecimientos

Se agradece al Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Tlajomulco por proveer las instalaciones necesarias para el desarrollo del proyecto y así como al proyecto aprobado en la convocatoria 2020: Proyecto de Investigación científica del Tecnológico Nacional de México, con el proyecto titulado “Extracción y caracterización física de mucilago de camote de cerro (*Dioscorea sp.*) en el cultivo orgánico”.

Referencias

[1] Mc Vaugh, R. Dioscoreaceae. En: Flora Novo-Galiciana, a descriptive account of the vascular plants of Western México. Bromeliaceae to Dioscoreaceae. Anderson, W.R. *The university of Michigan Herbarium, Ann,* vol. 15, pp. 355-388, 1989.

[2] Mostul, B., Cházaro, B.M. Camote de cerro, an edible, Caudiciform *Dioscorea* from México. *Cactus and suculent Journal (U.S.A)*, vol. 68, pp. 6-8, 1996.

[3] Mathimaran, N., Ruh, R., Vullioud, P., Frossard, E., and Jansa, J. *Glomus intraradices* dominates arbuscular mycorrhizal communities in a heavy textured agricultural soil. *Mycorrhiza,* vol, 16, pp. 61–66, 2005.

[4] Dare, M.O., Abaidoo, R., Fagbola, O., Asiedu, R. Diversity of arbuscular mycorrhizal fungi in soils of yam (Dioscorea spp.) cropping systems in four agroecologies of Nigeria, *Archives of Agronomy and Soil Science*, vol, 59(4), pp. 521-531, 2013.

[5] Khan, F.U.H., Tahir, A.R., Yule, I.J. Intrinsic implication of different tillage practices on soil penetration resistance and crop growth, *International Journal of Agriculture & Biology*, vol. 3, pp. 23–26, 2001.

[6] Agbede, T.M. & Adekiya, A.O. Soil properties and yam yield under different tillage systems in a tropical Alfisol, *Archives of Agronomy and Soil Science*, vol, 59(4), pp. 505-519. 2013.

[7] Agbede, T.M., Adekiya, A.O. & Ogeh, J.S. Effects of organic fertilizers on yam productivity and some soil properties of a nutrient-depleted tropical Alfisol, *Archives of Agronomy and Soil Science*, vol, 59(6), pp. 803-822, 2013.

[8] Bernabé, A., Santacruz, R.F., Cruz, S. Effect of plant growth regulators on plant regeneration of *Dioscorea remotiflora* (Kunth) through nodal explants, *Plant Growth Regulation*, vol. 68, pp. 293-301, 2012.

[9] Murashige, T., Skoog, F. A revised medium for rapid growth and bioassays with tobacco tissue cultures, *Plant Physiology*, vol.15, pp. 473-497, 1962.

[10] Phillips, G.C., Collins, G.B. *In vitro* tissue culture of selected legumes and plant regeneration from callus cultures of red clover, *Crop Science*, vol, 19, pp. 59–64, 1979.

[11] Fosberg, F.R & Sachat. Manual for Tropical Herbaria. *Regnum Vegetabiles*. Utrecht – Netherlands. 1965.
[12] Jain, S.K. & Rao, R.R. A Handbook of Field and Herbarium Methods. Today and Tomorrows Printers and Publishers, New Delhi. pp. 46-51, 1977.
[13] Bridson, D. & Forman, L. Manual for Herbarium Curation. Edition 3. Kew Publishers. 2004.
[14] Thepsithar, C., Sugaram, R. & Thongpukdee, A. *In vitro* mini-tuber production in commercial caladium (Caladium humboldtii Schott 'Phraya Savet'), *The Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, vol. 84(4), pp. 427-433, 2009.
[15] Ahmed, E.U., Hayashi, T., Zhu,Y.,Hosokawa, M. & Yazawa, S. Lower incidence of variants in *Caladium bicolor* Ait. plants propagated by culture of explants from younger tissue.*Scientia Horticulturae*, vol, 96, pp. 187–194, 2002.
[16] Chen, F.Q., Fu, Y., Wang, D.L., Gao, X., Wang, L. The effect of plant growth regulators and sucrose on the micropropagation and microtuberization of Dioscorea nipponica makino. J *Plant Growth Regulation*, vol, 26, pp. 38–45, 2007.
[17] Mitchell, S.A., Asemota, H.N & Ahmad, M.H. Effects of Explant Source, Culture Medium Strength and-Growth Regulators on the in-vitro Propagation of Three Jamaican Yams *(Dioscorea cayenensis, **D** trifida and **D** rotundata)*, *Journal of the Science of Food and Agriculture*, vol 67, pp.173-180,1995.
[18] McAdam, S.A.M., Brodribb, T.J., Ross, J.J. Shoot-derived abscisic acid promotes root growth, *Plant Cell Environment*, vol, 39, pp. 652–659, 2016.

Secado por ventana refractiva® empleando diferentes materiales de transferencia de calor

E. Herman y Lara[1], A.M. Castillo Cardoza[1], C.E. Martínez Sánchez[1], R. Carmona García[1], J. Rodríguez Miranda[1]*
[1]Coordinación de Posgrado e Investigación, Depto. de Ingeniería Química y Bioquímica, Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Tuxtepec, Av. Dr. Víctor Bravo Ahuja No. 561, Col. Predio el Paraíso, C.P. 68350, Tuxtepec, Oaxaca, México.
**erasmo_hl@hotmail.com*

***Área de participación**: Ingeniería Química.*

Resumen

Se acondicionó un secador de ventana refractiva® (RW®) con tres diferentes materiales de transferencia de calor: Mylar® (M®), caucho de silicona (CS) y policarbonato (P). Estos fueron evaluados secando rábano de 1 mm de espesor y 5 cm de diámetro. Las cinéticas de secado se obtuvieron a 70 y 96 °C, teniendo como referencia un contenido de humedad final de 1.5 g agua/g s.s. También se evaluó la evolución del diámetro y fueron comparados con un secado convectivo (SC). Las cinéticas de secado con RW® alcanzaron el equilibrio más rápido que el SC. Los mejores materiales fueron el CS a 70 °C y M® a 96 °C. Se obtuvo un 21.74% y 50% de ahorro de tiempo a esas temperaturas respectivamente. Los tratamientos con RW® registraron menor pérdida del diámetro con respecto al SC, oscilando entre 16-42% de pérdidas del diámetro aplicando las tres películas de transferencia de calor.

***Palabras clave:** Ventana refractiva®, transferencia de calor, deformación, cinética de secado.*

Abstract

A refractive window dryer® (RW®) was conditioned with three different heat transfer materials: Mylar® (M®), silicone rubber (SR), and polycarbonate (P). These, were evaluated by drying radish of 1 mm thick and 5 cm in diameter. Drying kinetics were obtained at 70 and 96 °C, having as reference a final moisture content of 1.5 g water/g s.s. The evolution of the diameter was also evaluated and they were compared with a convective drying (CD). Drying kinetics with RW® reached equilibrium faster than CD. The best materials were SR at 70 °C and M® at 96 °C. A 21.74% and 50% saving of time was obtained at these temperatures respectively. The RW® treatments registered less diameter loss with respect to CD, ranging between 16-42% diameter losses applying the three heat transfer films.

***Key words**: Refractive window®, heat transfer, deformation, drying kinetics*.

Introducción

El secado es probablemente uno de los métodos más antiguos de conservación de alimentos. Es una operación unitaria que tiende a reducir el contenido de humedad de un producto [1]. Sin embargo, no todas las tecnologías de secado son necesariamente óptimas en términos de consumo de energía, calidad del producto deshidratado, seguridad de operación, capacidad de controlar el secador durante posibles fallas en el proceso o impacto medio ambiental [2]. Debido a esto se ha buscado desarrollar técnicas de secado innovadoras y rentables. El sistema de secado por ventana refractiva® es una alternativa para convertir alimentos con alta actividad de agua tales como frutas y verduras, en productos más estables a las reacciones de deterioro, este proceso utiliza agua caliente circulante, generalmente a 94–98 °C y a presión atmosférica para transportar energía térmica al material que se va a deshidratar. Este método de secado se caracteriza por

temperaturas del producto relativamente bajas, tiempos de secado cortos, bajo consumo de energía y productos secos de alta calidad [3]. Utiliza una película para separar al alimento del agua, esta película está compuesta por tereftalato de polietileno (por sus siglas en inglés PET) comercializado en Estados Unidos y el Reino Unido bajo el nombre de Mylar®. Dentro de las propiedades físicas de este tipo de material se destacan: su alta flexibilidad, su resistencia a la humedad y a la mayoría de productos químicos, además, puede soportar temperaturas extremas que van de -70 a 150 ºC, y principalmente permite el paso de energía infrarroja [4].

Sin embargo esta membrana plástica es costosa y difícil de conseguir, por lo que se buscan nuevas alternativas de películas que remplacen a esta película y puedan proporcionar una mayor retención de las propiedades físicas y químicas de los alimentos al ser procesados como nutricionales, tecno-funcionales, textura, color entre otras. El caucho de silicona (CS) y el policarbonato (P) podrían ser materiales opcionales debido a sus características similares a la película de Mylar®, además tienen las ventajas de ser más económicas y fáciles de conseguir en el mercado nacional. Por otro lado, no se encontró información en la literatura sobre el uso de estos materiales en el secado por RW®. Por lo tanto, para poder evaluar la efectividad de estos materiales, se requiere de un alimento modelo como el rábano, dado que este posee un alto contenido de agua, el cual lo hace un alimento altamente perecedero. Por lo que se evaluó el secado con tecnología de ventana refractiva® considerando los materiales de CS y P, comparándolos con la película de M® y con un secado tradicional como el secado convectivo (SC), para tal efecto se utilizó un contenido de humedad de referencia de 1.5 g agua/g s.s a temperaturas de 70 y 96 °C.

Metodología

Materia prima

Los rábanos fueron adquiridos en un mercado local y seleccionados con un grado de madurez comercial, cuidando que tuvieran un color rojo brillante y que no presentaran daños físicos. Posteriormente fueron lavados y cortados en rodajas de 1 mm de espesor con un diámetro de 5 cm, utilizando una cortadora comercial (Rheninghaus, Modelo 275, Italia).

Acondicionamiento del secador de RW®

El secador RW® consistió en una bandeja de acero inoxidable con dimensiones de 56.6 cm de largo, 20.6 cm de ancho y 16 cm de profundidad, a la cual se le adaptaron en el interior 2 resistencias eléctricas en forma de espiral. Asimismo, se le acondicionó un termopar (Johnson Controls, A419, USA) para medir y controlar la temperatura del agua en el interior. De la misma forma se colocaron bordes de acero inoxidable para colocar las películas de M®, CS y P según fue el caso, con espesores de 0.10, 1 y 1.5 mm de grosor respectivamente. Se llenó de agua en un 99% de su capacidad, procurando que la parte inferior de la película siempre estuviera en contacto con el agua. El secador operó en forma de lotes.

Obtención de las cinéticas de secado por RW® y SC del rábano

Las cinéticas de secado por RW® se obtuvieron colocando uniformemente las rodajas de rábano en la superficie superior en cada una de las láminas (M®, CS y P, según fue el caso). Dos temperaturas del baño térmico fueron establecidas a 70±1 y 96±1 °C para todos los tratamientos. Se monitoreó la pérdida de peso a intervalos de tiempo determinados durante el secado hasta alcanzar un contenido de humedad de 1.5 g de agua/g de sólidos secos (s.s.) como referencia. Las cinéticas de secado fueron obtenidas al graficar el tiempo promedio de secado (min) contra la pérdida de agua promedio (g de agua/g s.s.). Para la determinación de las cinéticas del secado convectivo (SC) se empleó un secador de charola (POLI REP, Modelo 434, México). Se utilizaron las mismas temperaturas, dimensiones de rodajas de rábano y el mismo contenido de humedad de referencia empleadas en el secado por RW®. Todos los experimentos fueron realizados por triplicado.

Evolución del diámetro durante el secado por RW® y SC del rábano

Se monitoreó la disminución o evolución del diámetro a intervalos de tiempo determinados durante el secado por RW® y SC a las dos temperaturas utilizadas. Para tal efecto, se utilizó un vernier digital (Ultratech, H-7352, USA), hasta alcanzar el contenido de humedad de 1.5 g de agua/g s.s. en las muestras. Las mediciones del diámetro de las rodajas se realizaron por triplicado. La deformación de la rodaja de rábano a través de la disminución del diámetro fue obtenida graficando el tiempo (min) para llegar al contenido de humedad de referencia contra la evolución del diámetro (cm).

Resultados y discusión

Cinéticas de secado de rábano por RW®

Se observó en la Figura 1 que al secar a 70 °C con el equipo de RW® se utilizaron 54, 60 y 62 min con las películas de CS, M® y P respectivamente, mientras que con el SC se necesitaron 69 min para alcanzar el contenido de humedad de referencia. Con estos datos, se tiene que el CS y P pueden ser materiales o películas alternativas a la película M®, ya que los tiempos de secado que utilizaron estas películas, tiene una diferencia de entre 6 y 2 min con respecto a la película de M® que es la establecida para este proceso de secado. Incluso, la película de CS fue la que tuvo un menor tiempo de secado para alcanzar el contenido de humedad de referencia, siendo desde el punto de vista de reducción de tiempo de secado mejor que la película de M®. La película CS tuvo un ahorro de tiempo de secado de 21.74% contra 13.04% y 10.14% de M® y P respectivamente (Tabla 1). Esto fue atribuido a que el CS tiene mayor conductividad térmica que la película de M® de 0.24 y 0.14 W/mK respectivamente, lo que indujo a una mayor transferencia de calor en un menor tiempo. A esta misma conclusión llegó Ortiz [5] al secar Zapallo, utilizando láminas de M® y de papel aluminio, evidenciando que la velocidad de secado fue mayor con este último material, por su mayor conductividad térmica sobre la de M®.

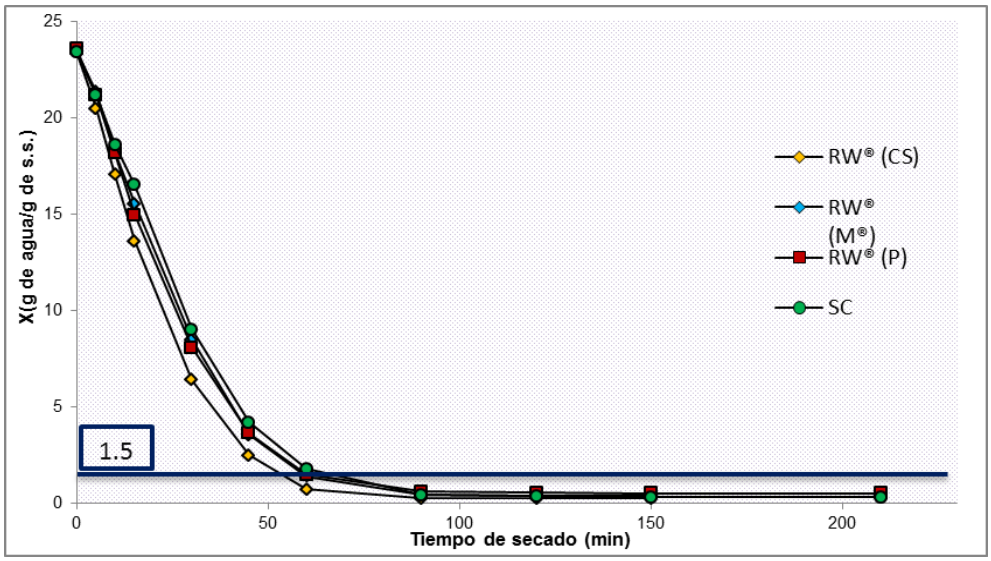


Figura 1. Cinéticas de secado por RW® utilizando películas de Mylar® (M®), caucho de silicona (CS) y policarbonato (P) como materiales de transferencia de energía y por secado por convección (SC) en rodajas de rábanos a una temperatura de 70 °C.

Por otro lado, al secar a 96 °C (Figura 2) con el equipo de RW® y al utilizar la película de M® se necesitó de un tiempo de 17.5 min para alcanzar el contenido de humedad de referencia, seguida

 ISSN 2007-8102

del P y el CS, con tiempos de 24.5 y 27.5 min respectivamente. A esta temperatura, se encontró una mayor diferencia de tiempo en cada una de las películas utilizadas. Esta diferencia puede estar relacionada a los diferentes espesores que se ocuparon en cada una de ellas, siendo la más delgada la de M®, permitiendo el paso de la radiación infrarroja en un menor tiempo en comparación de las otras dos películas, ya que las películas más delgadas son más transparentes y oponen menos resistencia al paso de la radiación infrarroja [6]. También podría establecerse que la temperatura donde mejor funciona el proceso con RW® y la película de M® son a temperaturas elevadas, casi cercanas al punto de ebullición del agua (entre 94-98 °C). De acuerdo a los tiempos establecidos en la cinéticas de secado para cada película, se estableció que la película de M® tuvo un ahorro de tiempo de secado de 50% y las de CS y P tuvieron valores de 21.43 y 30.00% respectivamente (Tabla 1). Por otra parte, al secar por convección las rodajas de rábano se observaron tiempos de 69 y 35 minutos a temperaturas de 70 y 96 °C respetivamente, para alcanzar el contenido de humedad de referencia. Estos tiempos de secado tuvieron la mayor diferencia a los tiempos empleados en los tratamientos con RW®. Esto fue debido a su mecanismo de transferencia de calor por aire caliente (convección forzada) contra la combinación de energía infrarroja y conducción de RW®, la cual ejerció mayor velocidad de secado que el mecanismo predominante en el SC [7].

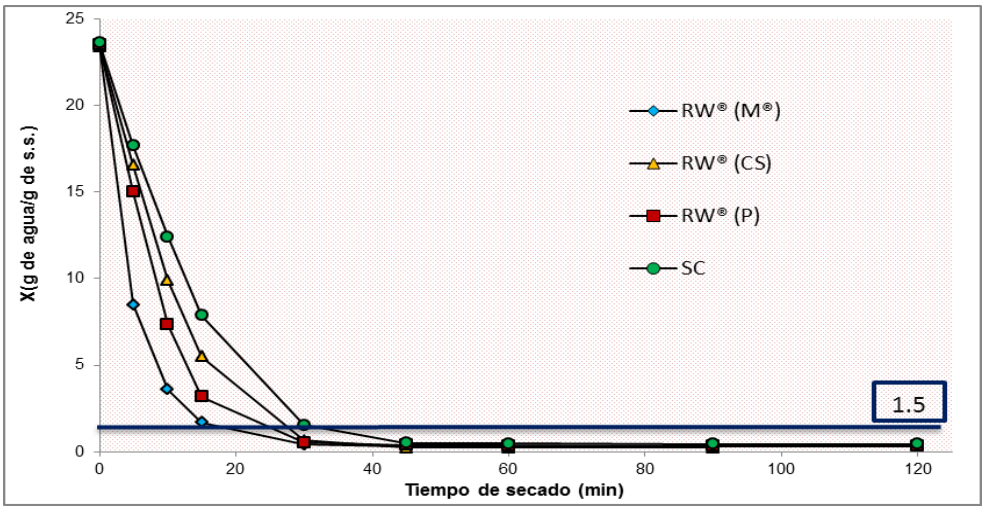


Figura 2. Cinéticas de secado por RW utilizando películas de Mylar® (M®), caucho de silicona (CS) y policarbonato (P) como materiales de transferencia de energía y por secado por convección (SC) en rodajas de rábanos a una temperatura de 96 °C.

Con los resultados obtenidos de las cinéticas de secado de los diferentes tratamientos, se calculó el porcentaje de ahorro en tiempo, los cuales son presentados en la Tabla 1, donde se observó que el secado RW® tuvo mayor porcentaje de ahorro en tiempo de secado que el SC en todos los tratamientos usados en este trabajo, a las mismas condiciones de operación y a un mismo contenido de humedad de referencia de 1.5 g de agua/g s.s. Se tomó como base de cálculo el tratamiento con el mayor tiempo de secado para cada una de las temperaturas empleadas, que fue el SC que tuvo como porcentaje de ahorro del 0%. Con estos resultados, se encontraron que los tratamientos con mayor porcentaje de ahorro de tiempo fue a 96 °C; por lo que, el funcionamiento de este proceso de secado fue mejor cuando se utilizaron altas temperaturas. Esto fue atribuido a que con el incremento de la temperatura se indujo un aumento en la velocidad de secado y por tanto la reducción en el tiempo del mismo [8]. Con estos datos, se estableció que los tratamientos con RW® en ambas temperaturas, tuvieron mayor porcentaje de ahorro de tiempo de secado en comparación del SC.

 ISSN 2007-8102

Tabla 1. Porcentaje de ahorro en tiempo de los tratamientos empleados RW® (M®, CS y P) y SC a un contenido de humedad de 1.5 g de agua/g de s.s.

Temperaturas (°C)	Tratamientos	Tiempo (min)	Minutos de Ahorro	% Ahorro de Tiempo
70	RW® (M®)	60	9	13.04
	RW® (CS)	54	15	21.74
	RW® (P)	62	7	10.14
	SC	69	0	0
96	RW® (M®)	17.5	17.5	50
	RW® (CS)	27.5	7.5	21.43
	RW® (P)	24.5	10.5	30.00
	SC	35	0	0

Evolución del diámetro en rodajas de rábanos durante el secado por RW® y SC

De acuerdo a lo mostrado con la Figura 3, el mejor tratamiento obtenido con el secado por RW® a 70 °C, fue al utilizar la película de CS con un diámetro final de 3.18 cm, continuando con M® y P, con medidas de 3.0 y 2.90 cm respectivamente, teniéndose en cuenta que el diámetro inicial de las rodajas fue de 5 cm.

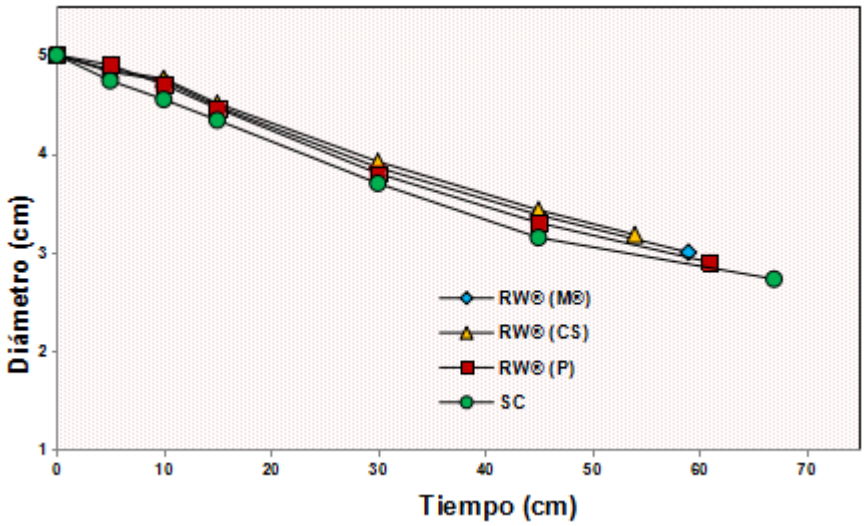


Figura 3. Evolución del diámetro en rodajas de rábanos durante el secado por RW® y SC a 70 °C.

Por otro lado, a 96 °C (Figura 4) se tuvieron medidas de diámetro al final del secado de 4.20, 3.85 y 3.56 cm en las películas de M®, P y CS respectivamente, donde se apreció que con la película de Mylar® se presentó menor disminución en el diámetro de las rodajas. Siendo evidente que estos resultados fueron directamente proporcionales al tiempo de secado que cada una de las películas requirió para alcanzar el contenido de humedad de referencia establecido en ambas temperaturas. Con respecto a los tratamientos con el SC, estos presentaron mayor pérdida de diámetro con valores finales de 2.73 y 3.35 cm a temperaturas de 70 y 96 °C respectivamente. Con estos datos obtenidos, se procedió a calcular la pérdida de diámetro en cada uno de los tratamientos en porcentajes (%), teniendo en cuenta que el diámetro inicial de 5.0 cm representó el 0% de pérdida, los cuales son presentados en la Tabla 2.

 ISSN 2007-8102

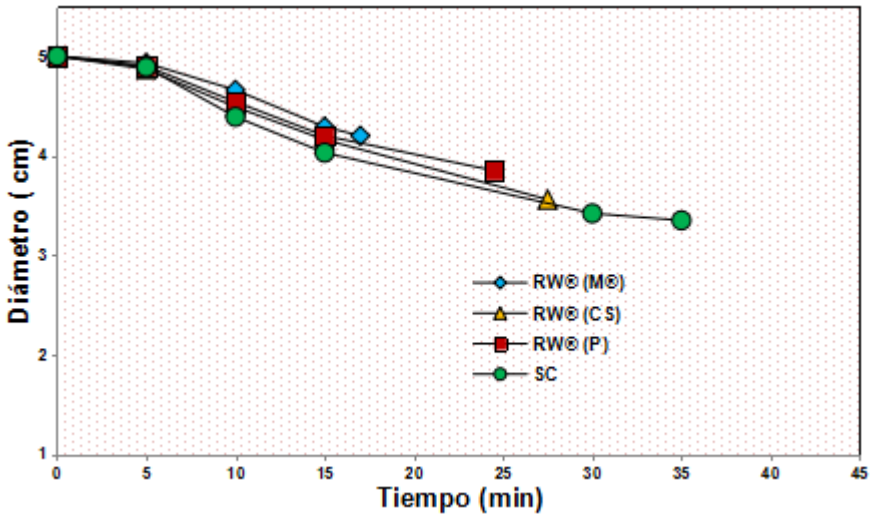


Figura 4. Evolución del diámetro en rodajas de rábanos durante el secado por RW® y SC a 96 °C.

Considerando ahora los resultados expresados en porcentajes, se tiene que con la película de CS se encontró la menor disminución del diámetro con 36.40% contra 40.00 y 42.00% en las películas de M® y P respectivamente a 70 °C. Sin embargo, a 96 °C fueron de 16.00, 23.00 y 28.80% con las películas de M®, P y CS respectivamente. Asimismo con el SC los valores de disminución o cambio de diámetro fueron de 45.40 y 33.00%, en ambas temperaturas mencionadas anteriormente. Por lo que se estableció, que con el sistema de RW® se logró una mayor conservación de la geometría del alimento en comparación con SC, esto fue porque las estructuras celulares se conservaron en mejores condiciones, ya que no fueron expuestas a tiempos de secado prolongados, ya que a mayor tiempo de secado, el encogimiento de las rodajas aumentó, coincidiendo con las cinéticas de secado presentadas anteriormente.

Tabla 2. Porcentaje de la disminución del diámetro en rodajas de rábanos de los diferentes tratamientos considerando el contenido de humedad de 1.5 agua/g de s.s.

Temperaturas (°C)	Tratamientos	Diámetro (cm)		Pérdida de Diámetro (%)
0	Control	5.0		0
70	RW® (M®)	3.00	± 0.08	40.00
	RW® (CS)	3.18	± 0.04	36.40
	RW® (P)	2.90	± 0.07	42.00
	SC	2.73	± 0.12	45.40
96	RW® (M®)	4.20	± 0.10	16.00
	RW® (CS)	3.56	± 0.09	28.80
	RW® (P)	3.85	± 0.12	23.00
	SC	3.35	± 0.14	33.00

Este comportamiento se debió al hecho inicial de que a temperaturas elevadas fue menor el tiempo de secado empleado, el cual coincidió con las cinéticas obtenidas en la sección anterior. Además, a elevadas temperaturas y mayor tiempo de secado empleado, también pudo provocar el endurecimiento superficial de la rodaja, generando mayor rigidez en la muestra y un subsecuente incremento de resistencia en la deformación de su estructura [9]. De esta forma, se estableció que en todos los tratamientos se presentaron cambios o disminuciones de diámetro, lo cual fue inevitable debido a que al ser removida el agua de la matriz celular y sustituida por aire provocó que se perdiera el equilibrio entre el interior y el exterior del producto, dando como resultado el colapso de la estructura celular, al no soportar la presión exterior que fue mayor como consecuencia del estrés térmico e hídrico al que se ve sometido el tejido vegetal de morfología compleja durante todo el proceso de secado. Otra razón, podría ser que la temperatura también causó daño en la estructura del alimento tensándolo de tal forma que no pudiera resistir y colapsarse [10].

Trabajo a futuro: Se realizarán evaluaciones de propiedades físicas (textura y color) y químicas (contenido total de polifenoles y capacidad antioxidante), así como la propiedad tecno-funcional de capacidad de rehidratación en betabel fresco y seco obtenido por ventana refractiva y secado convectivo.

Conclusiones

El secado de rábano por el método de RW® a 96 °C, fue el que menor tiempo utilizó para alcanzar el contenido de humedad de referencia utilizando la película de M®, en el cual se obtuvo un ahorro de tiempo del 50% con respecto al SC y a 70 °C fue al utilizar el CS con un ahorro de tiempo de secado de 21.74%. De la misma forma, en los resultados de la medición del diámetro de rodaja de rábano se encontró que al utilizar CS a 70 °C se obtuvo una menor disminución con un 36.40% y a 96 °C la de M® con un 16% en pérdida del diámetro de las rodajas. Con estos resultados se propone que el CS podría ser una alternativa en lugar de la película tradicional de M® para secar a bajas temperaturas.

Referencias

[1] M.M. Rodrígues, A. Rodriguez and R. H. Mascheroni, “Color, texture, rehydration ability and phenolic compounds of plums partially osmodehydrated and finish-dried by hot air”, *Journal of Food Processing and Preservation*, vol. 39, pp. 2647-2662, 2015.

[2] J.E. Vasquez-Parra, C.I. Ochoa-Martínez and M. Bustos-Parra, “Effect of chemical and physical pretreatments on the convective drying of cape gooseberry fruits (*Physalis peruviana*)”, *Journal of Food Engineering*, vol. 119(3), pp. 648-654, 2013.

[3] M.F. Zotarelli, B.C. Mattar and J.L. Borges, “Effect of process variables on the drying rate of mango pulp by Refractance Window”, *Food Research International*, vol. 69, pp. 410-417, 2018.

[4] I. Tontul, Z. Kasimoglu, S. Asik, T. Atbakan and A. Topuz, “Functional properties of chickpea protein isolates dried by Refractance Window drying”, *International Journal of Biological Macromolecules*, vol. 109, pp.1253-1259, 2018.

[5] M. Ortiz, "Modelación matemática del secado de alimentos por el método de ventana de refractancia", *Tesis doctoral*, Facultad de Ingeniería, Universidad del Valle, 2014.

[6] C. Ratti and A. Mujumdar, “Infrared drying″. In: Mujumdar, A. vol.1 .Ed. Marcel Dekker, New York: *Handbook of Industrial Drying,* pp.1–39, 1995.

[7] A. Ayala, A. Ormaza, C. Vargas, L. Casso and A. Polanía, “Evaluación comparativa de los métodos de ventana de refractancia y aire caliente sobre la calidad fisicoquímica, nutricional y aromática de fruta deshidratada. Aplicación en bananito (*Musa Acuminata acuminata*)”, Universidad del Valle, IF.PINV, 2763, 2016.

[8] I. Doymaz, "Convective air drying characteristics of thin layer carrots", *Journal of Food Engineering*, vol. 61, pp. 359-364, 2004.
[9] V. Santacruz-Vázquez, C. Santacruz-Vázquez, S. Toxqui-López and J. Laguna-Cortés, "Cambios en la textura de la superficie de esferas de melón (*Cucumis melo cantalupensis*) durante el secado por fluidización", *Vitae,* vol. 20, pp.161-171, 2013.
[10] L. Mayor and A. Sereno, "Modeling shrinkage during convective drying of food materials: A review", *Journal of Food Engineering*, vol. 61, pp. 373-386, 2004.

Actividad biológica de la corteza del jícaro (*Crescentia cujete* L.)

M. Guevara Valencia[1], J. Hernández Castillo[1], J. Camacho Morales[1], C. Cruz Cruz[1], R. Bulás Mendoza[2]*

[1]CA de Biotecnología y Criobiología vegetal, [2]CA Farmacología Clínica y Molecular.
Facultad de Ciencias Químicas, Universidad Veracruzana Orizaba, Ver., México.
Prolongación de Oriente 6 N°1009, Colonia Rafael Alvarado, C.P. 94320, Orizaba, Ver., México
*jhc_270498@hotmail.com

***Área de participación**: Ingeniería Química*

Resumen

Dentro de las plantas medicinales, el jícaro (*Crescentia cujete* L.*)* es una planta utilizada por los médicos tradicionales del centro de Veracruz para tratar diversas enfermedades, por lo que resulta interesante su estudio. Se realizó tamizaje fitoquímico y pruebas de inhibición microbiana frente a diez microorganismos nosocomiales utilizando corteza colectada en Paso del Macho, Ver. Se realizaron extractos de polaridad creciente empleando hexano, acetato de etilo, etanol, metanol y etanol-agua (70:30 v/v). Se identificaron alcaloides, iridoides, antocianinas, leucoantocianinas, glicósidos cardiotónicos y cianogénicos, saponinas, triterpenos/esteroides, azucares reductores, cumarinas volátiles, taninos, saponinas y derivados antracénicos libres. Las pruebas de inhibición demostraron capacidad bactericida de forma decisiva en *S. epidermidis* utilizando 0.0576 g/mL del extracto metanólico, así también en *S. aureus >C. tropicalis > K. pneumoniae > P. aeruginosa,* de manera notable. Será interesante avalar su aplicación farmacológica.

***Palabras clave**: Tamizaje fitoquímico, inhibición bacteriana, microorganismos patógenos*

Abstract

Among the medicinal plants, the jicaro (Crescentia cujete L.*) is a plant used by traditional doctors in the center of Veracruz state to treat various diseases, which is why its study is interesting. Phytochemical screening and microbial inhibition tests were performed against ten nosocomial microorganisms using bark collected in Paso del Macho, Ver. Increasing polarity extracts were made using hexane, ethyl acetate, ethanol, methanol and ethanol-water (70:30 v/v). Alkaloids, iridoids, anthocyanins, leucoanthocyanins, cardiotonic and cyanogenic glycosides, saponins, triterpenes/steroids, reducing sugars, volatile coumarins, tannins, saponins and free anthracene derivatives were identified. The inhibition tests demonstrated decisively bactericidal capacity in S. epidermidis using 0.0576 g/mL of the methanolic extract, as well as in S. aureus > C. tropicalis > K. pneumoniae > P. aeruginosa, notably. It will be interesting to endorse its pharmacological application.*

***Key words**: Phytochemical screening, bacterial inhibition, pathogenic microorganisms*

Introducción

El aprovechamiento de las plantas medicinales está fuertemente vinculado al desarrollo del hombre, cada una de las civilizaciones y culturas han aprovechado los beneficios que las plantas ofrecen en la búsqueda de la salud y han dejado testimonio que ha sido trasmitido de generación en generación. En México la medicina tradicional llega a nuestros días a través de fuentes vivas, conocedoras de los beneficios que las plantas ofrecen, nos dan testimonio de la aplicación, prevención, diagnóstico y eliminación de enfermedades o bien atenuación de síntomas. A pesar de que se cuenta con referencias bibliográficas como el códice De la Cruz-Badiano elaborado en 1552, escrito en náhuatl por el indígena Martín de la Cruz y traducido al latín por su compañero Juan Badiano, el libro es la

fuente más antigua sobre la herbolaria de México, y únicamente se ha hecho análisis farmacológico del 5% y de las 250 especies comercializadas de manera cotidiana [1].

Los metabolitos secundarios (MS) tienen diversas funciones relacionadas con las interacciones ecológicas entre planta y medio ambiente, principalmente en defensa de la planta contra depredadores y patógenos, actuando como atrayentes o repelentes de animales, propiciándole sabor amargo a las plantas, reduciendo su digestibilidad y palatibilidad en los herbívoros e incluso convirtiéndolas en tóxicas para éstos, inhibiendo así el desarrollo de insectos, nematodos, hongos y bacterias, mejorando el crecimiento de las plantas y su consistencia. Las condiciones ambientales influyen en la síntesis de los compuestos con actividad alelopática potencial, pero esta potencialidad vuelve a sufrir las consecuencias de la interacción con el ambiente. Estos compuestos incrementan su concentración cuando la planta está bajo diferentes condiciones meteorológicas [2]. A través del tiempo, el hombre ha hecho uso de los MS con diversos propósitos y aplicaciones entre los que pueden mencionarse el uso como principios activos de medicamentos, saborizantes, colorantes, fragancias, plaguicidas, cosméticos, nutracéuticos, por esto también se les da la denominación de productos naturales [3].

Crescentia cujete L. es un árbol perennifolio comúnmente distribuido por todo el mundo, característico de climas tropicales, se encuentra ampliamente distribuido en regiones del Caribe, México, Norte y Sur de América y más tarde fue introducido a África tropical, desde Senegal hasta Camerún, así como en otras regiones de África, y es probablemente nativa de Veracruz hasta Belice. Es una de dos especies que se encuentran en México donde se le conoce usualmente como jícaro, se encuentra clasificada dentro de la familia Bignoniaceae, y a su vez, dentro del género *Crescentia* [4]. También se aprovecha como árbol de ornato por la sombra que genera y el atractivo de sus flores y follaje [5] y [6]. Los usos medicinales otorgados a sus distintas partes vegetales son, por mencionar unos ejemplos, la preparación de un jarabe a partir de la pulpa del fruto comercializado en Colombia como coadyuvante de enfermedades respiratorias. En Vietnam, una decocción del fruto se usa para el tratamiento de la diarrea, dolor de estómago y otras afecciones. Otros estudios reportaron que la pulpa del fruto posee actividad antihemorrágica frente al veneno de víbora *Bothrox atrox* y *Vipera russelli*, al igual que otras actividades tales como anticatarral, en trastornos ginecológicos, antihipertensiva, antiparasitaria y contra la infertilidad femenina, entre otras. También para sus hojas y/o corteza se han descrito actividad antibacteriana, antioxidante, antiplasmodial, hipoglucemiante y antiinflamatoria; esta última evaluada mediante un modelo *in vitro* usando el método de estabilización de la membrana celular de glóbulos rojos humanos.[7] y [4]. En la zona centro de las llanuras de Sotavento en el estado de Veracruz el epicarpio es utilizado por los médicos tradicionales como purgante, calmante, antifebril y expectorante además es considerado un complemento proteico [8]. Como parte de un proyecto de caracterización química y biológica de los órganos del jícaro, se evaluaron fitoquímicamente extractos de diferente polaridad de la corteza del jícaro (*Crescentia cujete* L.) para identificar los MS presentes y relacionarlos con su actividad biológica frente a microorganismos patógenos, respaldando científicamente el conocimiento tradicional del uso de esta planta medicinal.

Metodología

El presente trabajo se realizó en el LADISER de Biotecnología y Criobiología Vegetal y en el Laboratorio de Microbiología en la Facultad de Ciencias Químicas perteneciente a la Universidad Veracruzana, en la ciudad de Orizaba, Veracruz.

Material biológico

La corteza del jícaro (*C. cujete* L.) fue recolectada en Paso del Macho, Ver., municipio de la zona centro de las Llanuras del Sotavento. Se eligió un ejemplar joven localizado en un solar de jardín de donde se desprendió una rama a partir de la cual se obtuvo la corteza libre de daño biológico. Se colectaron también diversas partes del árbol para ser clasificadas y depositadas en el Herbario de la Facultad de Ciencias Biológicas Agropecuarias de la UV en Peñuela, Ver. El material vegetal se fragmentó manualmente y se colocó envuelto en papel filtro para secarlo protegido de la luz solar, se hizo pasar por procesos alternados de desmenuzado y secado en estufa a 37°C durante periodos

 ISSN 2007-8102

de 24, 48 y 72 h, para eliminar totalmente el agua y obtener un producto seco (Figura 1). Finalmente se aplicó un proceso intenso de molienda, obteniendo un material vegetal finamente dividido, con un peso total de 144.8 g.



Figura 1. Corteza de *C. cujete*. (a y b) fresca y (c) seca

Los microorganismos ensayados fueron donados, por parte del Hospital General Regional IMSS de Orizaba, Ver. Se recibieron diez especies de microorganismos, aislados de muestras biológicas de pacientes, las cuales, para confirmar su identificación fueron resembradas en medios selectivos y/o diferenciales para propiciar su crecimiento, de acuerdo con sus requerimientos nutricionales (Tabla 1). Se comprobó su identificación de acuerdo con las características morfológicas macro y microscópicas.

Tabla 1. Microorganismos y medios de cultivo utilizados para su reactivación

Microorganismo	Procedencia	Medio de cultivo	Microorganismo	Procedencia	Medio de cultivo
Candida tropicalis	Exudado vaginal	Agar Dextrosa Sabouraud	*Proteus mirabilis*	Exudado vaginal	Agar MacConkey
Citrobacter koseri	Urocultivo	Agar MacConkey	*Pseudomonas aeruginosa*	Hemocultivo	Agar MacConkey
Enterococcus faecalis	Urocultivo	Agar sangre	*Serratia marcescens*	Urocultivo	Agar sangre
Escherichia coli	Urocultivo	Agar EMB (eosina azul de metileno)	*Staphylococcus epidermidis*	Hemocultivo	Agar sangre
Klebsiella pneumoniae	Exudado faríngeo	Agar MacConkey	*Staphylococcus aureus*	Exudado vaginal	Agar para Estafilococos 110

Obtención de extractos

La corteza finamente seca y molida, se sometió a extracción exhaustiva con los solventes: hexano (EH), acetato de etilo (EAcE), metanol (EM), etanol (EE), y un extracto etanol–agua (70:30 v/v) (EEA) durante un periodo tres semanas por cada solvente. Entre cada extracción el material vegetal se dejó secar por 24 h a temperatura ambiente para dejarlo libre del solvente empleado y continuar con el siguiente aumentando la polaridad. Posteriormente se filtró al vacío, y en un rotavapor BÜCHI R-124 00-42792®, se redujo el volumen hasta obtener aproximadamente 50 mL, determinando a cada extracto el peso seco por mililitro.

Análisis fitoquímico

Las pruebas fitoquímicas se realizaron de acuerdo con [9], con diferentes ensayos aplicados para la identificación de los MS en cada uno de los extractos. Se determinó la presencia (+) / ausencia (-) de reacción aplicando las siguientes pruebas. Para alcaloides se utilizaron los métodos de Draggendorf-Mayer-Wagner-Hager. Los glicósidos cardiotónicos y lactonas α-β insaturadas por el método de Baljet, y las reacciones de Kedde, Raymond-Marthoud, Keller-Kiliani, Liebermann-Burchard y Salkowski. Las cumarinas volátiles con el método de Baljet. Los flavonoides se identificaron empleando el método de Shinoda. Los taninos y compuestos fenólicos utilizando el

método de cloruro férrico y gelatina-sal. En el caso de saponinas se aplicó el método de agitación y Rosenthaler. Para triterpenos y/o esteroides se empleó el método de Liebermann-Burchard y Salkowski. Los derivados antracénicos se determinaron con el método de Borntraeger y acetato de Mg en MetOH. El método de Fehling para determinar los azúcares reductores. Los aminoácidos libres con el método de la ninhidrina. Las grasas por el método del Sudán III. Glucósidos cardiotónicos y lactonas sesquiterpénicas utilizando el método de Legal. Los glucósidos cianogénicos con el método de Grignard. La presencia de mucílagos con el método de hematoxilina. Además, se determinaron antocianinas, leucoantocianinas y resinas.

Evaluación de actividad biológica

Para la realización de esta prueba se eligieron los extractos con mayor evidencia de MS identificados en el análisis fitoquímico. Los resultados obtenidos se analizaron de acuerdo con un diseño factorial completo de dos variables (extracto – microorganismos) y la interacción con el factor (concentración) con el paquete estadístico de Minitab 17. El patrón 0.5 de McFarland se utilizó para la preparación de inóculos en dilución de agar estandarizado, procedimientos de macro y microdilución de caldo, de difusión de disco y pruebas de sensibilidad para microorganismos [10]. Se preparó añadiendo 99.5 mL de ácido sulfúrico al 0.18 M a una solución acuosa de 0.5 mL de cloruro de bario al 0.048 M, que produce la formación de un precipitado de sulfato de bario suspendido. El patrón 0.5 de McFarland corresponde aproximadamente a una suspensión homogénea de *Escherichia coli* de 1.5 x 10^8 células por mL [11] y [12].

Método de Kirby-Bauer

Para esta prueba se utilizó el Método de Kirby-Bauer, utilizando discos de papel filtro de 5 mm de diámetro estériles, éstos se impregnaron con concentraciones de un mililitro de extracto seco equivalente a $mgmL^{-1}$, considerando los valores de peso seco obtenido por mililitro de extracto. Como control positivo antibacteriano se empleó una solución de ciprofloxacino con una concentración de 25 mg en 0.5 mL^{-1} en solución salina estéril, la selección de este antibiótico es por su amplio espectro contra bacterias causantes de infecciones gástricas, urinarias y respiratorias [13]. Como control positivo antimicótico se empleó una solución de fluconazol con una concentración de 25 mg en 0.5 mL^{-1} en solución salina estéril, la selección de antimicótico es por su actividad contra distintas especies del género *Candida* [14]. Para la preparación de controles negativos se tomó de igual manera un mililitro de cada solvente empleado en la obtención de los extractos para impregnar los discos. En condiciones de absoluta esterilidad, utilizando un hisopo estéril, se sembraron las soluciones salinas microbianas estandarizadas al patrón 0.5 de Mac Farland por estriado en agar Mueller Hinton MCD LAB® como medio de cultivo. A continuación, se colocaron sobre la placa los discos previamente preparados de acuerdo con el siguiente orden: cuatro discos de extracto a ensayar, un quinto disco con el testigo positivo y el sexto con el testigo negativo. Las cajas Petri se incubaron a 35 °C por 24 h en una estufa de cultivo, seguidamente se procedió a la observación de crecimiento y determinación de los halos de inhibición en dos ejes utilizando un vernier.

Resultados y discusión

Tamizaje fitoquímico

El análisis fitoquímico realizado a los extractos de corteza de *C. cujete*, mostró que el mayor contenido de MS se encuentra en los extractos de EM, EE y EEA. Como se esperaba en los EH y EAcE, las pruebas regularmente fueron nulas, (Tabla 2); la intención de realizar la extracción mediante el tamizaje con disolventes de polaridad creciente es eliminar los compuestos no activos que se encuentran en la corteza y permitir la extracción e identificación del conjunto de MS terapéuticamente utilizados. Tiwari [15] realizó una revisión sobre la extracción e identificación fitoquímica y señala la importancia de las condiciones de la extracción, el material vegetal y el disolvente empleado; hace referencia a las condiciones que ejercen efecto sobre la extracción de los MS y concluye que metanol, etanol y agua son los disolventes donde se agrupan mayor cantidad de componentes activos; lo cual coincide con los resultados obtenidos en este trabajo.

Tabla 2. Metabolitos secundarios identificados en corteza de *C. cujete* L.

Metabolitos secundarios	Metanol	Etanol	Etanol-Agua (70:30 v/v)
Alcaloides	++	+++	+++
Glucósidos cardiotónicos	++	++	+
Cumarinas volátiles	+	-	-
Taninos	+	+	-
Saponinas	-	-	++
Iridoides	+++	++	-
Triterpenos y esteroides	+	+	++
Derivados antracénicos libres	+	-	-
Azucares reductores	+	++	+++
Antocianinas	+++	+++	+
Leucoantocianinas	+++	+++	+
Glicósidos cianogénicos	-	+++	-

(+++) presencia cuantiosa; (++) presencia notable; (+) presencia leve y (-) ausencia

El análisis efectuado por Ortíz [4] en hojas de *C. cujete* coinciden con este trabajo al señalar los resultados más prometedores en los EM y EE; además reveló la presencia de taninos, saponinas, esteroides triterpenos, quinonas y cumarinas, mientras que los iridoides no fueron detectados; en este trabajo éstos últimos si se identificaron valorándolos como presencia cuantiosa, a través de coloraciones púrpuras intensas; sin embargo ellos reportan la presencia de flavonoides, que en este trabajo fueron identificados únicamente en el EAcE.

Los EM, EE y EEA mostraron en las pruebas realizadas, abundancia en la presencia de alcaloides, lo cual coincide con los resultados obtenidos por Parvin [16]; que estudiaron un extracto crudo etanólico de corteza de *C. cujete* originaria de Bangladesh, sin embargo, señalan que, en el extracto a partir de hojas del mismo espécimen, los resultados fueron nulos, lo que indica que el contenido fitoquímico puede variar profundamente de un órgano vegetativo, subespecie y de una región a otra. La identificación de triterpenos y esteroides mediante la prueba de Salkowski reveló coloraciones rojizas en los tres extractos con mayor contenido fitoquímico lo que infiere que se trata de terpenos con presencia de una lactona alfa beta insaturada con un grupo hidroxilo tal como menciona Huacuja-González [17]. Los triterpenos y/o esteroides son compuestos de interés, debido a sus potencialidades farmacológicas, ya que se emplean como diuréticos, expectorantes, cicatrizantes y antiinflamatorios [18].

Las pruebas cualitativas para la identificación de antocianinas y leucoantocianinas resultaron visiblemente positivas principalmente en los EM y EE, así como en el EAcE en igual intensidad. Estos metabolitos desempeñan funciones como pigmentos otorgando coloraciones rojizas a distintas partes como hojas, tallos, raíces, flores y frutos y su identificación colorimétrica podría explicar las ligeras tonalidades rojizas-rosáceas en las fibras de la corteza. También se identificaron glucósidos cianogénicos a través de la reacción de Grignard únicamente en el EE, esto supondría que la corteza posee estos metabolitos como toxinas de defensa, estos compuestos no han sido documentados en estudios anteriores. Las pruebas de identificación de aminoácidos libres, grasas, mucilagos y resinas resultaron negativas para todos los extractos analizados.

La presencia de estos MS correlaciona muchas de las propiedades y usos medicinales que se les dan a las partes del árbol. Los compuestos fenólicos y taninos han sido ampliamente usados como desinfectantes, esto explicaría porque *C. cujete* ha sido usada como bactericida en la curación y tratamiento de quemaduras y otras heridas expuestas. Los taninos y sus derivados en el fruto poseen propiedades astringentes que aceleran la curación de las heridas y poseen actividad antimicrobiana al prevenir infecciones de vías urinarias. Los flavonoides pueden actuar como antioxidantes al proteger a las células de los radicales libres. Las propiedades antibacterianas, antiespasmódicas y antiinflamatorias justifican el uso de *C. cujete* como agente antitusígeno y analgésico; al igual que las saponinas presentes que son útiles en la reducción de la inflamación del tracto respiratorio superior. Los cardenólidos son estimulantes cardíacos lo que sugiere la planta se haya usado en el

 ISSN 2007-8102

tratamiento de afecciones cardiovasculares mientras que a las antraquinonas se le atribuyen sus propiedades laxantes [19].

Resultados de inhibición microbiana

Los resultados de la prueba de peso seco por mililitro fueron en el EM 0.0576 g, en el EE 0.1018 g y en el EEA 0.0510 g, esta es la concentración aplicada para determinar la inhibición microbiana. Las pruebas realizadas de inhibición microbiana señalan que el EM ejerce un mejor efecto de inhibición sobre los microorganismos ensayados, este resultado es avalado por el análisis bifactorial extracto*microorganismo, el cual indica que factores y su interacción tienen efectos significativos sobre el diámetro de inhibición. Esta prueba revela que los resultados se ven afectados por el tipo de microorganismo en estudio. La comparación de medias de Tukey señala que existe diferencia significativa entre el EM y otros dos extractos ensayados, con un nivel de confianza de 95%.

Cuando se compara el efecto inhibitorio de los extractos con los microorganismos y el testigo (+), se observa que el EM presenta mejor efecto y que es posible identificar con valores sobre la media con capacidad fungicida por el hongo *C. tropicalis* y bactericida en *E. faecalis, K. pneumoniae, P. aeruginosa y S. aureus.* Es importante señalar que en *S. epidermidis*, se consigue el mejor efecto bactericida al obtenerse una inhibición superior al testigo (+) probado. En el caso de *C. tropicalis* y *K. pneumoniae* también se consiguen valores superiores al testigo (+), estadísticamente no hay diferencia significativa entre ellas dos (Figura 2).

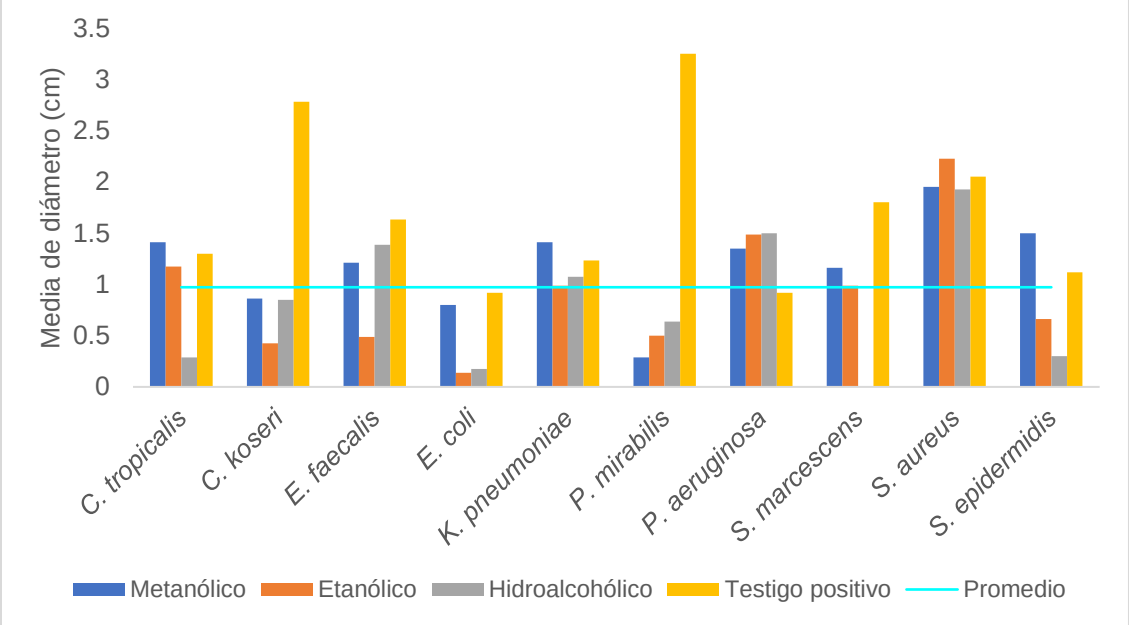


Figura 2. Comparación del efecto inhibitorio de los extractos de corteza de *C. cujete*

Los intervalos de confianza para verificar las interacciones entre los promedios de las medias de los halos de inhibición generados por los microorganismos señalan que *S. epidermidis,* estadísticamente no presenta diferencia significativa con los otros microorganismos al igual que *P. aeruginosa* mostrando capacidad inhibitoria microbicida categórica (Figura 3).

En relación con los resultados inhibitorios de *C. tropicalis* mostró inhibición en el siguiente orden entre los EM > EE >EEA. De Matta [20] realizó ensayos con el EE sobre *Aspergillus niger* y *C. albicans* obteniendo resultados negativos, por lo que los resultados de este trabajo darán apertura a futuras aplicaciones en estudios antifúngicos; también ensayo 5 mg/mL de EE de corteza reportando efectividad contra estas bacterias.

 ISSN 2007-8102

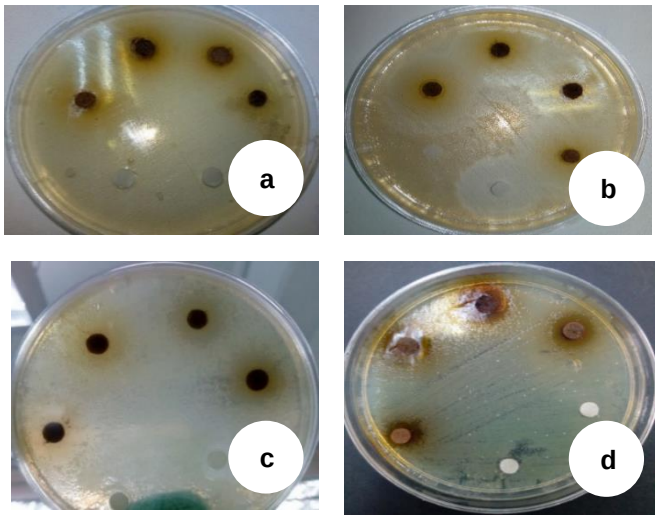


Figura 3. Halos de inhibición por efecto de extractos de corteza de *C. cujete.* a) *S. epidermidis,* b) *S. aureus*, C) *P. aeruginosa* y d) *K. pneumoniae*

Para *P. mirabilis* únicamente se presentó atenuación del crecimiento y en el caso de *P. aeruginosa* los tres extractos inhibieron el crecimiento superando el efecto del testigo (+). Para *E. coli* y *S. aureus* si se han realizado diversos estudios como los de Parvin [16], que utilizó EE y clorofórmico en corteza de corteza de *C. cujete,* empleando concentraciones de 100 y 200 µg de extracto seco y un testigo (+) de kanamicina, logrando demostrar actividad inhibitoria, también Uswatun [21] demostró resultados similares para estos microorganismos usando una concentración al 100% de EE de corteza. En este trabajo con 0.0576 g/mL del EM se obtuvo efecto bactericida para *E. coli* y el EE para *S. aureus*, en estos dos casos, el resultado superó el efecto del testigo (+), consiguiendo halos de inhibición perfectamente definidos. También Matta (2000) refiere que 5 mg/mL del extracto etanólico de corteza de tallo mostró actividad frente a *P. aeruginosa.*

Conclusiones

El tamizaje fitoquímico realizado a la corteza de *C. cujete* señaló la mayor cantidad de metabolitos secundarios en los extractos etanólico, metanólico y etanol-agua (70:30 v/v), donde se identificaron mayoritariamente alcaloides, iridoides, antocianinas y leucoantocianinas; en forma notable, glicósidos cardiotónicos y cianogénicos, saponinas, triterpenos y esteroides además azucares reductores y la presencia de cumarinas volátiles, taninos, saponinas y derivados antracénicos libres. Esta composición fitoquímica avala las múltiples aplicaciones que se le da en la medicina tradicional. La prueba de actividad antimicrobiana señala que 0.0576 g/mL del extracto metanólico es el que presenta un efecto antimicrobiano más completo y en el caso de *S. epidermidis,* mostró un efecto bactericida decisivo superior al testigo (+). Así también se presenta efecto microbicida ante *S. aureus* >*C. tropicalis* > *K. pneumoniae* > *P. aeruginosa.* Estos resultados muestran que *C. cujete* tiene una composición química con un amplio potencial responsable de las propiedades medicinales, por lo que será interesante continuar su estudio para avalar su aplicación farmacológica.

Referencias

[1] T. Ríos Castillo, L. Quijano, y R. Reyes Chilpa, “Algunas reflexiones actuales sobre la herbolaria prehispánica desde el punto de vista químico” Revista latinoamericana de química, vol. 40, no. 2, pp. 41-64, 2012.

[2] C. Valares Masa, “Variación del metabolismo secundario en plantas debida al genotipo y al ambiente”, Tesis doctoral. Universidad de Extremadura. Departamento de Biología Vegetal, Ecología y Ciencias de la Tierra. Área de Ecología. Badajoz, Extremadura; España, 2011.

[3] A. Valenzuela, R. Valenzuela, J. Sanhueza y G. Morales, “Alimentos funcionales, nutraceúticos y FOSHU: ¿vamos hacia un nuevo concepto de alimentación?,” *Revista chilena de nutrición*, vol. 41, no. 2, pp. 198 – 204, 2014.

[4] M. Ortíz Ortíz, A. Ortíz Ortíz, R. Reyes Chilpa, “Estudio fitoquímico preliminar del extracto hidroalcohólico de hoja de *Crescentia cujete* L. (totumo) y evaluación de la actividad antiinflamatoria de un gel para uso tópico,” *Momentos de Ciencia*, vol. 13, no. 1, pp. 34 – 39, 2016.

[5] R. G. Olmstead, M. L. Zjhra, L. G. Lohmann, S. O. Grose y A. J. Eckert, “A molecular phylogeny and classification of Bignoniaceae” (en inglés), *American Journal of Botany*, vol. 96, no. 9, pp. 1731 – 1743, 2009.

[6] M.G. Briceño Ramos “Etnobotánica y caracterización morfológica del jícaro (*Crescentia cujete* L.) en la península de Yucatán”, (Reporte final de residencia profesional). Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico de la Zona Maya Juan Sarabia, Quintana Roo, México, 2016.

[7] J. E. Espitia Baena, y H. Duran Sandoval, “Química y biología del extracto etanólico del epicarpio de *Crescentia cujete* L. (totumo)”. *Revista Cubana de Plantas Medicinales*, vol. 16, no. 4, pp. 337 – 346, 2011.

[8] D. Fernandez Valerio, D. Ojeda Juárez, K. Díaz Castellanos, J. Jiménez Guzmán y M. Guevara Valencia, “Caracterización nutrimental y fitoquímica de la pulpa de *Crescentia cujete*”, *Academia Journals* vol. 11, no. 6, 2009.

[9] S. Sarker y L. Nahar, “Natural products isolation”, *Humana press*, 2012.

[10] National Committee for Clinical Laboratory Standards 2001 y 2003.

[11] J. Vila, M.D. Gómez, M. Salavert y J. Bosch, “Métodos de diagnóstico rápido en microbiología clínica: Necesidades clínicas”, *Enfermedades Infecciosas y Microbiología Clínica*, vol. 35, no.1, pp. 41 – 46, 2017.

[12] L. C. Montes Jiménez, “Técnicas actuales de Diagnóstico Microbiológico”, *Fesitess Andalucía*, 2011.

[13] “Ciprofloxacino” [Internet] Disponinle em www.vademecum.es › principios-activos-ciprofloxacino-j01ma02

[14] A. Zuluaga Rodríguez, y C. de Bedout Gómez, “Sensibilidad a fluconazol y voriconazol de especies de Candida aisladas de pacientes provenientes de unidades de cuidados intensivos en Medellín, Colombia (2001 – 2007)”. *Revista Iberoamericana de Micología*. Vol. 27, no. 3, pp. 125 – 129, 2010.

[15] P. Tiwari, B. Kumar, M. Kaur, G. Kaur y H. Kaur, “Phytochemical screening and extraction: a review”, *Internationale pharmaceutica sciencia*, vol. 1, no. 1, pp. 98 – 106, 2011.

[16] S. Parvin, N. Das, N. Jahan, M. A. Akhter, L Nahar. and. E. Islam, “Evaluation of *in vitro* anti-inflammatory and antibacterial potential of *Crescentia cujete* leaves and stem bark” (en ingles). *Bio Med Central Research Notes*, vol. 8, no.1, p. 412, 2015.

[17] E.R. Huacuja González, “Contribución al estudio fitoquímico y determinación de la acción antimicrobiana de *Senecio candidissimus*”. (Tesis de maestría). Universidad Autónoma de Nuevo León. Facultad de Ciencias Biológicas. División de estudios de postgrado. San Nicolás de los Garza, Nuevo León; México, 1995.

[18] J.J. Illalba y F. D. Proenza, “Foraging in chemical diverse environments: energy, protein and alternative foods influence ingestion of plant secondary metabolites by lambs”, *J Chem Ecol*. vol. 31, no. 1, p. 123, 2005.

[19 B.C. Ejelonu, A.A. Lasisi, A.G. Olaremu y O.C. Ejelonu, “The chemical constituents of Calabash (*Crescentia cujete*),” *African Journal of Biotechnology*, vol. 10, no. 84, pp. 19631 – 19636, 2011.

[20] D.C. De Matta, “Determinación de la actividad anti-*Neisseria gonorrhoeae* de extractos vegetales por un método de dilución de agar”. (Tesis de licenciatura). Universidad de San Carlos. Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, Guatemal, p. 44, 2000.

[21] H.Uswatun, R.Desi, y S. Syaefudin, “Antibacterial activity of ethanol extract from stem bark and leaves of Berenuk (*Crescentia cujete* L.)” (en ingles), *Current Biochemistry*, vol. 4, no. 1, pp. 1-14, 2017.

Efecto del secado por lecho fluidizado sobre características fisicoquímicas y térmicas de flor de calabaza

J. E. Luna Guandulay[1], G. Luna Solano[1], A. Domínguez Niño[2], D. Cantú Lozano[1], G. R. Urrea García[1]*
[1]Laboratorio de Bioprocesos, Tecnológico Nacional de México – Instituto Tecnológico de Orizaba, Avenida Oriente 9 #852, Emiliano Zapata, 94320 Orizaba, Veracruz, México.
[2]Instituto de Energías Renovables, UNAM, Privada Xochicalco S/N Col. Centro, Temixco, Morelos, México
** jlunag@orizaba.tecnm.mx*

***Área de participación**: Ingeniería Química*

Resumen

Las flores de calabaza son conocidas por su beneficio para la salud. Son una buena fuente de nutrientes esenciales, vitaminas y minerales, su comercialización es limitada debido a daños poscosecha. El objetivo de este estudio fue evaluar el efecto de secado en lecho fluidizado sobre la cinética de humedad, actividad de agua, color y las propiedades térmicas de la flor de calabaza. El secado se realizó a 50 y 70 ºC. Los resultados al final del proceso mostraron diferencias significativas en el análisis de color, mientras que en la humedad y actividad de agua no fueron significativas a 110 min de secado. Las propiedades térmicas mostraron una disminución debido principalmente a la pérdida de agua de la flor de calabaza durante el secado. Las propiedades fisicoquímicas y térmicas del secado de flores de calabaza ayudan a encontrar las mejores condiciones para obtener un producto de alta calidad y mayor estabilidad durante el almacenamiento.

***Palabras clave**: flor de calabaza, secado en lecho fluidizado, características fisicoquímicas y térmicas.*

Abstract

Pumpkin flowers are known to be full of health benefits. They are a good source of essential nutrients, vitamins and minerals, its commercialization is limited due to damage post-harvest. The aim of this study was to evaluate the effect of fluidized bed drying on the kinetics of moisture, water activity, color and thermal properties pumpkin flower. The convective drying was carried out at 50 and 70 °C. The results of these experiments at the end of the process showed significant differences in the color analysis, while the moisture and water activity were not significant at 110 min of drying. Thermal properties showed a decrease mainly due to water loss from the pumpkin flower during the drying. The thermal and physicochemical properties of pumpkin flower drying help to obtain the best conditions to obtain higher quality product and greater stability during its storage.

***Key words**: pumpkin flower, fluidized bed drying, thermal and physicochemistry characteristics.*

Introducción

México es uno de los países con una gran diversidad de plantas, las cuales han sido utilizadas para su consumo como alimento o por sus propiedades medicinales. Muchas flores de plantas silvestres son recolectadas y consumidas localmente en diferentes áreas durante la estación en que florecen [1], una de ellas es la flor de calabaza que fue incluida en la dieta desde la época prehispánica y hoy en día es consumida en varios lugares, sin embargo, todas las flores comestibles tienen una corta vida de anaquel [2].

La conservación de los alimentos surgió ante la necesidad de alargar la vida de los alimentos durante meses e incluso hasta años. Además, protege el producto de microorganismos y agentes que causan el deterioro, manteniendo el alimento con características positivas en la evaluación de la calidad, color, sabor, forma y valor nutrimental [2]. Un método eficiente para la conservación de los alimentos es el secado, su objetivo es eliminar el agua sólida o líquida del alimento en forma de vapor. Sin embargo, es necesario utilizar condiciones de procesamiento adecuadas para cada tipo de muestra, para reducir al mínimo el efecto en sus propiedades nutritivas.

Para aumentar la vida de anaquel de la flor de calabaza puede utilizarse el secado en lecho fluidizado o lecho fluido, este proceso ocupa aire caliente que proporciona el calor necesario para evaporar la humedad del alimento,

permitiendo un tratamiento rápido y homogéneo con el aire caliente dentro del lecho, debido al mezclado de los sólidos fluidizados, eliminando el sobrecalentamiento de los mismos [3]. El secador de lecho fluidizado se encuentra entre los métodos de secado más eficiente, debido al excelente contacto entre el aire de secado y las partículas, con elevados coeficientes de transferencia de calor y masa. Por otra parte, el costo de operación de los secadores de lecho fluidizado es considerablemente menor que el de los liofilizadores, lo que representa una ventaja desde el punto de vista del proceso [4].

Es importante mencionar que las propiedades térmicas de un alimento, como la conductividad térmica y el calor específico, representan la capacidad del alimento para acumular y transportar calor. Estas propiedades térmicas son parámetros importantes en el modelado y evaluación del procesamiento de alimentos, operaciones que involucran transferencia de calor, utilización de energía y calidad de productos alimenticios. Las propiedades térmicas de los alimentos dependen de la temperatura y sus componentes principalmente: agua, proteínas, grasas, carbohidratos y cenizas [5, 6].

Considerando lo anterior, el objetivo del presente proyecto fue realizar estudios sobre las condiciones de operación del proceso de secado por lecho fluidizado, con el fin de obtener la flor de calabaza deshidratada de buena calidad; para lo cual se estudió el efecto de este proceso sobre las propiedades fisicoquímicas y térmicas de la flor de calabaza durante el secado en lecho fluidizado.

Metodología

Acondicionamiento de la materia prima

Para el desarrollo del presente trabajo se utilizó flor de calabaza cultivadas en los municipios de Orizaba (La Perla y Atzácan) en el estado de Veracruz, México. La flor se seleccionó considerando no presentaran daño mecánico, marchitamiento y pardeamiento. La materia prima seleccionada se limpió retirando el pistilo y agentes extraños como tierra. Posteriormente se cortó para tener diferentes tamaños de muestra (entera y pétalos) necesaria para la experimentación.

Secador por lecho fluidizado

Para deshidratar la flor de calabaza se ocupó un secador de lecho fluidizado (Retsch TG 200, Alemania) tipo lote con una carga máxima de 1000 g y con una potencia del ventilador aproximada de 185 m^3/h. Para llevar a cabo el proceso de secado por lecho fluidizado de la flor de calabaza se aplicó un diseño de experimentos bifactorial 2^2 con tres repeticiones. Los factores fueron temperatura de secado (50 y 70 °C) y el tamaño de la muestra. El proceso de secado se llevó a cabo por 120 min.

Determinación de las características fisicoquímicas y composición proximal

El contenido de humedad se determinó utilizando una termobalanza (Santorius MA35M-000115V1, Alemania). Se colocó aproximadamente 1 g de muestra de flor de calabaza distribuida uniformemente en un platillo de aluminio a una temperatura de 60 °C.

La actividad de agua de las muestras durante el proceso de secado se obtuvo a 25±2 °C con un medidor de actividad de agua (Aqualab Serie 3, USA). Un poco de muestra de flor de calabaza se colocó en el contenedor de plástico y se introdujo en el equipo para hacer la lectura.

El color de las muestras se midió durante el proceso de secado con un colorímetro (HunterLab MiniScan XE plus, USA). Los parámetros de color se determinaron por reflectancia y expresados según el sistema Hunter L^* (Luminosidad), a^* (rojo-verde) y b^* (amarillo-azul), calculando con estos parámetros el diferencial de color (ΔE) con la ecuación 1.

$$\Delta E = \sqrt{(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2} \quad (1)$$

Donde, ΔL^*=L^* de la muestra deshidratada; Δa^*=a^* de la muestra deshidratada $-a^*$ de la muestra fresca; Δb^*=b^* de la muestra deshidratada $-b^*$ de la muestra fresca.

Para obtener la composición proximal de la flor de calabaza se utilizaron métodos de análisis de carbohidratos, proteínas, grasas y cenizas recomendados por la AOAC-2015.

Obtención de las propiedades térmicas de la flor

Las propiedades térmicas de las muestras de flor se calcularon antes, durante y después del proceso de secado por lecho fluidizado. La conductividad térmica de las muestras se obtuvo con la ecuación empírica (Ecuación 2) para alimentos sólidos y líquidos. Para la capacidad calorífica se empleó la expresión (Ecuación 3) para productos de composición conocida. Estas ecuaciones están disponibles en la literatura que son ampliamente reportadas [5].

$$k = 0.25X_c + 0.155X_p + 0.16X_f + 0.135X_a + 0.58X_w \quad (2)$$

$$Cp = 1.424X_c + 1.549X_p + 1.675X_f + 0.837X_a + 4.187X_w \quad (3)$$

Donde, k: Conductividad térmica (W/m°C); Cp: Calor específico (KJ/kg°C); X_c: Fracción peso de carbohidratos; X_p: Fracción peso de proteínas; X_f: Fracción peso de grasas; X_a: Fracción peso de cenizas; X_w: Fracción peso de agua.

Resultados y discusión

Contenido de humedad y actividad de agua

La evolución de la humedad y actividad de agua (a_w) de las muestras de flor de calabaza deshidratadas a diferentes condiciones de operación del proceso de secado en lecho fluidizado se muestran en la Figura 1. Durante el secado se observó una velocidad más rápida de secado en el experimento 4 correspondiente al tamaño de muestra más pequeño (pétalos) que fue deshidratada a la temperatura mayor (70 ºC), presentando la menor velocidad de secado cuando la flor de calabaza fue deshidratada en el tamaño mayor (flor entera) y a la menor temperatura que fue de 50 ºC (Figura 1a).

En general se observó que conforme aumenta la temperatura y disminuye el tamaño de muestra, la velocidad con la que pierde agua la muestra de flor de calabaza va a ser mayor durante el proceso de secado. El análisis estadístico ANOVA con prueba de Tukey (α=0.05) indicó que a los 110 min no hubo diferencia significativa entre experimentos, sin embargo, los cuatro tratamientos alcanzaron el contenido de humedad de equilibrio a diferentes tiempos, menores que el mencionado excepto a 50 °C en forma entera.

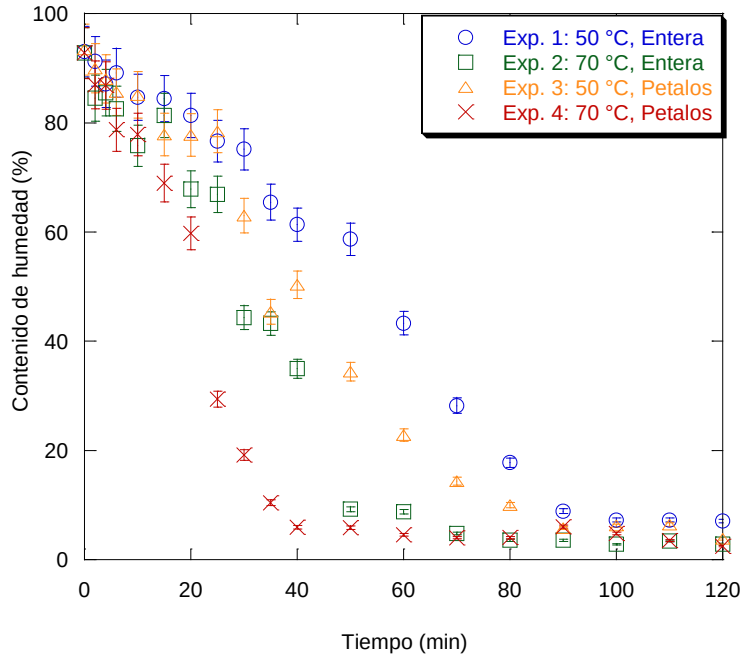
En la Figura 1b se observa el comportamiento de la actividad de agua (a_w), el cual, fue similar a la evolución de la humedad durante el proceso de secado por lecho fluidizado de flor de calabaza durante 120 min. Mostrando claramente un mayor efecto significativo de la temperatura utilizada que del tamaño de muestra sobre la evolución de la a_w de la flor de calabaza durante el proceso de secado.

La actividad de agua es un factor importante para la conservación de los alimentos debido a que los cambios fisicoquímicos y alteraciones microbiológicas que pueden presentarse durante el almacenamiento de los alimentos dependen directamente de este parámetro. Estos cambios y alteraciones microbiológicas dejan de presentarse cuando la a_w en un alimento está por debajo de 0.6 [7]. Aunado a esto, se puede observar en la Figura 1b que en todos los experimentos a los 90 min del proceso de secado se obtuvieron valores de a_w en las muestras de flor de calabaza menores a 0.6 en la mayoría de las muestras alrededor de 0.4.

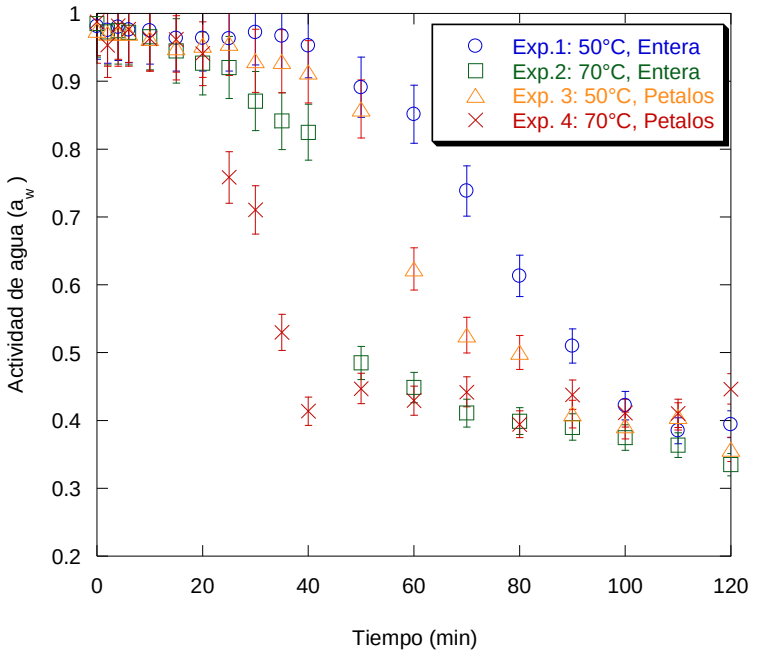
Parámetros de color (L^*, a^*, b^*, y ΔE) de la flor

Es importante mencionar que los valores iniciales de color obtenidos para la flor fresca de calabaza fueron L^*=26.028, a^*=11.04 y b^*=14.462, estos valores según el sistema Hunter indican que la flor tiene tonalidades rojas (parámetro a^*) y tonalidades amarillas (parámetro b^*) dando un color ligeramente naranja. La pigmentación amarillo-naranja de la flor de calabaza se debe a los carotenoides que contiene fitoquímicos precursores de la biosíntesis de la vitamina A y con gran poder antioxidante, que a su vez protegen el cuerpo de los efectos nocivos de los llamados radicales libres [1].

 ISSN 2007-8102



a)



b)

Figura 1. Evolución de: a) humedad y b) a_w durante el proceso de secado de flor de calabaza.

En la Tabla 1 se muestran los valores obtenidos en los parámetros de color (L^*, a^* y b^*) de la flor de calabaza al final de los 120 min del proceso de secado. Tomando en cuenta los parámetros de color inicial de la flor fresca se puede observar que al final del proceso de secado en lecho fluidizado, los parámetros de color de la flor de calabaza en todas las condiciones estudiadas presentaron una disminución en su valor inicial, sin embargo, el decremento no originó un cambio de color drástico.

 ISSN 2007-8102

Tabla 1. Parámetros de color de la flor deshidratada a diferentes condiciones.

Exp.	Temperatura (°C)	Tamaño de muestra	Parámetros de color			
			L^*	a^*	b^*	ΔE
Flor fresca		Entera/Pétalos	$26.028^{1.25}$	$11.04^{3.64}$	$14.462^{1.43}$	
1	50	Entera	$18.80^{4.79}$	$5.72^{2.83}$	$9.64^{2.75}$	$21.80^{6.06}$
2	70	Entera	$20.91^{4.37}$	$5.87^{3.13}$	$10.57^{2.52}$	$19.78^{7.42}$
3	50	Pétalos	$22.10^{5.21}$	$7.16^{2.92}$	$12.61^{2.83}$	$7.68^{5.31}$
4	70	Pétalos	$14.20^{6.37}$	$5.96^{2.82}$	$6.76^{2.99}$	$18.46^{3.73}$

Durante el proceso de secado en lecho fluidizado de la flor de calabaza se evaluó como se afecta el color por la temperatura de secado y el tamaño de muestras. En la Figura 2 se observa la diferencia de color (ΔE) que presentaron las muestras de flor deshidratadas con respecto al color de la flor fresca, durante todo el proceso de secado. Se observó que desde los primeros 10 min se presentaron valores de ΔE en las muestras de flor entre 10 y 15 para todos los experimentos. El análisis de color de un producto es importante, ya que durante el proceso de secado existen variaciones de color que pueden influir en gran medida en la aceptación del producto terminado por el consumidor.

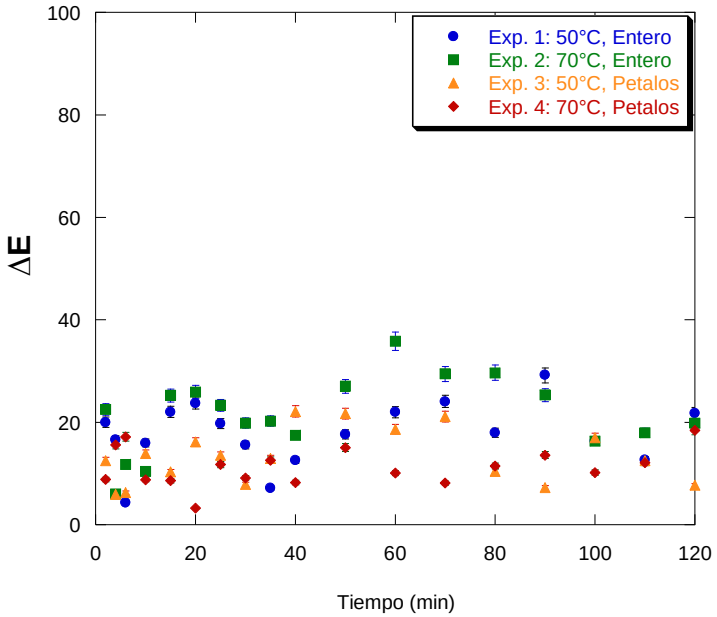


Figura 2. Diferencia de color de la flor de calabaza durante el proceso de secado por lecho fluidizado.

En general en todos los experimentos se observó una gran variabilidad del color (ΔE) de la flor de calabaza durante los 120 min del proceso de secado en lecho fluidizado. Al final del proceso de secado las muestras de flor con la menor diferencia de color fueron aquellas que se deshidrataron con el mayor tamaño de la muestra (flor entera) (Tabla 1). En trabajos anteriores sobre algunos vegetales y frutos [7, 8, 9, 10] se ha reportado que valores alrededor de 15 para ΔE de sus productos deshidratados no implican cambios físicos visuales en el producto final.

La imagen de la Figura 3 muestra el cambio de color y tamaño que presentó la flor de calabaza en el secado por lecho fluidizado a diferentes tiempos. Es importante mencionar que la variación de color correspondiente a los resultados de los valores obtenidos de ΔE no es físicamente visible ni confiere a la flor un color desagradable, conservando tonalidades amarillas-naranjas y presentando una reducción de tamaño visible debido a la pérdida de agua durante el secado.

 ISSN 2007-8102

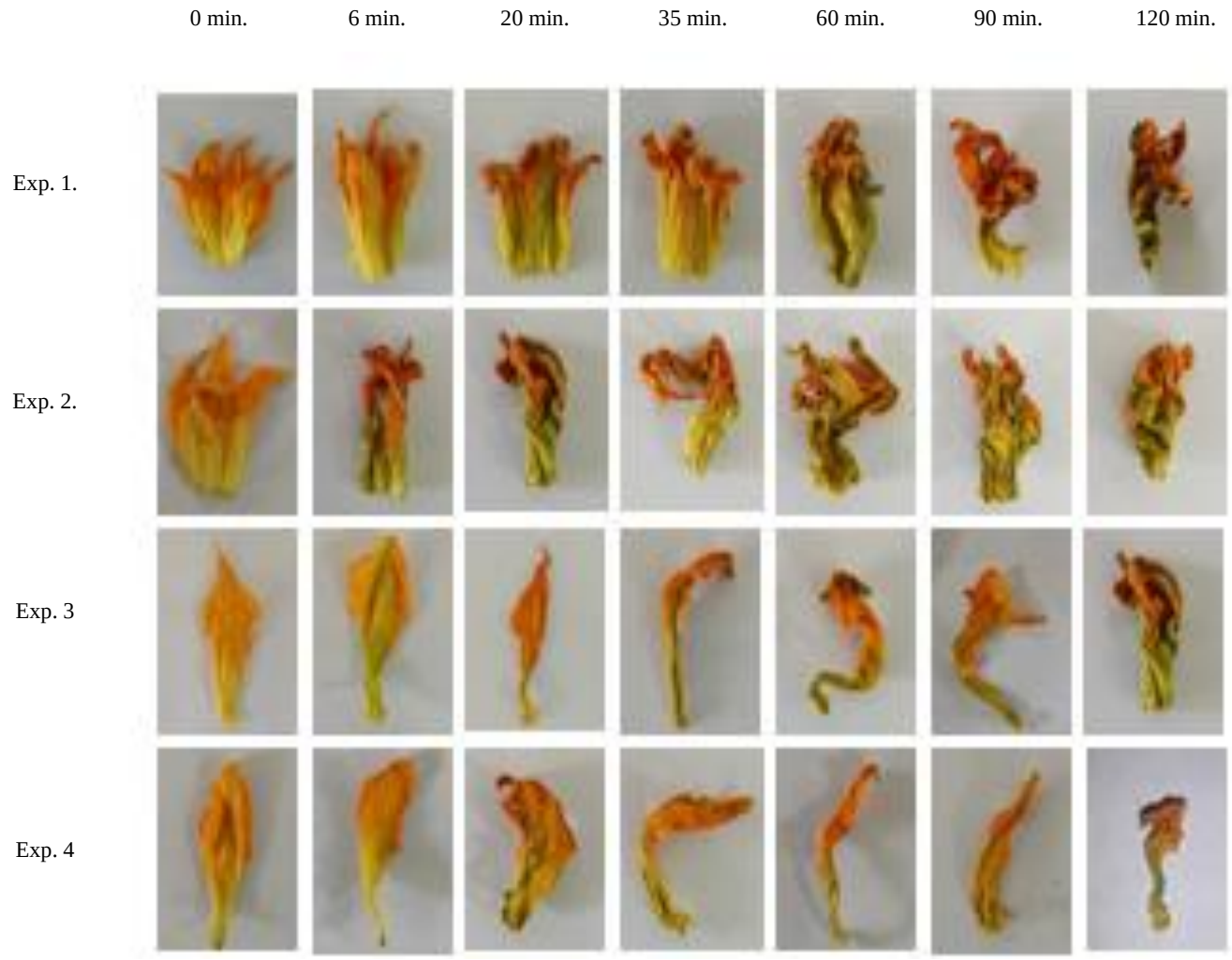


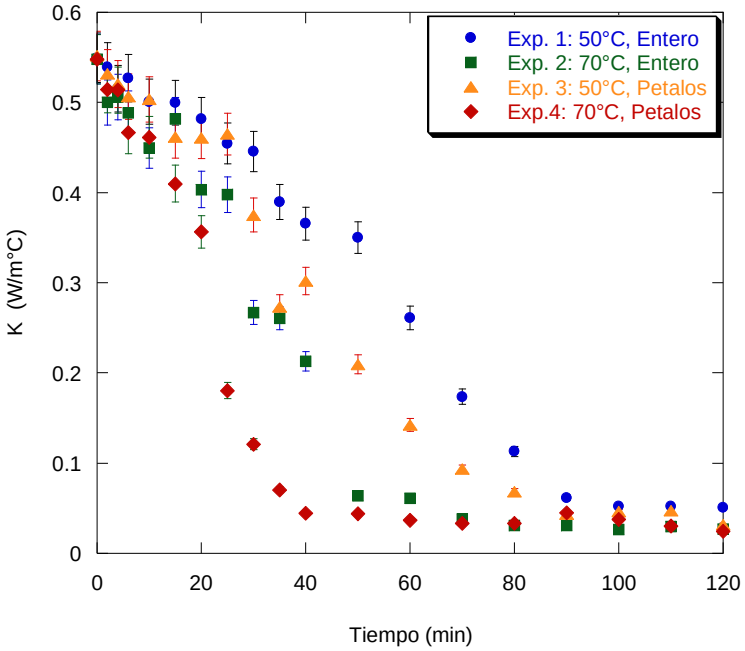
Figura 3. Imágenes del color de la flor de calabaza a diferentes tiempos del proceso de secado en lecho fluidizado.

Conductividad térmica y calor específico en la flor de calabaza

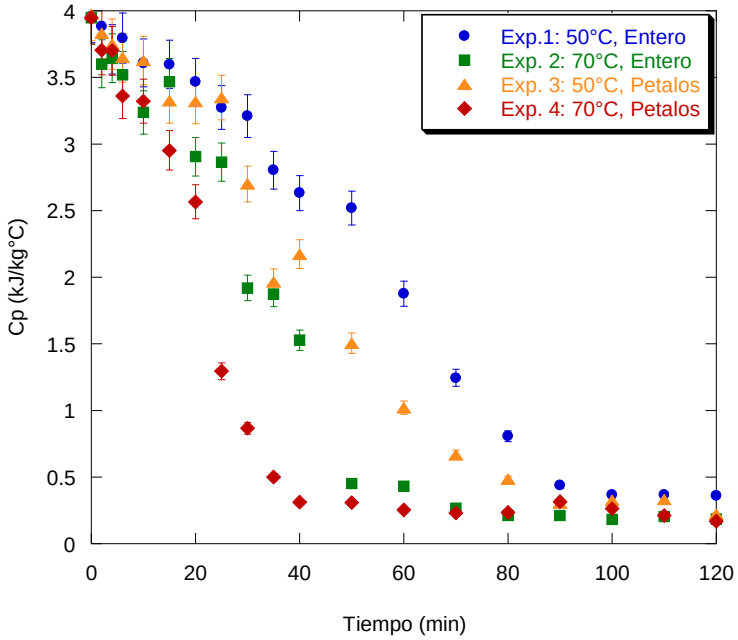
La conductividad térmica (k) de la flor de calabaza disminuyó a medida que transcurrió el tiempo de secado (Figura 4a). Durante el secado por lecho fluidizado la k llegó a estabilizarse a los 90 min para la mayoría de los experimentos obteniendo valores menores de 0.045 W/m°C. Únicamente para el experimento (exp. 1) realizado a la menor temperatura y mayor tamaño de muestra la k fue mayor (0.061 W/m°C) a este mismo tiempo. Lo anterior muestra que existe una relación directa de la cantidad de agua en el alimento y su conductividad térmica, ya que la k disminuyó conforme se elimina el agua en la flor de calabaza.

El calor especifico (Cp) de la flor de calabaza (Figura 4b) durante el secado en lecho fluidizado disminuyó de 3.96 hasta valores menores de 0.25 KJ/kg°C al final del proceso de secado en la mayoría de todos los experimentos. Se pudo observar que a medida que transcurre el tiempo de secado de la flor de calabaza el calor especifico va disminuyendo, esto está atribuido directamente a la pérdida principalmente de agua en la muestra, ya que el agua es la segunda sustancia con mayor calor especifico, por lo cual, al perder gran parte de este componente se pierde en gran medida el calor especifico.

 ISSN 2007-8102



a)



b)

Figura 4. Evolución de: a) conductividad térmica y b) calor especifico de la flor de calabaza durante el proceso de secado.

Trabajo a futuro

Se analizará la calidad del producto deshidratado con el grado de rehidratación de la flor de calabaza. Posteriormente se evaluarán otras características fisicoquímicas como el contenido de vitamina C, determinación de minerales y capacidad de retención de agua (CRA) y determinación del contenido de antioxidantes por el método de porcentaje de inhibición del radical DPPH.

Conclusiones

Se logró aplicar el proceso de secado en lecho fluidizado para la deshidratación de la flor de calabaza. Durante el proceso de secado a las diferentes condiciones estudiadas se observó una diferencia significativa en la evolución de las variables de respuesta, sin embargo, en la mayoría se obtuvieron al final del secado características en la flor deshidratada adecuadas para su conservación y alta probabilidad de aceptación por el consumidor. El mejor proceso fue cuando se deshidrató la flor en forma de pétalos a la temperatura de 70 ºC, ya que la flor de calabaza presentó físicamente la misma tonalidad de color que a otras condiciones y se obtuvieron valores alrededor de 5% de humedad desde los primeros 60 min implicando una mayor velocidad de procesamiento.

Referencias

[1] A. L. Loubet-González , “Efecto de diferentes métodos de cocción sobre el cotenido y capacidad atioxidante de la flor de calabaza (Cucurbita pepo L.),” Querétaro, 2010.

[2] O. López-Pérez, “Manejo postcosecha de flor de calabaza a diferentes condiciones de almacenamiento,” Tulancingo de Bravo, Hidalgo, 2007.

[3] M. T. Toro-Rojas, “Extracción de compuestos fenólicos de residuos de plata hass mediante EFS-CO2-Etanol y sus estabilización en hidrogeles de alginato de propiedades reológicas y térmicas definidas,” Santiago, 2012.

[4] A. V. Mahn, C. E. Pérez y A. R. Reyes, “Efecto de las condiciones de secado en lecho fluidizado pulsante sobre el contenido de sulforafano de brócolo,” *Información ktecnológica,* vol. 4, no. 28, pp. 17-28, 2017.

[5] S. V. Jangam, C. L. Law and A. S. Mujumdar, “Basic Concepts and Definitions in Drying of Foods, Vegetables and Fruits”, vol. 1, Singapore, 2010.

[6] A. Domínguez-Niño, D. Buendía-Gónzalez, D. Cantú-Lozano, I. Andrade-González y G. Luna-Solano, “Efecto de secado por lecho fluidizado sobre las propiedades fisicoquímicas y microbiológicas de queso fresco mexicano,” *Revista Mexicana de Ingeniería Química,* vol. 15, no. 3, pp. 869-881, 13/07/2016.

[7] C. Muñoz-López, G. R. Urrea-García, M. Jiménez-Fernandez, G. Rodríguez-Jiménes and G. Luna-Solano, “Effect of drying methods on the physicochemical and thermal properties of Mexican plum (Spondias purpurea L.),” *CyTA Journal of Food,* vol. 16, no. 1, pp. 127-134, 02/08/2017.

[8] J. M. Pérez-Francisco, R. Cerecero-Enríquez, I. Andrade-González, J. A. Regazzo-Sánchez and G. Luna-Solano, “Optimization of Vegetal Pear Drying Using Response Surface Methodology,” *Drying Technology,* vol. 26, no. 11, pp. 1401-1405, 01/11/2008.

[9] A. Lozano-Acevedo, M. Jimenez-Fernández, A. Ragazzo-Sánchez, G. R. Urrea-García and G. Luna-Solano, “Fluidized Bed Drying Process of Thinly Sliced Potato (Solanum tuberosum),” no. 88, pp. 360-266, 3/06/2011.

[10] J. Villegas-Santiago, M. Calderon-Santoyo, A. Regazzo-Sánchez, M. A. Salgado-Cervantes and G. Luna-Solano, “Fluidized bed and tray drying of thinly sliced mango (Mangifera indica) pretreated with ascorbic and citric acid,” *International Journal of Food Science & Technology,* vol. 46, no. 1296-1302, 2011.

Comparación de tres métodos de extracción de DNA en cítricos

D. V. Esteves-Morales[1], M. C. Pastelín Solano, O. Castañeda-Castro[1], M. E. Márquez-López[1], J. E. Bulbarela Marini[1]*
[1]Universidad Veracruzana. Facultad de Ciencias Químicas. Prolongación de Oriente 6 No. 1009. C. P. 94340, Orizaba, Veracruz. México
**jbulbarela@uv.mx*

***Área de participación**: Ingeniería Química*

Resumen
En la actualidad el uso de las técnicas moleculares permite estudiar el genoma completo o secuencias específicas del DNA como propósito para detectar y analizar secuencias de interés en diversas investigaciones. Las técnicas moleculares se han llevado a cabo en cítricos, para detectar la presencia de patógenos que causan enfermedades, para otorgarles una estabilidad genética. El objetivo del presente trabajo fue seleccionar un método para realizar la extracción de DNA en cítricos, y obtener un producto de calidad en términos de pureza y concentración, para ello se utilizaron los protocolos Doley-Doley [1], el método Saghai Maroof [2] y el método the Wizard® Genomic DNA Purification Kit de Promega [3]. El mayor rendimiento de DNA se obtuvo por el método Doley- Doley [1], debido a que obtuvo la mayor concentración de DNA (556. 54 ± 34.97) y una absorbancia (1.98 ± 0.01).

***Palabras clave**: Citrus, técnicas moleculares, secuencias específicas.*

Abstract
At present, the use of molecular techniques allows the study of the complete genome or specific DNA sequences for the purpose of detecting and analyzing sequences of interest in various investigations. Molecular techniques have been carried out in citrus fruits, to detect the presence of pathogens that cause diseases, to give them genetic stability. The objective of this work was to select a method to carry out DNA extraction in citrus fruits, and obtain a quality product in terms of purity and concentration, for this the Doley-Doley protocols [1], the Saghai Maroof method [2] and the Wizard® Genomic DNA Purification Kit method from Promega [3]. The highest yield of DNA was obtained by the Doley-Doley method [1], because it obtained the highest concentration of DNA (556. 54 ± 34.97) and an absorbance (1.98 ± 0.01).

***Key words**: Citrus, molecular techniques, specific sequences.*

Introducción

Los cítricos son frutos gran importancia a nivel mundial y en México son de consumo habitual, entre ellos sobresalen por su consumo la naranja, limón, mandarina y toronja [4]. Los cítricos son cultivos que tienen importancia en la en la economía mexicana, el estado de Veracruz es el primer lugar en la producción de citricos en México, cultivándose en el estado una gran variedad de cítricos, así mismo ocupa el primer lugar nacional en la producción de limón persa [5], naranja [6], toronja y mandarina [7].

El DNA es el encargado de mantener la información genética necesaria mediante el código genético, con lo cual hereda los caracteres a la progenie. DNA también se encarga de coordinar y controlar las funciones y actividades de la célula, esto debido a las proteínas que con él se codifican [8].

Una de las razones por la cual se hacen estudios del DNA de cítricos, se debe al interés de obtener la secuencia completa, lo que es de importancia en la industria farmacéutica, alimentaria y agronómica, que además permitiría obtener nuevas variedades, empleando el mejoramiento genético que permita minimizar el tiempo de inicio de cosecha y aumento en los rendimientos [9].

Para el estudio y análisis de los cítricos se han aplicado diversas técnicas moleculares, entre ellas la técnica de la reacción en cadena de la polimerasa (PCR), la cual se basa en poder amplificar los fragmentos específicos de DNA, con lo cual se pueden detectar patógenos causantes de enfermedades a los cítricos, existen algunas variantes de la técnica de PCR como son la punto final, PCR tiempo real (permite cuantificar el DNA), PCR inversa (realiza la síntesis de DNA), PCR anidada (se realiza una doble amplificación con cebadores cuenta con una alta sensibilidad) [10].

Para ser eficiente, la extracción del DNA debe tener un alto rendimiento en la concentración del DNA y buena calidad, estando libre de fenoles y polisacáridos. Los polisacáridos son los contaminantes más usuales que se pueden presentar en una extracción de DNA. Otra de las problemáticas que se pueden presentan durante la extracción del DNA, en cítricos, puede deberse a la contaminación por proteínas, polifenoles, alcaloides o taninos y mellicera hialoplasma coloidal, que son inhibidores de la PCR, la mellicera hialoplasma coloidal dificulta la extracción de DNA por su consistencia viscosa [11][12].

Existen diversas técnicas para la extracción del DNA en plantas, algunas pueden ser sencillas y de costo bajo, como es el método Doley-Doley, que presenta eficiencia en una gran diversidad de muestras, por otro lado el método Saghai Maroof [2], que se caracteriza por brindar buena cantidad y calidad del DNA evitando la oxidación [13] y el método the Wizard® Genomic DNA Purification [3] esta se realiza en un tiempo reducido.

El objetivo del presente estudio fue seleccionar un método para realizar la extracción de DNA en cítricos, y obtener un producto de calidad en términos de pureza y concentración.

Metodología

Se utilizaron cinco especies de cítricos limón persa (*Citrus* × *latifolia*), limón mexicano (*Citrus aurantifolia* Christm (Swingle)), naranja (*Citrus* × *sinensis*), mandarina (*Citrus reticulata*) y toronja (*Citrus* × *paradisi*), los cuales fueron proporcionados por la Estación Nacional de Cuarentena, Epidemiologia y Saneamiento Vegetal. Se emplearon tres protocolos de extracción de DNA para su comparación; los cuales fueron Doley-Doley [1], Saghai-Maroof [2], y el kit de extracción the Wizard® Genomic DNA Purification Kit de Promega [3], Se analizaron 20 muestras por cada método de extracción y cuatro muestras por variedad utilizada.

Métodos para la extracción del DNA

Doley-Doley (1990)

El tejido vegetal se maceró utilizando un mortero estéril con ayuda de nitrógeno líquido, hasta la obtención de un polvo fino, evitando la hidratación del macerado, se colocaron 50 mg del tejido macerado en un tubo para microcentrífuga con capacidad para 2 mL, se agregó 1 mL del buffer de extracción CTAB (50 mM Tris pH 8.0, 0.7 M NaCl, 10 mM EDTA, 1% CTAB, 0.1% 2-mercaptoetanol), se colocó en baño maría a 65°C durante una hora.

La mezcla se agitó cada 10 min usado un vortex, terminada la incubación se agregaron 600 µL de cloroformo-alcohol isoamílico mezclando vigorosamente, para realizar la separación de las fases inmiscibles se centrifugó a 13,000 g x durante 10 min se colocó sobrenadante a un microtubo con capacidad para 1.5 mL, se agregaron 600 µL de isopropanol frío y se incubo a -20° C durante 20 min, trascurrido el periodo se mezcló por inmersión.

La precipitación del DNA se realizó por centrifugando a 9,000 g x durante 7 min, el sobrenadante fue decantado, al pellet que se recuperó se le agregaron 600 µL de etanol al 70% para limpiar de contaminantes, para formar de nuevo el pellet la mezcla fue centrifugada a 7,500 g x durante 5 min. Se retiró el líquido dejando solo el pellet, el cual se secó a temperatura ambiente, el DNA fue diluido en un volumen de 100 µL de agua ultra pura.

Método Wizard genomic DNA purification kit (Promega) A1120

Se trituró el tejido con nitrógeno líquido y convertido en un polvo fino, se agregó 50 mg en un microtubo con capacidad de 2 mL se agregaron 600 µL de solución de lisis de núcleos y se agitó de 1-3 segundos.

Se llevó a incubación a 65°C durante 15 min. y se le agregó 3 µL de solución de RNasa al lisado celular, se mezcló 2-5 veces, se llevó a incubar la mezcla a 37° durante 15 min. Posteriormente se dejó que la muestra se enfriara a

temperatura ambiente durante 15 min, posteriormente se le agregó 200 µL de solución de precipitación de proteínas y fue agitado vigorosamente a alta velocidad durante 20 segundos.

Se llevó a centrifugación por 3 min. a 13,000 g x, las proteínas precipitadas formaron un granulado apretado. Se retiró el sobrenadante que contenía el DNA (dejando atrás el sedimento de proteínas) y se transfirió a un microtubo de 1.5 mL que contenía 600 µL de isopropanol a temperatura ambiente.

Nota: puede que quede algo de sobrenadante en el tubo original que contiene el granulo de proteína. Dejar el líquido residual en el tubo para evitar contaminar la solución de DNA con la proteína precipitada. Se mezcló la solución por inversión hasta que las hebras de DNA en forma de hilo formaran una masa visible y se centrifugó a 13,000-16,000 g x por 1 min. se decantó el sobrenadante agregando 600 µL de etanol al 70% y se mezcló varias veces el tubo.

Se centrifugó a 13,000 g x por 1 min. se aspiró el etanol usando una pipeta Pasteur. Evitar aspirar el pellet. Se puso el tubo sobre papel absorbente y se dejó secar el sedimento durante 15 min agregando 100 µL de DNA rehidrate, incubando a 65°C durante 1 h. Se mezcló la solución golpeando suavemente el tubo. Alternamente, se rehidrata el DNA incubando la solución durante la noche a temperatura 4°C. Se almacenó el DNA a 2-8°C.

Saghai Maroof (1984)

Se pesó 50 mg de tejido vegetal, se pulverizó con un molino mecánico, disperso en 15 mL de tampón de extracción (50 mM Tris pH 8.0, 0.7 M NaCl/10 mM EDTA/ 1% CTAB / 0.1% 2-Mercaptoetanol) se incubó a 60°C durante 30-60 min se mezcló de forma suave.

Se añadió 10 mL cloroformo/octanol 24:1 (vol./vol.) y se mezcló la solución por inversión formando una emulsión que se centrifugó a 5125 g x durante 10 min a temperatura ambiente. La fase acuosa fue eliminada y se añadió 2/3 vol. de isopropanol y se mezclaron de dos a cuatro inversiones rápidas y suaves.

El DNA precipitado se levantó con un gancho de vidrio, se transfirió a un tubo que contenía 20 mL de etanol a 76% /NH_4OAc 10 mM por 20 min posteriormente se disolvió en 1.5 ml de NH_4OAc 10 mM. Este método produce 200 µg de DNA por 0.75 g de tejido seco.

Para obtener la integridad de las muestras de DNA extraído de los cítricos se realizó una electroforesis utilizando un gel de agarosa al 0.8%, empleando TBE 1X se corrió a 60 volt por 30 min.

Resultados y discusión

Hubo diferencias estadísticas significativas entre metodologías, con el método Doley-Doley se obtuvo la mayor concentración de DNA y absorbancia (Tabla 1).

Tabla 1. Efecto del factor método de extrácción del DNA en la concentración y absorbancia en cítricos.

Método	DNA ($ng\ \mu L^{-1}$)	Absorbancia (260/280 nm)
Saghai-Maroof	194.83±14.85b	1.85±0.03b
Kit Wizard	161.69±10.92b	1.43±0.03c
Doley-Doley	556.54±34.97a	1.98±0.01 a

Medias ± error estándar con letras distintas en las columnas indican diferencia estadística significativa (P ≤ 0.05).

 ISSN 2007-8102

Con el método Doley-Doley, la mayor concentración de DNA se obtuvo con limón mexicano y Toronja, se logró obtener las concentraciones de DNA y absorbancia adecuadas en todos los tratamientos (Tabla 2).

Tabla 2. Cantidad y calidad de DNA de cítricos mediante el método Doley-Doley (1990)

Cítrico	Concentración DNA ($ng\ \mu L^{-1}$)	Absorbancia (260/280 nm)
Limón mexicano	695.16 ± 33.56 a	1.97 ± 0.02 a
Mandarina	411.26 ± 19.17 b	1.96 ± 0.03 a
Limón persa	486.44 ± 41.93 ab	1.98 ± 0.01 a
Naranja Valencia	510.06 ± 44.90 ab	1.97 ± 0.01 a
Toronja Roja	679.80 ± 27.01 a	1.99 ± 0.02 a

Medias ± error estándar con letras distintas en las columnas indican diferencia estadística significativa ($P < 0.05$).

Bermúdez [14] menciona que al utilizar la metodología descrita por Doley-Doley obtuvo un rendimiento alto del DNA en caña de azúcar, de igual forma, para el caso de cítricos este protocolo fue el que obtuvo un mayor rendimiento de DNA en nuestros estudios.

Empleando el protocolo de Saghai Maroof, la mayor concentración de DNA fue la que se obtuvo en Mandarina y Naranja Valencia, en todos los cítricos empleados se logró obtener concentraciones de DNA adecuadas, para su empleo en técnicas moleculares, la absorbancia entre 260/280 nm fue adecuada solo en los casos de limón mexicano, limón Persa y Toronja (Tabla 3).

Tabla 3. Cantidad y calidad de DNA de cítricos mediante el método Saghai Maroof (1984).

Cítrico	Concentración DNA (ng µL-1)	Absorbancia (260/280 nm)
Limón Mexicano	188.64 ± 33.88 ab	2.01 ± 0.02 a
Mandarina	259.22 ± 30.82 a	1.73 ± 0.05 b
Limón Persa	171.83 ± 32.71 ab	1.91 ± 0.04 ab
Naranja Valencia	207.94 ± 32.18 ab	1.77 ± 0.06 b
Toronja Roja	137.32 ± 11.35 b	1.81 ± 0.08 ab

Medias ± error estándar con letras distintas en las columnas indican diferencia estadística significativa ($P < 0.05$).

El protocolo Saghai Maroof según Castro [15] permite obtener DNA con la cantidad y calidad aceptable en muestras de papa, resultados similares se presentan en nuestro estudio, ya que de igual manera se obtuvieron resultados favorables en la concentración de DNA y absorbancia en las muestras de cítricos.

En el caso del método Kit Wizard® se muestra que los cítricos con mayor de las concentraciones obtenidas son con mandarina y naranja valencia en todos los cítricos empleados se logró obtener concentraciones de DNA adecuadas, en la absorbancia ningún cítrico cumple con el rango requerido.

 ISSN 2007-8102

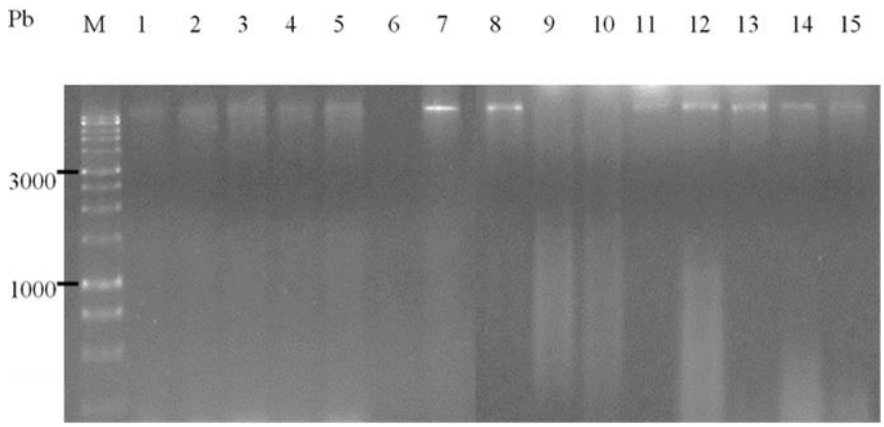
Tabla 4. Cantidad y calidad de DNA de cítricos mediante el método Kit Wizard® Genomic.

Cítrico	Concentración DNA (ng μL^{-1})	Absorbancia (260/280 nm)
Limón mexicano	158.04 ± 14.41 a	1.60 ± 0.07 a
Mandarina	175.66 ± 21.04 a	1.38 ± 0.05 ab
Limón persa	140.00 ± 22.14 a	1.40 ± 0.07 ab
Naranja Valencia	203.34± 21.11 a	1.29 ± 0.06 b
Toronja Roja	131.42 ± 34.05 a	1.51 ± 0.07ab

Medias ± error estándar con letras distintas en las columnas indican diferencia estadística significativa (P < 0.05).

Betancourt [16] al emplear el método del Kit Wizard® obtuvo un rendimiento adecuado en la concentración de DNA a partir de muestras de Saccharum officinarum, en dicho estudio el DNA no cumplió con los rangos de absorbancia requeridos lo cual está relacionado con el contenido de contaminantes fenoles y carbohidratos, dichos resultados presentan similitud con los datos obtenidos en el presente estudio ya que se obtuvieron concentraciones aceptables de DNA, pero con una absorbancia que muestra la existencia de contaminantes.

En la figura 1 se muestra un gel de agarosa al 0.8% con las muestras obtenidas en los protocolos evaluados de extracción de DNA. Los pozos presentan poco DNA visible del 1-5 a una banda tenue, los pozos del 6-10 son del kit comercial y tienen poca presencia de DNA, los pozos del 7-8 que se ve con mayor intensidad y el método Doley-Doley 11-15 existe la presencia de DNA total visible a pesar de que en el 12 y 14 son DNA degradados



Muestra	Método	Cítrico
1	Saghai-Marrof	Naranja
2		Limón Mexicano
3		Limón Persa
4		Toronja
5		Mandarina
6	Kit Wizard®	Limón Persa
7		Limón Mexicano
8		Toronja
9		Mandarina
10		Naranja
11	Doley-Doley	Naranja
12		Limón Persa
13		Limón Mexicano
14		Toronja
15		Mandarina

Figura 1. Integridad del DNA extraído por los 3 métodos evaluadosM: marcador de peso molecular de 1 Kb Promega®.

Trabajo a futuro

Realizar la optimización el protocolo para la extracción del DNA para el desarrollo de investigación molecular en otros cítricos.

Conclusiones

Con base a los resultados que se han obtenido, se concluye que el método establecido por fue Doyle-Doley es el óptimo para la extracción de DNA en cítricos.

Agradecimientos

A la Estación Nacional de Cuarentena, Epidemiologia y Saneamiento Vegetal, ubicada en el municipio El Marqués en el Estado de Querétaro, México.

Referencias

[1] J. J. Doyle and J. L. Doyle, “A rapid total DNA preparation procedure for fresh plant tissue,” *Focus*, vol. 12, pp. 13-15, 1990.
[2] M. A. Saghai Maroof, K. Soliman, R. W. Jorgensen and R. W. Allard, “Ribosomal DNA spacer-length polymorphisms in barley: mendelian inheritance, chromosomal location, and population dynamics,” *PNAS* 81: 8014-8018, 1984.
[3] Promega Corporation. (2014). Wizard® Genomic DNA Purification Kit. Technical Manual. TM050. [Online]. Available: https://worldwide.promega.com/ resources/protocols/technical-manuals/0/wizard-genomicdna-purification-kit-protocol/
[4] J. V. Megchún, D. A. Rodríguez, M. R. Castañeda, J. Murguía, F. Lango and O. R. Leyva. “Thiamethoxam in Papaya (*Carica papaya* Linnaeus) Agroecosystems,” *International Journal of Environment, Agriculture and Biotechnology*, vol. 2, pp. 874-880, 2017.
[5] SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera). Anuario estadístico de la producción agrícola, (2017). [Online]. Available: https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola
[6] FAO. (2019). [Online]. Available: www.fao.org/faostat/es/?#data.
[7] SAGARPA (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación). Márgenes de comercialización (2015). [Online]. Available: www.gob.mx
[8] E. M. Möller, G. Bahnweg, H. Sandermann, and H. H. Geiger, “A simple and efficient protocol for isolation of high molecular weight DNA from filamentous fungi, fruit bodies, and infected plant tissues,” *Nucl Acids Res*, vol. 22, pp. 6115-6116, 1992.
[9] M. Talón, “Fundamentos y aplicaciones posibles de la genómica en cítricos,” Centro de Genómica. Instituto Valenciano de Investigaciones Agrarias. Moncada. Valencia, 2005.
[10] A. R. Shahsavar, K. Izadpanah, E. Tafazoli, and B. E. Sayed Tabatabaei, “Characterization of citrus germplasm including unknown variants by inter-simple sequence repeat (ISSR) markers,” *Scientia Horticulturae*, vol. 112, pp. 310–314, 2007.
[11] Y. J. Cheng, W. W. Guo, H. L. Yi, X. M. Pang and X. X. Deng. “An efficient protocol for genomic DNA extraction from Citrus species,” *Plant Mol. Biol. Rep.* vol. 21, pp. 177–1177, 2003.
[12] A. Abdel, “Comparison of three genomic DNA extraction methods to obtain high DNA quality from maize,” *Plant methods*, 2017.
[13] S. Spaniolas, S.T. May, M. J. Bennett and G. A. Tucker, “Authentication of coffee by means of PCR-RFLP analysis and lab-on-a-chip capillary electrophoresis,” *J. Agric. Food Chem*, vol. 54, pp. 7466–7470, 2006.
[14] M. D. Bermúdez, “Optimización de un protocolo para aislamiento de DNA de hojas de *Saccharum officinarum*” Rev. Mex. Cienc. Agríc, vol. 7, no. 4, 2016
[15] M. E. Castro, “caracterización de germoplasma sobresaliente de papa *Solanum tuberosum* L. en México mediante RAPD y SSR,” Universidad Autonoma de Nuevo León, 2004.
[16] M. Betancourt, “Comparación de seis métodos de extracción de ADN en tejocote (*Crataegus mexicana* Moc. & Sessé),” *Revista Fitotecnia Mexicana*, vol. 41, no. 1, 2018.

Extracción por ultrasonidos y determinación de la capacidad antioxidante de extractos de semilla de *Moringa*.

J. J. Pérez-Tejas[1], I. Gallegos-Marín[1], L. Lagunez-Rivera[2], E. Herman-Lara[1], C. E. Martínez-Sánchez[1].*
[1]Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Tuxtepec, Calzada Dr. Víctor Bravo Ahuja No. 561, Col. Predio El Paraíso, Tuxtepec, Oaxaca, C.P. 68350, México.
[2]Instituto Politécnico Nacional CIIDIR Unidad Oaxaca. Calle Hornos 1003, Santa Cruz Xoxocotlan, Oaxaca, C.P. 71230, Mexico.
cecilia.ms@ittux.edu.mx

Área de participación: Ingeniería Química

Resumen

Se llevó a cabo la extracción asistida por ultrasonidos a extractos hidroalcóholicos de semillas de moringa mediante un diseño de experimentos central compuesto, con 3 variables independientes: amplitud 30-70 (%), proporción del disolvente 30-70 (EtOH/Agua) y tiempo de ultrasonidos 10-25 (min), las variables de respuesta fueron: contenido de polifenoles totales (TPC), contenido de flavonoides totales (TFC), actividad antioxidante $DPPH_+$ (2,2-difenil-1-picrilhidracilo) y $ABTS_+$ [2,2-azinobis-(3-etilbezotiazolin-6-sulfonico)]. Posteriormente, se realizó una optimización numérica para encontrar las mejores condiciones de extracción buscando un mayor rendimiento en el contenido de polifenoles totales. La validación de la optimización fue llevada a cabo con los resultados de TPC y $DPPH_+$ obteniendo 210.28 mg EAG/g extracto y 45.84%, respectivamente. Los resultados indicaron que las condiciones óptimas de extracción fueron: amplitud 70(%), proporción del disolvente 30/70 (% EtOH/H_2O) y tiempo de 10 (min).

Palabras clave*: Extracción asistida por ultrasonidos, actividad antioxidante, contenido de polifenoles totales, optimización.*

Summary

The ultrasound assisted extraction of hydroalcoholic extracts of moringa seeds was carried out using a central composite experiment design, with 3 independent variables: amplitude 30-70 (%), proportion of solvent 30-70 (EtOH/water) and ultrasound time 10-25 (min), the response variables were: total polyphenol content (TPC), total flavonoid content (TFC), antioxidant activity by $DPPH_+$ (2,2-diphenyl-1-picrilhydracil) and $ABTS_+$ [2,2-azinobis- (3-ethylbezothiazolin- 6-sulfonic)]. Subsequently, a numerical optimization was performed to find the best extraction conditions looking for a higher yield in the total polyphenol content. The optimization validation was carried out with the results of TPC and $DPPH_+$ obtaining 210.28 mg EAG g extract and 45.84%, respectively. The results indicated that the optimal extraction conditions were: amplitude 70(%), solvent proportion 30/70 (% EtOH/water) and time of 10 (min).

Key words: *Ultrasound assisted extraction, antioxidant activity, total polyphenol content, optimization.*

Introducción

El árbol de moringa cuyo nombre científico es *Moringa oleifera*, forma parte de la horticultura tradicional en México con fines ornamentales. Son abundantes y frondosos en las llanuras calientes en la región de la cuenca del Papaloapan, Oaxaca, México. Cada parte del árbol tropical (flores, vainas inmaduras, hojas, raíz, tallo y las semillas) son comestibles, nutricionales y medicinales. [1]. Las semillas provienen de un fruto en forma de vaina lineal, que mide de 20 a 45 (125) cm y de 1 a 2 cm de grosor, formada por tres lígulas que si se cortan transversalmente se observa una evidente sección triangular con 12 a 25 semillas, dispuestas longitudinalmente [2]. Los polifenoles son un

conjunto heterogéneo de moléculas con actividad antioxidante que incluye a los fenoles ácidos y flavonoides. En términos generales, los fenoles ácidos se caracterizan por tener un anillo aromático central como en el caso del ácido cinámico y otros derivados. Existe una gran variedad de fenoles ácidos distribuidos en productos de origen vegetal como son la curcumina, presente en el curry y la mostaza, y otros fenoles ácidos como el ácido cafeico, ferúlico y clorogénico que están presentes en frutas, semillas de café y soya [3]. Diferentes técnicas de extracción pueden ser utilizadas para extraer compuestos orgánicos volátiles y semivolátiles de matrices sólidas y líquidas. Por lo general, las técnicas tradicionales consumen mucho tiempo, son tediosas y requieren el uso de grandes cantidades de solventes orgánicos tóxicos que pueden ser relativamente caros. Recientemente, el uso de ultrasonidos como ayuda para extracciones ha sido introducido como una nueva técnica de preparación de muestras para la extracción de compuestos orgánicos de matrices líquidas y sólidas. Esta técnica se basa en el uso de la energía ultrasónica para asegurar una mejor eficiencia en el contacto entre la muestra y el solvente de extracción, permitiendo rápidas extracciones de compuestos orgánicos en matrices líquidas y sólidas minimizando tanto el volumen de muestra procesada como el de solvente utilizando ultrasonidos [4].
El objetivo de este trabajo fue optimizar la extracción asistida por ultrasonidos y la determinación de la capacidad antioxidante de extractos hidroalcohólicos de la semilla de *Moringa oleifera*.

Metodología

Materiales

Los frutos del árbol de la *Moringa oleifera* (vaina seca, semilla y almendra) fueron adquiridos en la región de la cuenca del Papaloapan.
Los reactivos utilizados fueron grado HPLC o superior adquiridos por diferentes proveedores.

Obtención de la harina de la semilla de *Moringa oleifera*

Las semillas seleccionadas fueron secadas a 60 °C en un horno (RIOSSA, E-41. México) durante 24 h para eliminar el contenido de humedad. Posteriormente se molieron utilizando un molino universal M20. El tamaño de partícula se ajustó a un tamiz de malla N° 30 (0.59 mm). Dicha harina tamizada se utilizó para obtener extractos hidroalcohólicos los cuales fueron liofilizados para obtener un polvo.

Extracción asistida por ultrasonidos de los compuestos bioactivos

La extracción de los compuestos bioactivos se llevó a cabo mediante un equipo ultrasónico de 750 W (VCX 750 Scientific SENNA con una frecuencia de 20 kHz, a una temperatura de 20 ºC, con una relación de muestra volumen 1:18 P/V, una duración de pulso de 5 s activada y 5 s desactivada. Las variables del proceso fueron: amplitud (30-70%), proporción del solvente EtOH/Agua (70-30 mL), y tiempo (10-20 min). Las mezclas obtenidas se filtraron al vacío y se eliminó el solvente (Etanol) en un rotaevaporador (Buchi Labortechnik, AG 9230, Flawil/Switzerland). Posteriormente se almacenaron en tubos para centrifuga a 8 ºC.

Liofilización de los extractos hidroalcohólicos

Las muestras se colocaron en tubos cónicos para centrífuga y se metieron a congelar a una temperatura de -4 ºC durante 24 h, los cuales fueron colocados en un liofilizador Labconco FreeZone™ Freeze-Dry Systems 4.5L hasta sequedad. El extracto liofilizado fue recolectado en frascos ámbar y refrigerados para su posterior análisis.

Evaluación del contenido de polifenoles totales y flavonoides totales}

Cuantificación de polifenoles totales (TPC)

El contenido de polifenoles totales en los extractos se determinó por el método de Folin-Ciocalteu modificado [5]. Cada muestra se analizó por triplicado preparando un blanco de reactivos. Las muestras liofilizadas se disolvieron para tener una concentración entre 1-2.5 mg/mL. La curva de calibración se llevó a cabo con ácido gálico con diferentes concentraciones: 0.7, 0.6, 0.5, 0.4,0.3, 0.2, 0.1 y 0.05 mg/mL. Los resultados se reportaron como mg equivalentes de ácido gálico/g de extracto.

Cuantificación de Flavonoides totales (TFC)

El contenido de flavonoides totales se llevó a cabo por el método descrito por Liu and Zhu [7]. A cada una de las muestras o estándares se adicionaron 1250 µL agua desionizada, 75 µL de $NaNO_2$ al 5% y se dejaron reposar durante 6 min, posteriormente se adicionaron 150 µL de $AlCl_3$ al 10% y se dejó reposar durante 5 min. Después se adicionaron 500 µL de NaOH 1M y se completó la disolución a 2.5 mL con agua desionizada. Las muestras fueron leídas 510 nm después de 30 min de incubación. La curva de calibración se preparó con quercetina como estándar a diferentes concentraciones (50, 100, 150, 200 y 250 µg/mL). Los resultados se reportaron como mg equivalentes de quercetina/g de extracto.

Evaluación de la capacidad antioxidante de extractos liofilizados de harina de *Moringa oleifera*

Método del radical 2,2-difenil-1-picrilhidrazilo ($DPPH_+$)

Se pesaron 2.4 mg del radical 2,2-difenil-1-picrilhidracilo ($DPPH_+$) y se aforó a 100 mL con metanol. Se prepararon las muestras tomando como inicio 10000 ppm; se hicieron diluciones a 5000, 2500, 1000, 500, 250, 50 y 25 ppm. Posteriormente en tubos eppendorf forrados con aluminio se adicionaron 975 µL de $DPPH_+$ y 25 µL de muestra, se dejaron reposar durante 15 min en total oscuridad. Las muestras fueron leídas en un espectrofotómetro Cary 60 UV-Vis (Agilent Technologies, Santa Clara, California, EUA) a 515 nm [6].

Método del radical 2,2-azinobis-(3-etilbenzotiazolin-6-sulfónico) ($ABTS_+$)

Se empleó el método descrito por Re et al. [8]; en el cual se pesaron 77.6 mg de reactivo $ABTS_+$ y se adicionaron 20 mL de agua destilada para obtener una concentración de 7 mM en solución acuosa. Posteriormente se pesaron 13.2 mg de persulfato de potasio (2.45 mM) y se hicieron reaccionar en un frasco ámbar con la solución de $ABTS_+$. Se homogenizaron y cubrieron con papel aluminio; para incubarlas entre 12-16 h a temperatura ambiente y en total oscuridad, considerando que el radical permanece estable hasta por 2 días cuando se mantienen estas condiciones. La solución de $ABTS_+$ se diluyó en etanol absoluto hasta obtener una absorbancia inicial de 0.7 ± 0.02 a 732 nm. Posteriormente se adicionó el radical $ABTS_+$ a las muestras en una relación 0.1:10 (v/v), teniendo la muestra a diferentes concentraciones (10000, 5000, 2500, 1000, 500, 250, 50 y 25 ppm).

Resultados y discusiones

Los resultados obtenidos de la cuantificación de polifenoles y flavonoides totales se muestran en la Tabla 1, estos resultados indican que las condiciones del tratamiento 2 las cuales consistían en una proporción de 3 g/55 mL, una potencia del 70%, concentración de 30% EtOH y un tiempo de ultrasonidos de 10 min fueron las mejores respecto al rendimiento de extracción de polifenoles totales con 208.37 ± 1.02 mg EAG/g extracto. En cuanto a la extracción de flavonoides totales el tratamiento 5 que consistía en la misma proporción de 3 g/55 mL, una potencia del 30%, con concentración de 30% EtOH y un tiempo de ultrasonidos de 20 min fue el mejor tratamiento en la extracción de flavonoides con 40.60 ± 3.16 mg EQ/g extracto. De acuerdo a los mejores tratamientos se observa que la mejor concentración para la extracción de ambos compuestos es una potencia del 70%, 30% EtOH, y un tiempo de 10 min. Y la misma proporción de 3 g/55 mL para polifenoles y flavonoides respectivamente, esto puede deberse a que en tiempos prolongados de 20 min. Hay una saturación del medio líquido en la extracción de flavonoides, con proporciones mayores puede afectar significativamente los compuestos extraídos.

En la Figura 1 se muestra la interacción tiempo-amplitud y tiempo-proporción del disolvente con respecto al contenido de polifenoles totales. Se observa que en tiempos cortos y amplitud mayor aumenta el contenido de polifenoles extraídos, esto hasta alcanzar los límites máximos estudiados, posterior a esto se observa una disminución posiblemente debido a que en tiempos prolongados se presentan puntos de calor donde la temperatura podría llegar hasta 40 °C lo cual no es recomendable en la extracción de este tipo de compuestos [9], mientras que en condiciones de 10 min y 70% de amplitud se observaron contenidos mayores de polifenoles. Lo cual indica que a concentraciones 30-70% EtOH se lleva a cabo la mayor extracción de polifenoles.

 ISSN 2007-8102

Tabla 1. Contenido de polifenoles y flavonoides totales.

Tratamiento	Amplitud (%)	Proporción del disolvente (% EtOH/agua)	Tiempo (min)	TPC mg EAG/g extracto	TFC mg EQ/g extracto
1	30.00	30.00	10.00	136.54 ± 2.15	20.40 ± 3.75
2	70.00	30.00	10.00	208.37 ± 1.02	35.58 ± 1.28
3	30.00	70.00	10.00	137.77 ± 0.08	9.28 ± 0.31
4	70.00	70.00	10.00	60.24 ± 1.65	9.11 ± 1.33
5	30.00	30.00	20.00	34.05 ± 2.64	40.60 ± 3.16
6	70.00	30.00	20.00	142.85 ± 2.39	13.22 ± 1.01
7	30.00	70.00	20.00	45.57 ± 5.51	5.71 ± 0.53
8	70.00	70.00	20.00	32.09 ± 2.48	8.73 ± 1.47
9	16.36	50.00	15.00	57.18 ± 2.24	9.33 ± 0.75
10	83.64	50.00	15.00	47.75 ± 0.73	5.311 ± 0.57
11	50.00	16.36	15.00	63.74 ± 0.23	25.95 ± 1.97
12	50.00	83.64	15.00	9.60 ± 0.76	18.84 ± 2.50
13	50.00	50.00	6.59	39.07 ± 1.19	11.37 ± 0.97
14	50.00	50.00	23.41	151.97± 6.15	13.66 ± 2.00
15-20	50.00	50.00	15.00	35.49 ± 2.89	7.35 ± 0.91

Los valores representan el promedio de 3 repeticiones ± desviación estándar. TPC=contenido de polifenoles totales, TFC= contenido de flavonoides totales.

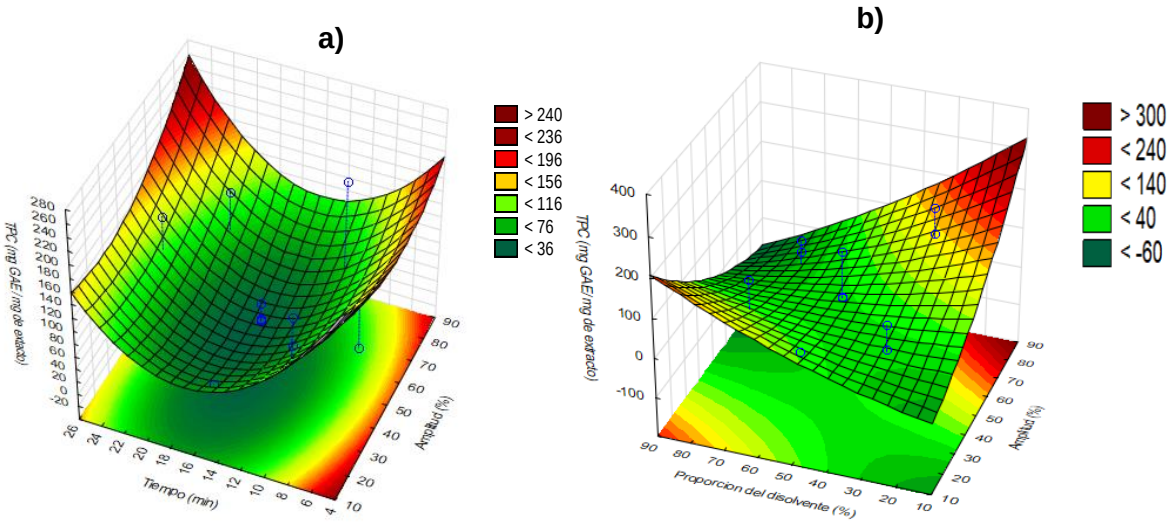


Figura 1. Efecto de la proporción del disolvente (%EtOH/Agua), Amplitud (%) y tiempo (min) sobre el contenido de polifenoles totales en extractos de semilla de *Moringa oleifera*.

 ISSN 2007-8102

En la Figura 2. se muestran las interacciones del tiempo-amplitud, tiempo-proporción del disolvente con respecto al contenido de flavonoides totales. Se aprecia un aumento en la extracción con respecto a la proporción de etanol y amplitud esto debido a que este solvente ayuda a la extracción debido a su alta polaridad. También se observa que en proporción del disolvente de 30% se lleva a cabo una mejor extracción de flavonoides. Esto debido a que la saturación con mayores proporciones impedía una cavitación uniforme en la extracción, mientras que en condiciones de tiempos largos de 20 min y 30% de amplitudes se observaron contenidos mayores de flavonoides. En concentraciones 30-70% EtOH se lleva a cabo la mayor extracción de flavonoides, esto se debe a que presentaron puntos de calor bajos donde la temperatura fue menor a 30 °C, y eso no afectó al compuesto ya que ellos son sensibles al calor [9].

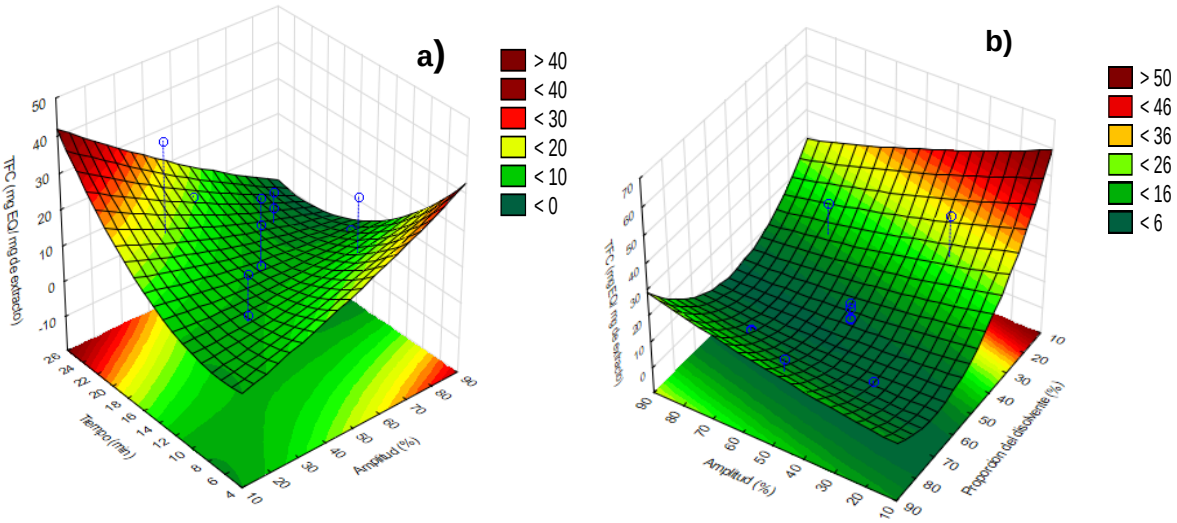


Figura 2. Efecto de la proporción del disolvente (% EtOH/H2O), Amplitud (%) y tiempo (min) sobre el contenido de flavonoides totales en extractos de semilla de *Moringa oleifera*.

Evaluación de la capacidad antioxidante por los métodos DPPH+ y ABTS

Se llevó a cabo la evaluación de la capacidad antioxidante en diferentes concentraciones de los extractos de 1000 a 25 ppm. De acuerdo a los resultados obtenidos en la capacidad inhibitoria del radical DPPH+ el tratamiento en el que se encontró un mayor potencial fue con 30% EtOH, el mismo en el que se encontró el mayor contenido de polifenoles totales (amplitud 70%, proporción del disolvente 30%, tiempo 10 min). En la Figura 3 se muestra la capacidad antioxidante de los extractos en diferentes concentraciones que van desde 25 ppm hasta 1000 ppm (1mg/mL) demostrando así que los extractos en una concentración de 1000 ppm pueden inhibir 36.87% del radical DPPH+.
En este estudio se obtuvo una inhibición de 38.80% del radical ABTS+ como se muestra en la Figura 4, esto podría deberse a las condiciones de extracción, al equipo que se utilizó y principalmente la zona de la cual es originaria la moringa, esto influye desde el tipo de suelo, condiciones climatológicas, fecha de cultivo, etc. Una mayor inhibición del radical ABTS+ en comparación con el radical DPPH+ se debe al tipo de antioxidantes que se encuentran en la semilla de *Moringa oleifera* y al mecanismo de reacción, el ABTS+ cuya naturaleza simula una especie reactiva de oxígeno. Mientras que el DPPH+ reacciona con compuestos antioxidantes los cuales reducen al radical donándole un átomo de hidrógeno.

 ISSN 2007-8102

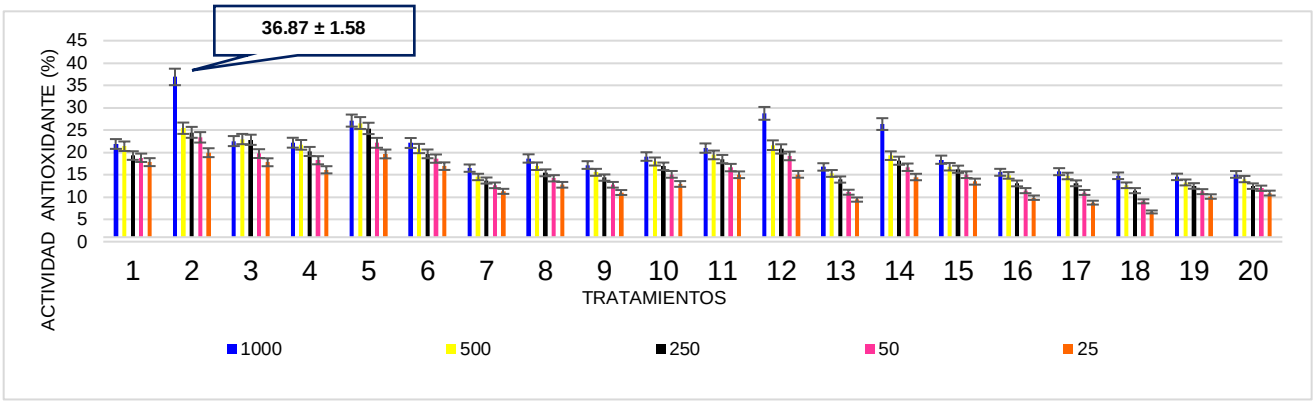


Figura 3. Capacidad antioxidante: porcentaje de inhibición del radical DPPH+ en concentraciones de 25, 50, 250, 500 y 1000 ppm de los extractos de la semilla de *Moringa oleifera.*

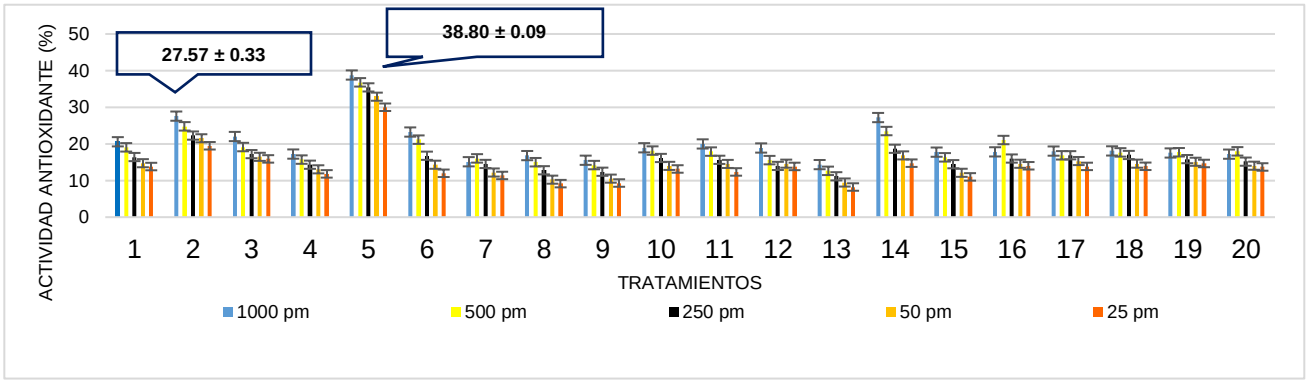


Figura 4. Capacidad antioxidante: porcentaje de inhibición de radical ABTS+ en concentraciones de 25, 50, 250, 500 y 1000 ppm de los extractos de semilla de *Moringa oleifera*.

También puede deberse al tipo de extracción llevada a cabo para obtener los extractos, ya que estudios reportados [10] mencionan la utilización del $ABTS_{+}$ para medir la actividad antioxidante de compuestos de naturaleza hidrofílica y lipofílica. Lo cual debido a la extracción realizada con etanol y a que el contenido de grasa en las semillas de moringa es muy alto, los extractos no contienen el tipo de compuestos antioxidantes que reaccionan con el $ABTS_{+}$ tales como el hidroxitirosol y la oleuropeína, que comparten una estructura ortodifenólica que contribuye a su función antioxidante [11].

Trabajo a futuro

Determinación de la actividad hipoglucémica del extracto seleccionado en un modelo murino utilizando ratones de la cepa ICR CD-1.

Conclusiones

Las condiciones óptimas de extracción fueron con una relación muestra: volumen 1:18 p/v, amplitud de 70%, proporción del disolvente de 30/70 (EtOH/Agua) y tiempo de extracción 10 min. Al llevar a cabo las condiciones de extracción adecuados, se obtuvieron valores altos de polifenoles totales de 210 mg GAE/g extracto, flavonoides totales 52.02 mg quercetina/g extracto y una capacidad

antioxidante evaluada por el método $DPPH_+$ de 45.84% con IC_{50} de 39.39 (mg extracto/mL) y $ABTS_+$ 46.2% con IC_{50} 35.86 (mg extracto/ mL).

Agradecimientos

Los Autores agradecen al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por el apoyo económico otorgado (CVU 892766) para el estudiante en la realización de este trabajo como parte de su tesis de Maestría.

Referencias

[1]. H. A. El-Baky, and G. S. El-Baroty, “Characterization of Egyptian *Moringa peregrina* seed oil and its bioactivities” *International Journal of Management, Sciences and Business Research*, vol. 2, no. 7, pp. 98-108, 2013.

[2]. N. C. Alfaro and W. Martínez, “Uso Potencial de la Moringa (*Moringa oleifera*, lam) para la Producción de Alimentos Nutricionalmente Mejorados” *Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (PROYECTO FODECYT No. 26-2006). Instituto de Nutrición de Centoamérica y Panama (INCAP) Guatemala*, 2008.

[3]. J. A. Milner, “Molecular targets for bioactive food components” *Journal of Nutrition*, vol. 134, no. 9, pp. 2492S-2498S, 2004

[4]. M. E. Jiménez, M. R. Aguilar, M. L. Zambrano, and E. Kolar, “Propiedades físicas y químicas del aceite de aguacate obtenido de puré deshidratado por microondas” *Journal of the Mexican Chemical society,* vol. 45, no. 2, pp. 89-92, 2001.

[5]. V. L. Singleton and J. A. Rossi, “Colorimetry of Total Phenolics with Phosphomolybdic-Phosphotungstic Acid Reagents”, American Journal of Enology and Viticulture, vol.16, pp. 144-158, 1965.

[6]. A. Braca, C. Sortino, M. Politi, I. Morelli, and J. Mendez, “Antioxidant activity of flavonoids from *Licania licaniaeflora*” *Journal of ethnopharmacology.* Vol. 79, no. 3, pp. 379-381, 2002.

[7]. B. Liu, and Y. Zhu, “Extraction of flavonoids from flavonoid-rich parts in tartary buckwheat and identification of the main flavonoids” Journal of food engineering, vol. 78, no. 2, pp. 584-587, 2007.

[8]. R. Re, N. Pellegrini, A. Proteggente, A. Pannala, M. Yang, and C. Rice-Evans, “Antioxidant activity applying an improved ABTS radical catión decolorization assay” *Free radical biology and medicine,* vol. 26, no. (9-10), pp. 1231- 1237, 1999.

[9]. B. Vongsak, P. Sithisarn, S. Mangmool, S. Thongpraditchote, Y. Wongkrajang, W. Gritsanapan, “Maximizing total phenolics, total flavonoids contents and antioxidant activity of *Moringa oleifera* leaf extract by the appropriate extraction method” *Industrial Crops and Products*, Vol. 44, pp. 566-571, 2013.

[10]. M. B. Arnao, “Some methodological problems in the determination of antioxidant activity using chromogen radicals: a practical case.» *Trends in Food Science & Technology,* vol. 11, no. 11, pp. 419-421, 2000.

[11]. M. Gorzynik-Debicka, P. Przychodzen, F. Cappello, A. Kuban-Jankowska, A. Marino Gammazza, N. Knap and M. Gorska-Ponikowska, “Potential health benefits of olive oil and plant polyphenols” *International journal of molecular sciences,* vol. 19, no. 3, pp. 686, 2018.

Síntesis verde y aplicación catalítica de nanopartículas de Co usando extractos de *Bocconia-frutescens*

A. González Hernández[1], M. Castillo Morales[1], D. Hernández Romero[1], M. E. Márquez López[1], V. E. Torres Heredia[1]*
[1]Facultad de Ciencias Químicas, Universidad Veracruzana, Prol. Oriente 6 1009, Rafael Alvarado, C.P. 94340, Orizaba Veracruz, México
**vthorres@gmail.com*
***Área de participación**: Ingeniería Química*

Resumen

En este trabajo se realizó la síntesis de nanopartículas de Cobalto por dos métodos; la síntesis verde y la reducción química. Para la síntesis verde se utilizaron tres extractos de la planta *Bocconia frutescens* (*B. frutescens*) como medio reductor en la formación de nanopartículas de cobalto. Asimismo, se elaboraron nanopartículas de cobalto utilizando Borohidruro de sodio ($NaBH_4$) como agente reductor y Nitrato de cobalto hexahidratado como fuente de iones cobalto. La cinética de formación de las nanopartículas de cobalto fue monitoreada por espectroscopia UV-Vis. Dos muestras de nanopartículas de cobalto fueron probadas como catalizador funcional (nanopartículas de Co, nanopartículas Co-Pd) en una reacción de acoplamiento cruzado (Suzuki-Miyaura). Los resultados muestran que es posible obtener nanopartículas de cobalto por medio de la síntesis verde descrito en este trabajo, y usados como catalizadores en reacciones de acoplamiento cruzado.

***Palabras clave**: síntesis verde, nanopartículas, Cobalto, actividad catalítica*

Abstract

Co nanoparticles were obtained by green synthesis and chemical reduction methods. Starting from three Bocconia frutescens (*B. frutescens*) *extracts as reducing and formation medium of Cobalt nanoparticles. On the other hand, cobalt nanoparticles were preparing using sodium borohidride ($NaBH_4$) and cobalt (II) nitrate hexahydrate as reducing agent and source cobalt ions. Co nanoparticles formation kinetic was monitored mediating UV-vis spectroscopy. Catalytic activity of two Co nanoparticles samples were tested at one cross-coupling reaction catalyzed by Co nanoparticles and Co nps-Pd* (Suzuki-Miyaura)*.The results show that is possible obtained Co nanoparticles by means of the green synthesis developed in this work and it used as catalytic in cross-coupling reaction.*

***Key words**: green synthesis, nanoparticles, Cobalt, catalytic activity*

Introducción

La nanotecnología es un campo de investigación que está emergiendo, causando un impacto y modificando muchos procesos de desarrollo en todas las esferas de la vida humana [1]. Las nanopartículas metálicas y semiconductoras han sido una fuente de atención en décadas recientes debido a las propiedades físicas y químicas que adquieren dichas partículas cuando son modificadas y alteradas en su forma y tamaño nanométrico [2].

El cobalto exhibe una amplia gama de propiedades estructurales, magnéticas, ópticas, electrónicas y catalíticas que han sido ampliamente conocidas con posibles aplicaciones. Sin embargo, las nanopartículas de cobalto han sido de las menos estudiadas ignorando su potencial y que puedan ser consideradas como una alternativa más económica si son comparadas con nanopartículas de oro y paladio en diversas áreas, tales como la catálisis [3,4].

El llamado de atención por parte de las entidades internacionales sobre el cuidado del medio ambiente ha provocado mayor atención por parte de los científicos en el estudio de los métodos de síntesis más amigables al medio ambiente "química verde" para la obtención de los nanomateriales [5]. Uno de los pilares fundamentales de la síntesis verde es la utilización de plantas para la

obtención de extractos con alto poder antioxidante que contienen polifenoles, azúcares reducidos, bases nitrogenadas y aminoácidos; que son capaces de reducir cationes en una disolución a partir de una sal metálica, así como la posibilidad de controlar el tamaño de las nanopartículas variando la concentración de extracto vegetal empleado sin necesidad de usar agentes surfactantes o estabilizantes [6]. Numerosos estudios han reportado que los compuestos fenólicos obtenidos a partir de extractos de plantas presentan una fuerte relación con la actividad antioxidante, el cual está relacionado con el poder reductor que presentan estos extractos [7]. Además, como las partículas formadas se encuentran inmersas en el medio orgánico de los extractos, este puede funcionar como medio estabilizador de las partículas de tamaño nanométrico, logrando mantener un tamaño y forma estable [8]. Una variedad de trabajos ha sido reportada en la obtención de nanopartículas de cobalto usando extractos naturales como *Conocarpus erectus or Nerium indicum* [9], *Withania coagulans* [10], *Catharanthus roseus* [11], *osmium santum* [12].
Bocconia frutescens también conocida como “mano de león”, “palo amarillo”, “palo santo”, “y/o “llora sangre”, es un arbusto perteneciente a la familia Papaverácea, originaria de América tropical. Esta planta ha sido empleada para las afecciones de la vejiga, como medio de desinfección y cicatrización de heridas, así como analgésico para mitigar el dolor propio de malestares en los ojos, paperas e inflamaciones en la garganta [13]. La savia de la *B. frutescens* también ha sido empleado como tratamiento eficaz para combatir verrugas, callos, manchas y problemas en el tracto digestivo como dolor de estómago y ulceras, debido a que se ha determinado que son ricos en presencia de metabolitos secundarios [14]. Presencia de alcaloides, saponinas, terpenos, y esteroides en las hojas de la planta de *B. frutescens* ha sido determinado y reportado en la literatura [15]. La actividad fungicida de extractos de *B. frutescens* ha sido estudiado contra el hongo *Magnaporthe oryzae* [16]. También, se han realizado ensayo de actividad antimicrobiana contra *E. coli, S. aureus*, a partir de extractos de hojas [15]. Extractos de plantas han sido obtenidos recientemente en fase liquida por extracción con solventes, destilación, decocción, infusión [9,18], o en forma de polvos por extracción mecánica, liofilizado [11,15,17].
En este trabajo se propone una ruta sintética como alternativa a los procesos físicos y químicos para la obtención de nanopartículas metálicas mediante el uso de extractos orgánicos naturales. El método consiste en formar partículas de escala nanométrica utilizando extractos de plantas naturales como la *B. frutescens*, el cual ha sido reportado contener un elevado índice de metabolitos secundarios generadores de su elevada actividad antioxidante. Nanopartículas de Co han sido obtenidos a partir de extractos liofilizados de *B. frutescens* en contacto con una sal de cobalto por 3 horas hasta observar un cambio de coloración en la solución. Se estudiaron los efectos de la relación extracto/cobalto, sobre la formación de las partículas mediante espectroscopia ultravioleta visible. También, se analizó la actividad catalítica de las partículas de cobalto en una reacción de acoplamiento cruzado.

Metodología

Materiales y Métodos

Borohidruro de sodio ($NaBH_4$, M_n= 37.83 g/mol) en polvo granular blanco, polivinilpirrolidona (PVP, 40000 g/mol), nitrato de cobalto hexahidratado (Co $(NO_3)_2$- $6H_2O$, M_n= 182.943 g/mol) e Hidróxido de sodio (NaOH, M_n= 39.997 g/mol) de Sigma-Aldrich y agua destilada. Para la prueba catalítica en reacciones de acoplamiento cruzado se empleó Tetraquis (trifenilfosfina) (Pd $(PPh_3)_4$, M_n= 1155.56 g/mol) como fuente de iones de paladio, Ácido 4-etilfenilborónico (M_n= 226.07900 g/mol), Bromo benceno (C_6H_5Br, M_n= 226.07900 g/mol) y Carbonato de potasio (K_2CO_3, M_n= 138.205 g/mol) y etanol (70%).

Recolección y preparación de extractos

Se realizaron dos colectas de la planta *B. frutescens* en el municipio de Ixhuatlancillo, y Rio Blanco, Veracruz. Se seleccionaron las hojas sanas libres de plagas u hongos y se cortaron desde su tallo. Posteriormente, dos series de extractos fueron preparados: pre-cocción y liofilización.
Para el extracto por pre-cocción, las hojas fueron secadas en un ambiente libre de humedad y luego molidas finamente. 25 g del material vegetal molido fueron pesados y dispersados en 250 mL

de agua destilada en un vaso de precipitado de vidrio de 500 mL, fue calentado a 80ºC durante 15 min. y se dejó enfriar a temperatura ambiente. La solución de extracto obtenido fue filtrado y guardado en un frasco protegido de la luz a aproximadamente 4°C.
Para la segunda muestra de extracto liofilizado, 1 kg de hoja fresca fue pesado y lavado cuidadosamente con agua destilada. Las hojas secas fueron cortadas en trozos pequeños y depositadas en un frasco de vidrio de aproximadamente 5 L. Las hojas cortadas fueron macerados durante 7 días en una mezcla 7:3 v/v de etanol: agua y protegido de la luz. El extracto obtenido fue concentrado a vacío a temperatura ambiente hasta eliminar completamente el etanol presente en el extracto, posteriormente fue depositado en un recipiente donde se le adicionó nitrógeno líquido. Posteriormente, se eliminó el agua residual por un proceso de liofilización en condiciones controladas de temperatura y presión menores a -60°C y 0.120 mbar respectivamente. El extracto completamente seco en forma de polvo fue pesado y guardado en un frasco protegido de la luz.

Síntesis verde por extracto acuoso

Un experimento para producir nanopartículas metálicas mediante síntesis verde usando extracto acuoso se describe a continuación. Se preparó una solución de nitrato de cobalto hexahidratado (Co $(NO_3)_2$ $6H_2O$) 10 mM. Dos volúmenes de la solución de extracto acuoso de *B. frutescens* fueron empleadas y mezcladas con la solución de nitrato de cobalto en una proporción de 1:5 v/v. La solución resultante fue incubada con agitación continua a dos temperaturas constantes 25 y 60°C durante 3 h, hasta que se observó un cambio en el color.

Síntesis verde por extracto liofilizado

En un experimento para producir nanopartículas metálicas mediante síntesis verde usando extracto liofilizado se describe a continuación. Se preparó una solución de nitrato de cobalto hexahidratado (Co $(NO_3)_2$ $6H_2O$) 10 mM. Se prepararon diferentes soluciones de extracto liofilizado de *B. frutescens* (50, 200, 500 y 1000 mg) en 10 ml de agua. Las soluciones fueron mezcladas en una proporción de 1:5 v/v y se incubaron con agitación continua a dos temperaturas constantes 25 y 60°C durante 3 h, hasta que se observó un cambio en el color.

Síntesis de nanopartículas por Reducción química

Dos soluciones fueron preparadas empleado; Nitrato de cobalto hexahidratado 0.1 M, Hidróxido de sodio (NaOH) 0.2 M, PVP como dispersante y Borohidruro de sodio ($NaBH_4$) 0.1 M como agente reductor.

Nanopartículas con NaOH-PVP

Una solución acuosa fue preparada en un vaso de precipitados como se describe, 20 mg de PVP, y 10 ml de NaOH 0.2 M fueron agregados a 2 mL de nitrato de cobalto 0.1 M bajo agitación continua durante una hora y posteriormente, una solución de 10 ml de $NaBH_4$ 0.1 M fue añadido gota a gota.

Nanopartículas con PVP

Una solución acuosa fue preparada en un vaso de precipitados como se describe, 20 mg de PVP fueron agregados a 2 mL de nitrato de cobalto 0.1 M bajo agitación continua durante una hora y posteriormente, una solución de 10 ml de $NaBH_4$ 0,1 M fuero añadido gota a gota.

Reacción de acoplamiento cruzado Suzuki- Miyaura

En tres tubos de ensayo con tapa rosca se pesaron 57.4 mg de Ácido 4-etil fenil borónico junto con 26 µL de Bromo benceno y 70 mg de Carbonato de potasio. En cada tubo se utilizó diferente catalizador, en la prueba número uno se adicionó como catalizador 28 mg de Tetraquis (trifenilfosfina) paladio cero, en la segunda prueba se agregaron 1.5 mL las nanopartículas de cobalto (0.066 M) y en la tercera prueba una combinación de 14 mg de Tetraquis (trifenilfosfina) paladio cero y 1.5 mL de nanopartículas de cobalto (0.066 M). A todas las pruebas, se les adicionó 3 mL de etanol (70%) y fue calentado a reflujo constante. La cinética de reacción fue realizada por CCF en Hexano y acetato de etilo.

 ISSN 2007-8102

Caracterización

Las soluciones de nanopartículas de cobalto fueron analizadas mediante espectroscopia ultravioleta visible, espectrofotómetro Thermo Scientific® Evolution 260BIO. La reducción de cobalto (II) a cobalto cero se midió periódicamente en un intervalo de 200–590 nm. Por otro lado, las pruebas de actividad catalítica en una reacción de acoplamiento de suzuky-Miyaura fueron analizadas por cromatografía de placa fina (CCF).

Resultados y discusión

Formación de nanopartículas de Co usando extractos por pre-cocción

Con el extracto acuoso de *B. frutescens* dos muestras fueron obtenidas: con 10 y 20 mL de extracto, y sintetizadas a 25 y 60°C bajo las mismas condiciones de trabajo. En ambas muestras, a 25°C no se observó una señal clara que indique la reducción de Co (II) a Co (0) como se puede observar en a Figura 1, debido a que no se muestra diferencia alguna si se compara el espectro del extracto inicial junto con los espectros del extracto con cobalto después de 3 h para ambas muestras. Por otro lado, las muestras sintetizadas a 60°C con 10 y 20 mL de extracto bajo agitación constante durante 3 h mostraron una banda de absorción a 420 nm acompañado de un cambio de coloración en la solución de café claro a café oscuro lo cual indicó la reducción de los iones de Co^{+2} a Co^{0} y, por lo tanto, la formación de las nanopartículas.

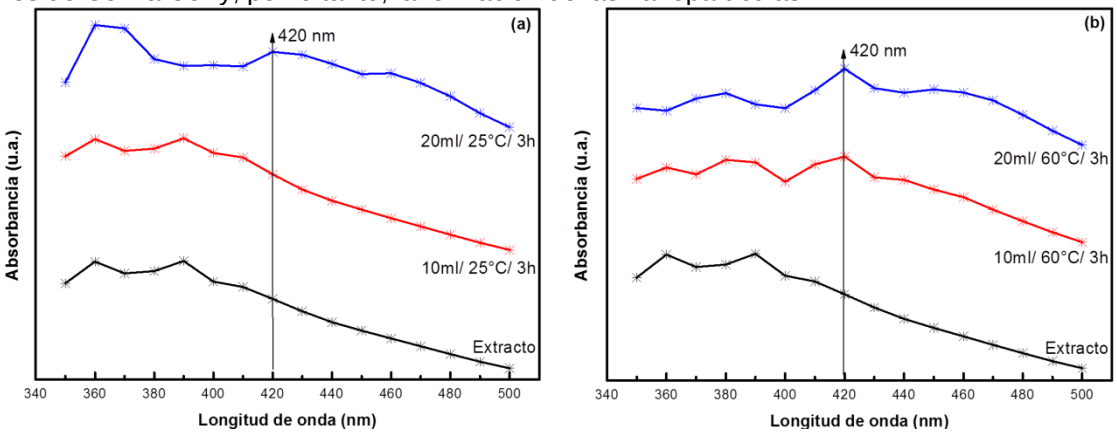


Figura 1. Análisis por espectroscopia ultravioleta visible de las muestras preparadas por el método de pre-cocción. Usando 10 y 20 ml de extracto a, (a) 25°C y (b) 60°C.

De acuerdo con los resultados de UV-vis observado en la Figura 1 se puede inferir que existe una relación directa entre el poder reductor del extracto (antioxidantes) y la temperatura, es decir al incrementar la temperatura de la síntesis, aumenta la actividad antioxidante y es más notable cuanto mayor sea la cantidad de extracto adicionado, lo que genera mayor reducción de los iones de Co^{+2}.

En la figura 2 se comparan las muestras que mejor resultado presentaron con 20 ml de extracto y a dos temperaturas diferentes. En el espectro de absorción se observa claramente la presencia de una banda ancha a 420 nm, el cual está reportado que corresponde a la formación de nanopartículas de cobalto y ha sido corroborado mediante un modelo de ajuste donde se comprobó la presencia de esta banda a 420 ± 0.514 nm y un FWHM 44.5 ± 4 nm, como se observa en la gráfica insertada de la Figura 2. Otros autores han reportado la presencia de esta banda de absorción del cobalto a 380 nm, 455 nm y 680 nm [18, 19].

 ISSN 2007-8102

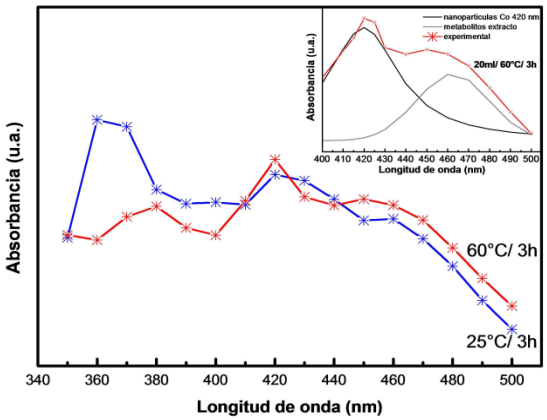


Figura 2. Modelado de los espectros de absorbancia de dos muestra preparadas a 25°C y 60°C. Determinación de la presencia de nanopartículas de Co a 420 nm.

Formación de nanopartículas de Co usando extractos liofilizados

Para las muestras sintetizadas usando extracto liofilizado de *B. frutescens*, se realizaron experimentos con 50, 200, 500 y 1000 mg de extracto, a 25°C y 60 °C. Las cuatro concentraciones de extracto liofilizado fueron probadas en las mismas condiciones de trabajo. La síntesis que presentó mejor resultado en la formación de nanopartículas de cobalto fue con 1000 mg de extracto, bajo agitación constante por 24 h, observándose un cambio de coloración en la solución. El espectro de absorbancia de la Figura 3 corresponde a dos muestras preparadas a 1000 mg y a dos temperaturas diferentes, poniendo como referencia el espectro del extracto liofilizado. La banda de absorción a 420 nm fue observada para la muestra preparada a 25°C por 24 h. Cuando la temperatura fue incrementada a 60°C y dejado 24 h en agitación constante, no se observó ningún cambio de coloración en la solución, ni presencia de la banda a 420 nm.

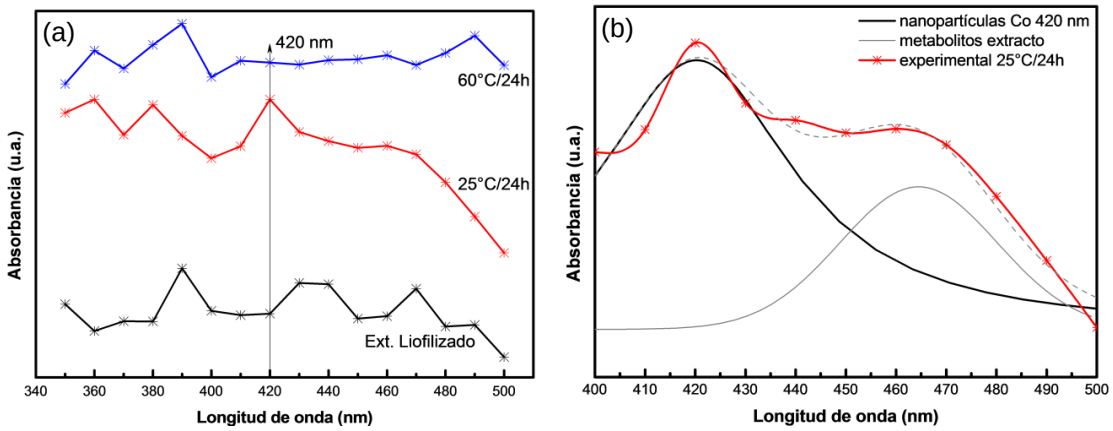


Figura 3. (a) Espectro de absorbancia de muestras preparadas a 25°C y 60°C usando extracto liofilizado. (b) Modelado y determinación de la presencia de nanopartículas de Co a 420 nm.

En la Figura 4, se observa el modelo de ajuste de la muestra preparada a 60°C/ 24h, donde la primera banda corresponde a la presencia de nanopartículas de Co a 420.27 nm y un FWHM de 45.5 nm. Se pudo corroborar que bajo estas condiciones que el poder antioxidante del extracto liofilizado es muy eficiente a temperatura ambiente, pero es afectado al aumentar la temperatura. Es decir, consideramos que los metabolitos secundarios causantes del poder antioxidante del extracto se descomponen cuando son calentados.

Formación de nanopartículas de Co por reducción química

 ISSN 2007-8102

Las nanopartículas de Co realizadas por reducción química se prepararon de dos formas; con PVP-NaOH y sin NaOH. En el espectro de absorbancia de la Figura 5 se observó la presencia de una banda de absorción alrededor de 240 nm en ambos casos. La muestra con NaOH mostró una coloración azul; posteriormente, al agregar el $NaBH_4$ la solución se tornó gris oscura y formó un precipitado negro. Este cambio de coloración coincide con lo reportado en la literatura sobre la formación de nanopartículas de cobalto [19]. Por otro lado, la solución sin NaOH mostró una coloración rojiza clara, una vez agregado el borohidruro de sodio, la solución se tornó gris oscura. El uso del PVP es estabilizar las partículas que se forman, mientras que el NaOH tiene un efecto sobre la forma de la partícula, ya que la coloración de la solución está relacionada directamente a la forma de la partícula.

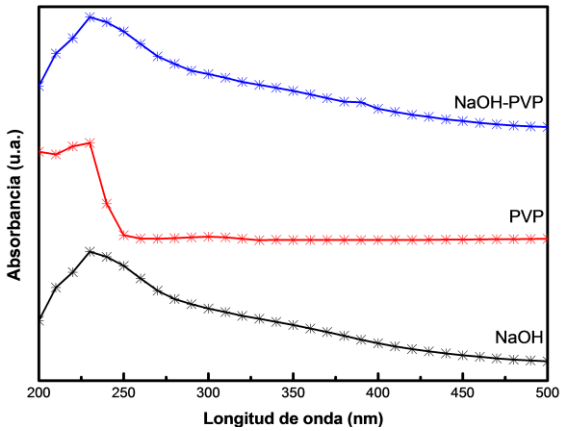


Figura 5. Determinación de la banda de absorbancia a 240 nm, en la formación de nanopartículas de Co.

Los resultados de absorción coinciden con lo reportado en la literatura, indicando la formación de nanopartículas de cobalto cuando se observa una banda alrededor de los 240 nm para las muestras obtenidas por reducción química. En base a todos los resultados obtenidos por espectroscopia, podemos concluir que es posible la obtención de nanopartículas de cobalto por vía síntesis verde a partir de extractos naturales que posean una alta actividad antioxidante, el cual es el responsable del proceso de reducción de la sal metálica. Cabe señalar que la presencia de los compuestos fenólicos en los extractos es de vital importancia, por eso se debe tener claro el método de extracción más adecuado para evitar la pérdida de dichos metabolitos por arrastre de disolventes, lo cual conllevaría a una baja actividad antioxidante.

Síntesis Suzuki-Miyaura catalizada por Co

Para la determinación de la eficacia de las nanopartículas como catalizadores en reacciones de acoplamiento, se eligió la síntesis de Suzuki-Miyaura como una reacción estándar debido a los reportes en la literatura, donde se describe el uso del cobalto como un catalizador adicional en dichas reacciones. Para poder hacer una evaluación correcta de la formación de las nanopartículas de cobalto, se realizaron tres reacciones de acoplamiento en paralelo, comparando el $Pd(PPh_3)_4$ un reactivo comercial, las nanopartículas de Co obtenidas por síntesis verde, y una tercera reacción con una mezcla de ambas. El avance de las reacciones se realizó por CCF con fase móvil acetato de etilo y hexano (1:4) (Figura 5a) y otras con hexano únicamente (Figura 5b). En ambos casos se comparó el producto obtenido con el bromo benceno utilizado como producto de partida. El producto esperado (bifenilo) se observó a las 36 h de reacción y en ninguno de los tres casos se observó el bromo benceno por lo que se infiere que todo el reactivo fue consumido en la reacción. En las tres reacciones se identificó un RF similar debido a que todas las estructuras presentan baja polaridad, resultando exitoso el uso de nanopartículas de cobalto como catalizador o como coadyuvante del paladio. Se observó la eficacia de la actividad catalítica de las nanopartículas de Co, en reacciones de acoplamiento cruzado tipo Suzuki-Miyaura con un tiempo de reacción.

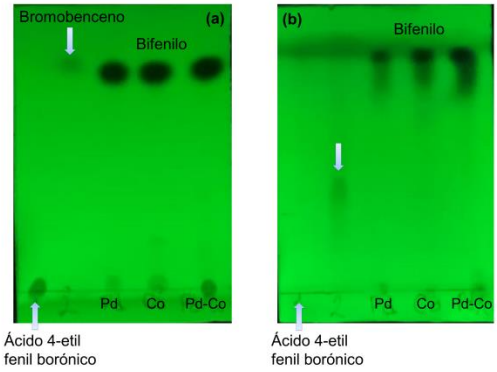


Figura 5. Identificación por cromatografía de capa fina (CCF) del bifenilo obtenido por acoplamiento cruzado.

En la Tabla 1 se resumen los RFs calculados usando la distancia recorrida de los reactivos y los catalizadores en las dos fases. En la fase apolar (Hexano) los RFs de las reacciones catalizadas por Pd $(PPh_3)_4$, nanopartículas de Co y Pd $(PPh_3)_4$-nanopartículas de Co fueron similares, al igual que el bromo benceno. Sin embargo, al realizar la CCF con solo hexano (Figura 5b), el RF del bromo benceno se vio afectado, comprobando que el reactivo reaccionó completamente. Por otro lado, el RF de los productos de reacción fue igual en los tres casos, por lo que se deduce que el producto final en las tres reacciones es el mismo, y podemos concluir que la reacción de acoplamiento cruzado utilizando las nanopartículas de cobalto solas y en combinación con paladio fue exitosa.

Tabla 1. Rfs calculados a partir de los CCF

Reactivos y catalizadores	Hexano-Acetato (4:1)	Hexano
acido 4-etil fenil borónico	0	0
bromo benceno	1	0.62
reacción con $Pd(PPh_3)_4$	0.81	0.77
reacción con nanopartículas de Co	0.81	0.77
reacción con $Pd(PPh_3)_4$-nanopartículas de Co	0.84	0.77

Trabajo a futuro

Se plantea analizar las muestras por microscopia de barrido para estudiar la morfología de las nanopartículas de Cobalto y determinar la distribución de tamaños. También, se realizará difracción de rayos x para determinar cristalinidad. Finalmente, se analizarán el producto obtenido en la reacción de acoplamiento cruzado Suzuki-Miyaura por RMN para obtener C^{13} y H^{+}.

Conclusiones

La formación de nanopartículas de cobalto pudo ser obtenida por síntesis verde, a partir de extractos de *B. frutescens* preparados por liofilización y pre-cocción. Los compuestos fenólicos presentes en la planta *B. frutescens* lograron reducir los iones de Co^{2+} a Co^{0}. Los espectros de absorbancia mostraron la banda de absorción característica de las nanopartículas de cobalto ubicada a 420 nm, determinado por espectroscopia UV-Vis, la cual es una herramienta importante en el estudio de soluciones coloidales de nanopartículas metálicas definidas. Las muestras presentaron mejor rendimiento de formación de nanopartículas de Co cuando fueron formadas a 60°C por pre-cocción y a 25°C en muestras liofilizadas. Los resultados comprobaron la eficacia de la síntesis verde a partir de extractos naturales que presentan elevada actividad antioxidante. La eficacia de las nanopartículas de Co como catalizador fue comprobado por CCF, donde las nanopartículas de Co mostraron un rendimiento similar al paladio comercial en la reacción de acoplamiento del ácido 4-etil fenil borónico.
Se plantea la síntesis verde de nanopartículas metálicas a partir de extractos de fuentes naturales como un reemplazo de la síntesis química donde se emplean reactivos dañinos al medio ambiente.

Referencias

[1] S. Mary Helen, E. R. Hebzi, "Characterization and antimicrobial study of cobalt nanoparticles synthesized from *Manihot Esculent* (Tapioca) by Green Route". International Journal for Scientific Research and Development, vol. 3, pp. 1-15, 2015.
[2] J. T. Lue, "Physical Properties of Nanomaterials". Encyclopedia of Nanoscience and Nanotechnology, ISBN: 1-58883-058-6/$35.00, Vol. 10, pp. 1-46, 2007.
[3] M. Chen, L. Shao, X. Qian, T. Ren and Z. Yuan, "Direct synthesis of cobalt nanoparticles-imbedded mesoporous carbons for high-performance dyesensitized solar cell counter electrodes", J. Mater. Chem. C, vol. 2, pp. 10312-10321, 2014.
[4] F. Chen, B. Sahoo, C. Kreyenschulte, H. Lund, M. Zeng, L. He, K. Junge and M. Beller, "Selective cobalt nanoparticles for catalytic transfer hydrogenation of N-heteroarenes", Chem. Sci., vol. 8, pp. 6239–6246, 2017.
[5] V. W. Gregory, K. Petra, M. B. Ryan, D. M. Jacob, M. William, D. Dean, and L. K. Christopher, "Green synthesis of robust, biocompatible silver green synthesis of robust, biocompatible silver", Journal of Nanomaterials, pp. 1-12, 2012.
[6] D. Hebbalalu, J. Lalley, M. Nadagouda, and R. Varma, "Greener techniques for the synthesis of silver nanoparticles using plant extracts, enzymes, bacteria, biodegradable polymers, and microwaves", ACS Sustainable Chemistry and Engineering, 1(7), pp. 703-712, 2013.
[7] H. N. T. Pham, J. A. Sakoff, Q. V. Vuong, M. C. Bowyer, C. J. Scarlett, "Screening phytochemical content, antioxidant, antimicrobial and cytotoxic activities of *catharanthus roseus (L.) g. donstem* extract and its fractions", Biocatalysis and Agricultural Biotechnology, 16, 405–411, 2018.
[8] V. M. Valentin, S. M. Svetlana, J. L. Andrew, V. S. Olga, O. D. Anna, V. Y. Igor, E. T. Michael, and O. K. Natalia, "Biosynthesis of stable iron oxide nanoparticles in aqueous extracts of *Hordeum vulgare* and *Rumex acetosa* plants". Langmuir, vol. 30(20), pp. 5982-5988, 2014.
[9] A. Kashif, T. Iqbal, S. S. Ullah and M. Muhammad, "Green synthesis of cobalt nanoparticles by using methanol extract of plant leaf as reducing agent", Pure Appl. Biol., 5(3), 453-457, 2016.
[10] M. Hasan, A. Zafar, I. Shahzadi, F. Luo, S. G. Hassan, T. Tariq, S. Zehra, T. Munawar, F. Iqbal, X. Shu, "Fractionation of biomolecules in *Withania coagulans* extract for bioreductive nanoparticle synthesis, antifungal and biofilm activity", Molecules, 25(15), 3478-3494, 2020.
[11] Z. Maria; S. Tayyaba; M. Irfa; F. Umar, "*Catharanthus roseus* extract mediated synthesis of cobalt nanoparticles: evaluation of antioxidant, antibacterial, hemolytic and catalytic activities", Inorganic and Nano-Metal Chemistry, 1-10, 2020.
[12] S. R. Kuchekar, P. M. Dhage, H. R. Aher, S. H. Han, "Green synthesis of cobalt nanoparticles, its characterization and antimicrobial", IJCPS, Vol. 7,190-198, 2018.
[13] X. Yu, X. Gao, Z. Zhu, "Alkaloids from the tribe *Bocconieae* (papaveraceae): a chemical and biological review". Molecules, 19, 13042–13060, 2014.
[14] Z. V. Guilibaldo , D. B. Horacio, C. D. Ramiro, R. R. Efraín, R.G. Sergio Alberto, P. H. Yesenia , R. C.Lorena Guadalupe, Nemesio V. R., "Detección de protopina y alfa-tocoferon en la savia de *Bocconia frutescens L.* mediante GC-MS", Salud y administración, vol. 1(1), pp. 3-6, 2014.
[15] S. A. Eugenio, H. M. Luis R., S. S. Jose, y M. E. Gudelia, "Alkaloids from *Bocconia frutescens* and biological activity of their extracts". Pharmaceutical Biology, pp. 540–543, 2006.
[16] G. Niels, D. M. Maria, G. Mahabir, S. Tobias, W. Christine, D. Joachim, R. Rüdiger, S. Oliver, H. Matthias, "Screening of Panamanian plant extracts for pesticidal properties and HPLC-based identification of active compounds". Scientia pharmaceutica, vol. 83, pp. 354-367, 2014.
[17] M. Rai, P. Clemens, "Green biosynthesis of nanoparticles: Mechanisms and Applications", CABI, ISBN 9781780642239, 2010.
[18] R. Kirupagaran, K.vijayadevan, C. Vedhi, "Green synthesis of Cobalt nanoparticles from leaves and stem extract of *Morus Indica* (Mulberry) and their application", Int. J. Adv. Sc. Res. and Management, special Issue 4, ISSN 2455-6378, 2019.

Análisis de Segunda Ley de la Termodinámica a la Central Termoeléctrica del Valle de México

L. E. Méndez Cruz[1,3], S. Castro Hernández[2], R. Lugo Leyte[2], M. Salazar Pereyra[3], H. D. Lugo Méndez[1]*

[1]Departamento de Procesos y Tecnología. Universidad Autónoma Metropolitana – Cuajimalpa. Av. Vasco de Quiroga No. 4871, Colonia Santa Fé, 05348, Cuajimalpa, CDMX, México.
[2]Departamento de Ingeniería de Procesos e Hidráulica. Universidad Autónoma Metropolitana – Iztapalapa. Av. San Rafael Atlixco No. 186, Col. Vicentina, 09340, Iztapalapa, CDMX, México.
[3]División de Ingeniería Mecatrónica e Industrial. Tecnológico de Estudios Superiores de Ecatepec. Av. Tecnológico, Esq. Av. Hank González, Col. Valle de Anáhuac, 55210, Ecatepec, Estado de México, México.
[*]ladislao.eduardo@gmail.com

***Área de participación**: Ingeniería Química*

Resumen

En este trabajo se realiza un análisis de Segunda Ley de la Termodinámica a la Central Termoeléctrica del Valle de México (CTVM) Unidad-2 a cargas parciales de 100, 80 y 50%. El análisis realizado a la central es a partir de parámetros de diseño. Se hace un balance energético para determinar las propiedades del vapor a la entrada y salida de los diferentes equipos, así como los balances de segunda ley para obtener la producción de entropía, flujo de irreversibilidades, y las eficiencias exergéticas de cada uno de éstos. Los resultados obtenidos muestran que, existe una caída de presión en la turbina de alta presión del 5.05%, mientras que, en las secciones de media y baja presión, son en promedio del 7.04% y 8.1% respectivamente. Como consecuencia de ello existe una caída en la potencia de salida de aproximadamente 1 MW. Existe también un incremento total del flujo de irreversibilidades generadas en las secciones de la turbina de vapor para las cargas de 100, 80 y 50% de 33.71, 32.85 y 25.66% respectivamente.

***Palabras clave**: Análisis termodinámico, cargas parciales.*

Abstract

In this paper, present a Second Law of Thermodynamic analysis of the Thermoelectric Power Plant of Valley of Mexico, Unit-2 at partial loads of 100, 80 and 50%. The analysis made to the plant is based on design parameters. The energy balance was carried out to determine the properties of the steam at the input and outside of the different equipment, as well, the second law balance to obtain the production of entropy, flow of irreversibilities and the exergetic efficiencies of each of these. The results obtained show that there is a pressure drop in the high-pressure turbine of 5.05%, while for the medium and low-pressure sections, these are an average of 7.04% and 8.1% respectively. Therefore, there is a drop in the output power of approximately 1 MW. There is also a total increase in the flow of irreversibilities generated in the sections of the steam turbine for loads of 100, 80 and 50% of 33.71, 32.85 and 25.66% respectively.

***Key words**: Thermodynamic analysis; off design.*

Introducción

El aumento gradual de la demanda de energía en los últimos años debido a factores, tales como la industrialización, aumento en la densidad demográfica y la tendencia a una mejor calidad de vida, ha tenido una gran repercusión hacia el medio ambiente, así como una disminución en los recursos fósiles y el incremento del costo de estos. Sin embargo, actualmente existe una transición energética para encontrar nuevas formas de producción de energía a partir de fuentes renovables, los cuales, a pesar de tener una diversificación de diferentes tecnologías para la generación de energía, no resulta ser del todo una completa viabilidad [1, 2]. De acuerdo con la Prospectiva del Sector Eléctrico 2018-2032, la demanda de la energía mundial fue de 708 TWh para el año 2017. Del total de generación mundial, las energías renovables concentraron el 25%, mientras que el 75% de la generación continúa siendo a partir de combustibles fósiles [2]. En el caso de México, el consumo de energía tiene un crecimiento medio anual del 2.6% lo que representó una demanda de 293.12 TWh para ese mismo año. Así mismo, el Sector Eléctrico Nacional registró que el 78.9% de la generación eléctrica provino de tecnologías convencionales, mientras que la participación de las tecnologías limpias en conjunto solamente representó el 21.1% [3, 4].

Por lo tanto, el tener una mayor participación en la generación de energía a partir de energías renovables trae consigo una operación de centrales térmicas convencionales la cual no necesariamente será a su máxima capacidad, es decir, este tipo de centrales deberán de operar a condiciones fuera de diseño o también denominado cargas parciales. Algunas de estas condiciones son, la variación de carga, variación de la velocidad de la turbina, el cambio en el vacío del condensador, la admisión parcial, deterioro de los equipos, entre otras. Las desviaciones de las condiciones de diseño reducen la eficiencia del ciclo si las condiciones de diseño son para ofrecer la máxima capacidad [5, 6]. La regulación de la carga se realiza de manera distinta dependiendo el tipo de tecnología, en las centrales termoeléctricas es por admisión parcial, mientras que en los ciclos combinados se realiza mediante presión deslizante, por lo tanto, predecir y estudiar las características de funcionamiento de las centrales de potencia que operan a carga parcial es de gran importancia [7].

Las centrales termoeléctricas tienen una carga mínima determinada a partir de las características del generador de vapor y también del tipo de combustible empleado, la condición mínima de operación se sitúa entre el 50% y 60% de la carga máxima. El componente principal en los ciclos de vapor es la turbina debido a que se encarga de generar el trabajo útil del ciclo; el diseño de estos equipos se basa en características como presión y temperatura de vapor vivo, flujo de vapor y presión al final de la expansión [8]. R. Lugo en el año de 2009 mostró que, bajo las condiciones de operación reales, se encontró que en el generador de vapor existen las mayores irreversibilidades, aproximadamente del 53%, mientras que la eficiencia exergética del ciclo es de 36.76%. Por consiguiente, evaluar las irreversibilidades en los procesos de la generación de potencia es muy valioso, ya que permite predecir la eficiencia real de una central termoeléctrica [9]. también M.N. Eke y I.H. Aljundi realizaron un análisis termodinámico por cada equipo, mostraron que las mayores destrucciones de exergía en una planta termoeléctrica correspondían al generador de vapor, a las secciones de la turbina de vapor y el condensador, pero también vio el efecto de que, incrementando la temperatura y una presión constante a la entrada de la turbina de alta presión, incide en la eficiencia exergética total de la planta [10, 11].

Por lo expuesto anteriormente, se entiende el desafío de satisfacer la demanda energética con calidad, de manera oportuna y confiable, para así implementar medidas que permitan prolongar el agotamiento de los combustibles fósiles. Por tal motivo, en este trabajo se realiza un análisis de Segunda Ley de la Termodinámica a la Central Termoeléctrica del Valle de México (CTVM) Unidad-2 a cargas parciales de 100, 80 y 50%. El análisis realizado a la central es a partir de parámetros de diseño obtenidos del prontuario de la CTVM [12]. Inicialmente se realiza un balance energético para determinar las propiedades del vapor a la entrada y salida de los diferentes equipos, posteriormente, se hacen los balances de segunda ley para obtener la producción de entropía, flujo de irreversibilidades en cada uno de los equipos y finalmente la eficiencia exergética del ciclo.

Descripción de la CTVM

La Central Termoeléctrica del Valle de México se encuentra ubicada al norte de la Ciudad de México, específicamente en el municipio de Acolman, Estado de México. Las condiciones ambientales bajo las cuales se encuentra en operación esta central térmica es una altura sobre nivel del mar de 2,283 metros; una presión atmosférica de 0.78 bar y una temperatura media anual de 25°C. En la Figura 1 se muestra el diagrama esquemático correspondiente a la CTVM, unidad 2. Esta unidad opera bajo un ciclo de vapor regenerativo con sobrecalentamiento y recalentamiento intermedio. Se realiza el análisis a partir de un total de 42 estados termodinámicos para las principales corrientes energéticas, para los principales equipos. También se involucran a los sistemas auxiliares en donde, las corrientes que corresponden se representan a partir de letras. La turbina

de vapor está integrada por tres secciones, alta, media y baja presión, en donde a partir de la energía mecánica total generada, se acopla a un Generador eléctrico para generar una cierta cantidad de potencia. Se tiene además un condensador, un banco de eyectores y un condensador de vapor de glándula. El tren de calentamiento está constituido por 6 calentadores, de los cuales 5 de ellos son calentadores cerrados con cascada hacia atrás, y únicamente se tiene un calentador abierto, el cual tiene la función de deareador. Existen dos principales bombas las cuales elevan la presión bajo las condiciones de la presión del deareador y la presión de vapor vivo. Se tiene solamente una extracción de vapor en la sección de la turbina de alta presión dirigida hacia el calentador cerrado 6 antes de ingresar al recalentador. El vapor recalentado ingresa a la sección de presión intermedia en donde, se realizan 3 sangrados que alimentan a los calentadores 5, 4 y al deareador respectivamente. Finalmente, el vapor utilizado para incrementar la temperatura de la corriente principal proveniente del condensador se obtiene de las últimas dos extracciones en la turbina de baja presión. Las condiciones de operación tales como la presión y temperatura a la entrada de la turbina de vapor de alta presión, el flujo de vapor principal, la presión y temperatura de recalentamiento, la presión de condensación, así como las presiones a las cuales se extrae el vapor en los 6 sangrados, entre otras propiedades, son determinadas a partir del balance térmico del prontuario de datos técnicos de la propia central [12]. En este sentido, en el mismo diagrama esquemático, se muestra la numeración de los estados correspondientes a las extracciones a la salida de la turbina de vapor y la entrada de este al calentador correspondiente. Esto es para determinar la caída de presión que existe por el simple hecho del traslado del vapor extraído.

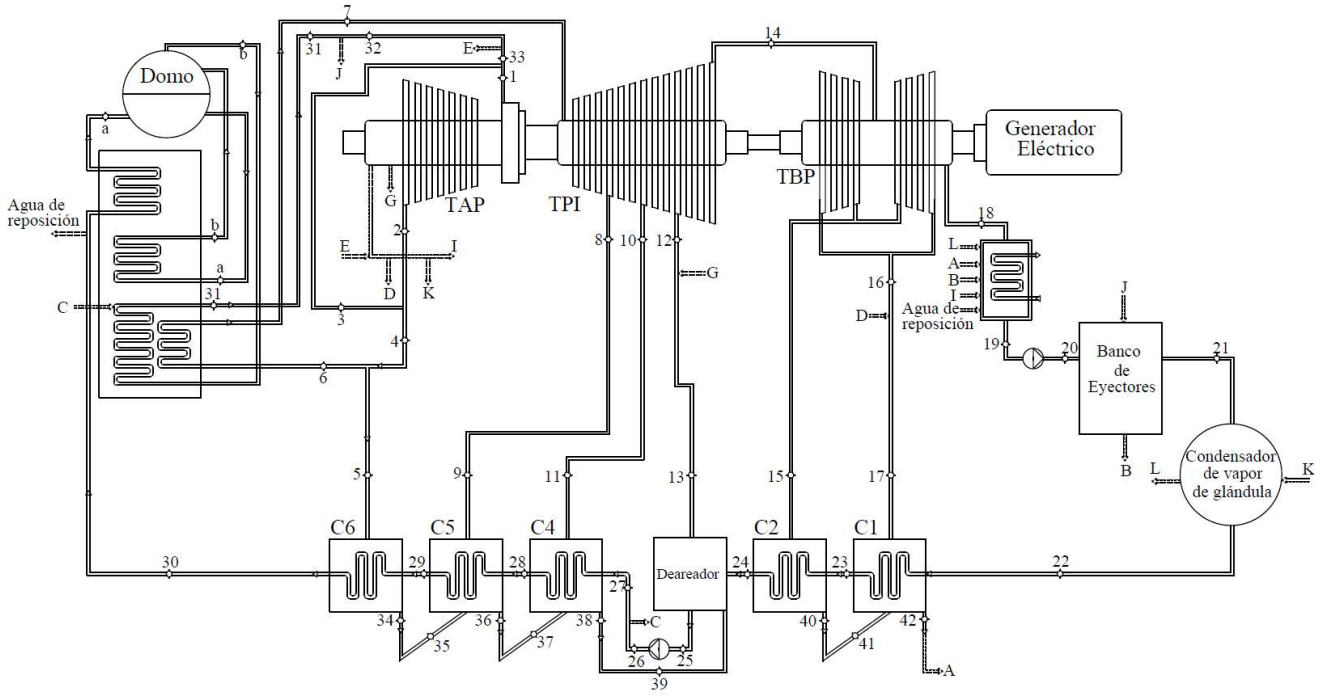


Figura 1. Diagrama esquemático de la CTVM U2.

Condiciones de Operación

En la Tabla 1 se presentan las principales condiciones de operación de la CTVM descritas anteriormente, para las cargas de 100, 80 y 50%. En la Tabla 2, se presentan los flujos de vapor extraídos en las diferentes secciones de la turbina de vapor. En la Tabla 3, se presentan las condiciones de presión de extracción, tanto a la salida de la turbina de cada una de las etapas de extracción y también la presión a la cual ingresa a los distintos calentadores. La extracción de vapor dirigida hacia el calentador C2, solamente se tiene información de una sola presión por lo que en este caso se considera una presión constante. También, en la Tabla 4 se presentan los flujos de vapor extraídos, para el sistema de vapor de sellos y sistemas auxiliares principalmente.

Tabla 1. Principales condiciones de operación de la CTVM [12].

	100 %	80 %	50 %
P_1 (bar)	125	125	124
T_1 (°C)	537.7	537.77	537.77
P_{rec} (bar)	33.1	25.37	15.65
T_{rec} (°C)	537.7	537.77	537.77
P_{cond} (bar)	0.076	0.0603	0.041
$\dot{m}_v$ (kg/s)	130.7	99.24	59.95

Tabla 2. Flujo de vapor extraído para los calentadores [12].

$\dot{m}_v$ (kg/s)	100 %	80 %	50 %
C6	8.25	6.05	3.26
C5	2.52	1.84	1.02
C4	7.08	4.54	2.57
C3	5.47	3.71	1.94
C2	4.75	3.14	1.59
C1	10.59	7.08	3.54

Tabla 3. Presiones de extracción de vapor [12].

P (bar)	100 %	80 %	50 %
P_2	33.1	25.37	15.6
P_5	31.44	24.13	14.8
P_8	15.17	11.66	7.21
P_9	13.93	10.72	6.64
P_{10}	8.75	6.8	4.24
P_{11}	8.05	6.25	3.9
P_{12}	3.68	2.87	1.8
P_{13}	3.5	2.72	1.71
P_{14}	1.84	1.43	0.85
P_{15}	0.86	0.67	0.43
P_{16}	0.79	0.62	0.39

Tabla 4. Flujos de vapor de sellos y sistemas auxiliares [12].

$\dot{m}_v$ (kg/s)	100 %	80 %	50 %
A	10.77	7.89	4.28
B	0.069	0.09	0.09
C	4.95	8.33	10.9
D	0.12	0.01	-
E	0.11	0.08	0.05
G	0.92	0.71	0.44
I	0.02	0.05	0.09
J	0.09	0.09	0.09
K	0.18	0.18	0.18
L	0.18	0.18	0.15
Agua de reposición	1.31	1	0.61
N	0.2	0.15	0.09
M	-	-	0.12

Finalmente, se realizó un estudio en la parte del Generador de Vapor para poder determinar las propiedades de los gases de combustión y el Poder Calorífico Inferior. Se consideró que la presión de los gases fuera a la presión atmosférica para un combustible cuyo elemento fuese 100% CH_4 y así mismo se tuvo una temperatura de entrada de los gases de combustión al GV de 900°C y una temperatura de salida de 600°C, el calor específico a presión constante de los gases de combustión es de 1.327 kJ/kg K y el PCI del combustible es de 50,120 kJ/kg.

Metodología

Análisis energético

A partir de las condiciones de operación, inicialmente se determinan las propiedades termodinámicas a partir del software X Steam y posteriormente se calculan los siguientes parámetros de desempeño [9]. La potencia total generada en la turbina de vapor es la sumatoria de las potencias generadas en las tres secciones, por lo tanto

$$\dot{W}_{TV} = \dot{W}_{TVAP} + \dot{W}_{TVMP} + \dot{W}_{TVBP} \quad (1)$$

En función del flujo de vapor y entalpías se tiene que: la potencia de la turbina de alta presión es

$$\dot{W}_{TVAP} = \dot{m}_1 (h_1 - h_2) \quad (2)$$

La potencia generada en la sección de media presión es

$$\dot{W}_{TVMP} = \dot{m}_7 (h_7 - h_8) + (\dot{m}_7 - \dot{m}_8)(h_8 - h_{10}) + (\dot{m}_7 - \dot{m}_8 - \dot{m}_{10})(h_{10} - h_{12}) + (\dot{m}_7 - \dot{m}_8 - \dot{m}_{10} - \dot{m}_{12})(h_{12} - h_{14}) \quad (3)$$

Y la potencia en la turbina de baja presión es

$$\dot{W}_{TVBP} = (\dot{m}_7 - \dot{m}_8 - \dot{m}_{10} - \dot{m}_{12} - \dot{m}_{14})(h_{14} - h_{15}) + (\dot{m}_7 - \dot{m}_8 - \dot{m}_{10} - \dot{m}_{12} - \dot{m}_{14} - \dot{m}_{15})(h_{15} - h_{17}) \quad (4)$$

Así mismo, la potencia suministrada a las diferentes bombas se determina de la manera siguiente

$$\dot{W}_B = \dot{W}_{B1} + \dot{W}_{B2} \tag{5}$$

Por lo tanto, la potencia total suministrada al sistema de bombeo es

$$\dot{W}_B = \dot{m}_{18}\left(h_{19} - h_{18}\right) + \dot{m}_{24}\left(h_{25} - h_{24}\right) \tag{6}$$

Finalmente, la potencia generada se expresa como

$$\dot{W}_m = \dot{W}_{TV} - \dot{W}_B \tag{7}$$

El flujo de calor suministrado en el generador de vapor es

$$\dot{Q}_{sum} = \left(\dot{m}_{29} - \dot{m}_{Mup}\right)\left(h_b - h_{29}\right) + \left(\dot{m}_{29} - \dot{m}_{Mup} + \dot{m}_C\right)\left(h_{30} - h_b\right) + \left(\dot{m}_{29} - \dot{m}_{Mup} + \dot{m}_C - \dot{m}_J - \dot{m}_M - \dot{m}_E - \dot{m}_5\right)\left(h_7 - h_6\right) \tag{8}$$

La eficiencia térmica del ciclo de vapor es

$$\eta_{TV} = \left(\frac{\dot{W}_m}{\dot{Q}_{sum}}\right) \tag{9}$$

El flujo de combustible requerido es

$$\dot{m}_c = \frac{\dot{Q}_{sum}}{PCI} \tag{10}$$

Además, el flujo de calor rechazado en el condensador es

$$\dot{Q}_{cond} = \left(\dot{m}_{17}h_{17} + \dot{m}_L h_L + \dot{m}_A h_A + \dot{m}_B h_B + \dot{m}_I h_I + \dot{m}_{Mup} h_{Mup}\right) - \dot{m}_8 h_{18} \tag{11}$$

Análisis de Segunda Ley de la Termodinámica

A partir de la ecuación general de flujo de entropía para un sistema abierto

$$\left(\frac{dS}{dt}\right)_{vc} + \sum \dot{m}_s s_s - \sum \dot{m}_e s_e = \int_A \frac{\left(\frac{\dot{Q}}{A}\right)}{T} dA + \int_V \frac{\left(\frac{\dot{W}_L}{V}\right)}{T} dV \tag{12}$$

Para el caso de la turbina de vapor y las bombas, se considera flujo estable y además, que ambos sistemas sean adiabáticos en todas las secciones, por lo tanto, la producción de entropía es

$$\dot{S}_{gen_{TV}} = \sum \dot{m}_s s_s - \sum \dot{m}_e s_e \tag{13}$$

Para el caso del condensador se tiene que la producción de entropía es

$$\dot{S}_{gen_{cond}} = \sum \dot{m}_s s_s - \sum \dot{m}_e s_e - \dot{Q}_{cond}\left(\frac{1}{T_{H_2 0}} - \frac{1}{T_{cond}}\right) \tag{14}$$

Finalmente, la producción de entropía para el caso del Generador de Vapor es

$$\dot{S}_{gen_{GV}} = \dot{m}_{gc}\left(s_{s_{gc}} - s_{e_{gc}}\right) + \sum \dot{m}_s s_s - \sum \dot{m}_e s_e \tag{15}$$

Por lo tanto, el flujo de irreversibilidades desarrolladas en cualquiera de los equipos es de manera general

$$\dot{I}_i = T_0 \dot{S}_{gen_i} \tag{16}$$

La eficiencia exergética del ciclo de vapor se obtiene a partir de la siguiente expresión

$$\eta_{exer} = 1 - \frac{\sum \dot{I}_i}{\dot{E}_c} \tag{17}$$

donde

$$\dot{E}_c = \dot{m}_c PCI\left(1 - \frac{T_0}{T_{fa}}\right) \tag{18}$$

Resultados y discusión

En la Figura 2 se muestra el diagrama temperatura entropía del ciclo de vapor de la CTVM U2. El ciclo tiene un recalentamiento, 7 etapas de expansión y 6 calentadores de línea. Se muestra que a medida que se tiene una carga menor, la presión de recalentamiento disminuye y por lo tanto existe un aumento en la calidad del vapor al final de la última etapa de expansión. En la Figura 3 se muestra el comportamiento de la eficiencia térmica del ciclo de vapor para diferentes cargas. Se muestra que, a medida que se tiene un menor porcentaje de carga, la eficiencia térmica aumenta. La eficiencia para condiciones a plena carga es de 44.15%, mientras que, al pasar a las condiciones de mínima carga, la eficiencia incrementa hasta en un 13.9%. En [13] se hizo un análisis

 ISSN 2007-8102

termodinámico a diferentes configuraciones de centrales de potencia, para el caso de las centrales subcríticas y configuraciones con un tren de calentamiento de 7 y 6 calentadores, se tuvieron resultados de eficiencia térmica del 45% a plena carga.

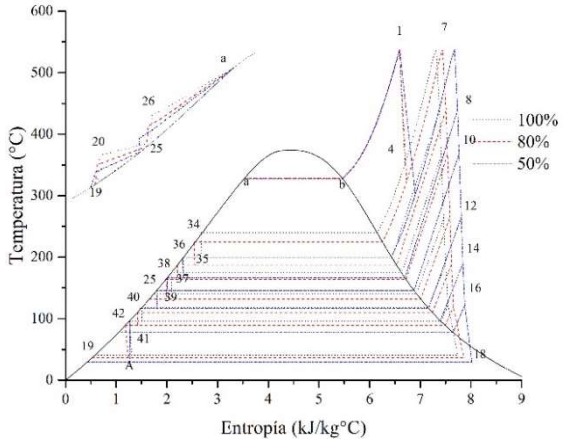


Figura 2. Diagrama temperatura-entropía de la CTVM U2.

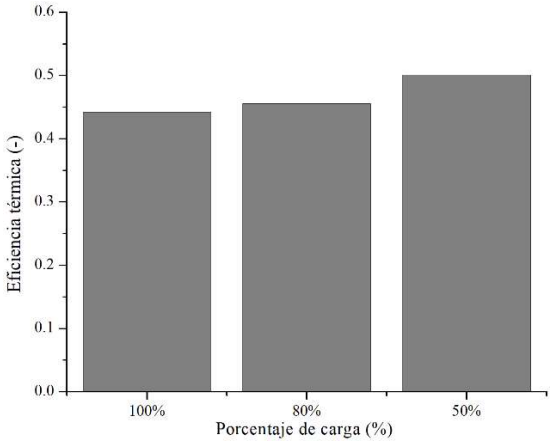


Figura 3. Eficiencia térmica en función de diferentes cargas.

En la Figura 4 se muestra el flujo de combustible en función del porcentaje de carga. Se muestra que a medida que se tiene una disminución en la demanda de la carga también existe una disminución del flujo de combustible. Por lo tanto, el flujo de combustible requerido para una carga del 100% es 7.2 kg_c/s, mientras que, a condiciones en donde se requiere una mínima carga también existe una disminución del combustible en un 56.04%. A partir de la información de la Tabla 3, en la Figura 5 se muestra el porcentaje de caída de presión que existe en cada una de las etapas de extracción y el calentador que le corresponde, a diferentes porcentajes de cargas. No existe una variación del porcentaje de caída de presión a diferentes cargas para los distintos calentadores, es decir, el porcentaje en la caída de presión se encuentra de manera constante para cualquier carga, sin embargo, esto no sucede únicamente para el calentador C1, ya que presenta el 8.13% de caída de presión para la carga máxima, mientras que, al pasar a la mínima carga, existe un incremento de 1%.

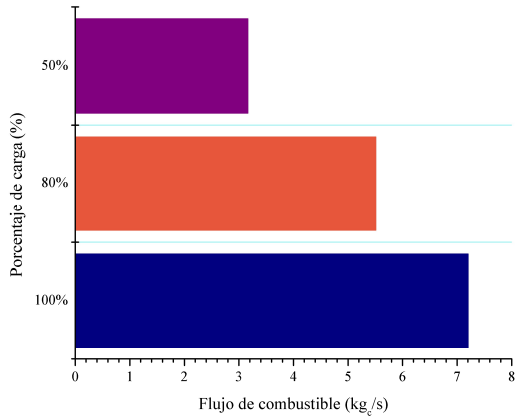


Figura 4. Flujo de combustible a diferentes cargas.

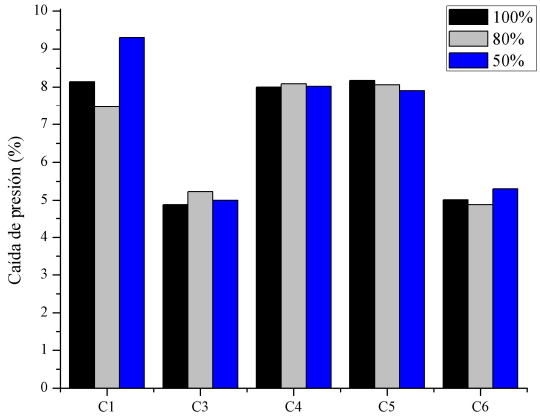


Figura 5. Porcentaje de caída de presión en los calentadores a diferentes cargas.

Por lo tanto, se muestra que prácticamente se tiene en promedio una caída de presión del 8% con respecto a los calentadores C1, C4 y C5, mientras que se tiene en promedio 5% de caída de presión para los calentadores restantes. En la Figura 6 se muestra el flujo de irreversibilidades por cada una de las etapas de expansión a diferentes cargas y sin caída de presión. Además, para una carga de 100%, existen pérdidas de potencia mayores a 4 MW en las etapas de expansión de la turbina de alta presión, así como una máxima pérdida de 5.2 MW en la última etapa de expansión en la turbina de baja presión; sin embargo, al pasar a una carga de 50% se tiene, para el caso de la expansión en la turbina de alta presión, un incremento del flujo de irreversibilidades de 24%, mientras que para el caso de la última etapa de expansión presenta una disminución del 55.86%. En [9] muestran que las mayores flujos de irreversibilidades se tienen en la expansión de la TAP y en las últimas etapas de la TBP. También se muestra que la menor generación de flujo de irreversibilidades se presenta prácticamente en todas

las etapas de expansión en la turbina de media presión y únicamente en la primera etapa de baja presión con un promedio de 1.5 MW (desde TV7-8 a TV14-15). Al pasar de las condiciones de máxima carga, a las condiciones mínimas, se tiene una disminución del flujo de irreversibilidades en promedio de 0.59 MW.

En la Figura 7 se muestra la comparacion del flujo total de irreversibilidades generadas a partir del análisis con y sin caída de presión, ambas a diferentes cargas. En los dos casos, existe una tendencia similar de disminución de las irreversibilidades a medida que tambien disminuye la carga. Para el caso del 100% de carga sin caída de presión, se tiene un total de 17.5 MW de irreversibilidades, los cuales incrementan hasta en un 33.71% cuando se tiene esta caída de presión. Así mismo, se puede mostrar que, para el 50% de carga el flujo de irreversibilidades disminuyen en un 58% y 68% para el escenario sin caída y con caída de presión, respectivamente.

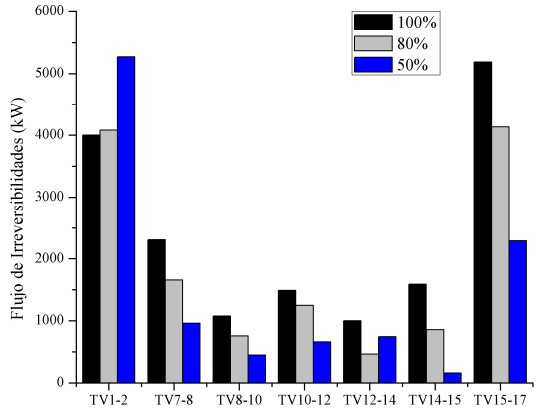


Figura 6. Flujo de irreversibilidades por etapa de expansión sin caída de presión a diferentes cargas.

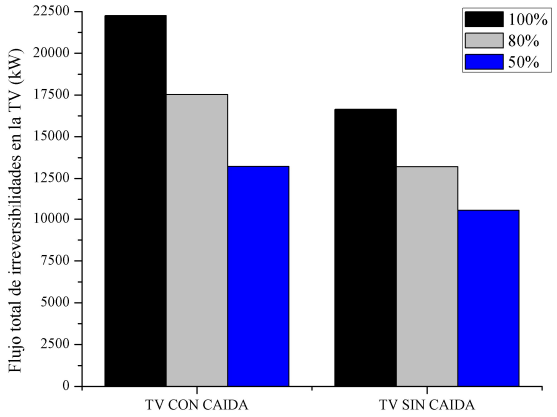


Figura 7. Comparación del flujo total de irreversibilidades en la TV a diferentes cargas.

En la Figura 8 se muestra el porcentaje de irreversibilidades para el escenario sin caída de presión, se tienen en equipos, tales como la turbina de vapor, bombas, tren de calentamiento, condensador y el Generador de Vapor. El mayor porcentaje de irreversibilidades se tienen en el GV el cual se ubica entre el 33 y 35%, mientras que en conjunto, bombas, calentadores y condensador representan un porcentaje menor el cual se encuentra entre el 4 y 65% aproximadamente.

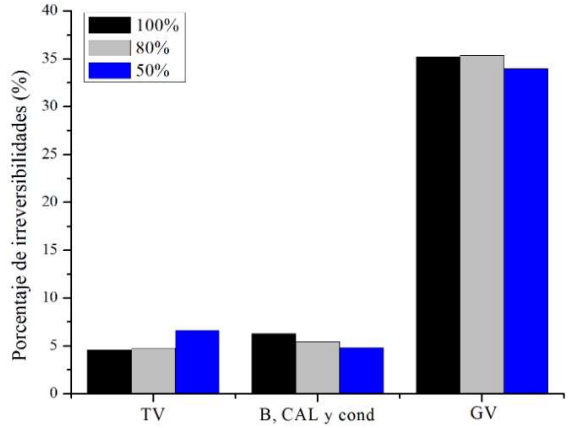


Figura 8. Porcentaje de irreversibilidades sin caída de presión a diferentes cargas.

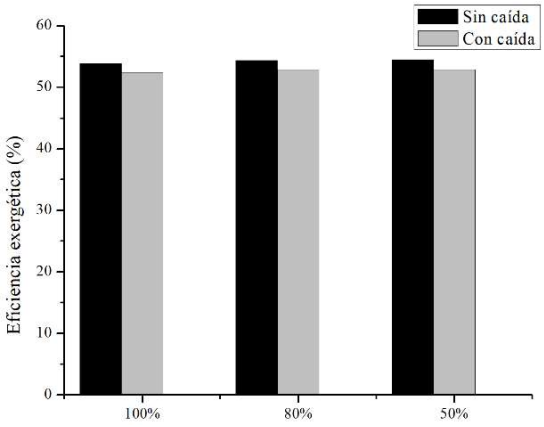


Figura 9. Eficiencia exergética con y sin caídas de presión a diferentes cargas.

En la Figura 9 se muestra la eficiencia exergética de la CTVM para las diferentes cargas. A partir del análisis sin caída y con caída de presión, se muestra que la eficiencia exergética es superior al 50% y permanece constante a diferentes cargas. Sin embargo, se muestra que existe una ligera disminución de la misma bajo el análsisis con caída de presión, pero continua siendo mayor al 50%.

Trabajo a futuro

En un trabajo a futuro, se pretende realizar un estudio termohidráhulico con el objetivo de determinar las posibles causas de las caídas de presión que se presentan en las expansiones de la turbina de vapor de alta, media y baja presión para condiciones de plena carga y cargas parciales.

Conclusiones

Resulta ser importante el poder determinar las condiciones por las cuales existen las mayores perdidas de energía en los equipos. Por lo tanto, a partir del análisis desarrollado, se obtuvo que existe un incremento en la eficiencia térmica a medida que se tiene un menor porcentaje en la carga, donde la mayor eficiencia es de 50%.

A partir de la cuantificación de las caídas de presión, se mostró que, en las extracciones correspondientes a la turbina de alta presión y la última etapa de baja presión, tuvieron los mayores porcentajes de caída de presión lo cual se traduce en un mayor flujo de irreversibilidades, logrando alcanzar hasta 5 MW. Además, se muestra que, por el simple hecho de tener una caída de presión y para una carga constante del 100%, existe un aumento del total de flujo de irreversibilidades en más de7 MW. Por lo tanto, se debe tomar en cuenta que, a partir de realizar una disminución en la caída de presión en las extracciones del vapor, es posible también disminuir las cantidades de exergía destruida por lo que se incrementaría la cantidad de potencia generada.

Referencias

[1] A. Stoppato, A. Mirandola, G. Meneghetti, and E. Lo Casto, “On the operation strategy of steam power plants working at variable load: Technical and economic issues,” *Energy*, vol. 37, no. 1, pp. 228–236, 2012, doi: 10.1016/j.energy.2011.11.042.

[2] A. Ganjehkaviri, M. N. Mohd Jaafar, and S. E. Hosseini, “Optimization and the effect of steam turbine outlet quality on the output power of a combined cycle power plant,” *Energy Convers. Manag.*, vol. 89, pp. 231–243, 2015, doi: 10.1016/j.enconman.2014.09.042.

[3] Secretaría de Energía (SENER), “Prospectiva del Sector Eléctrico,” p. 166, 2015.

[4] L. Beltrán Rodríguez, R. Alexandri Rionda, J. Herrera Romero, and O. Ojeda Galicia, “Balance Nacional de Energía,” *Secr. Energía, Subsecr. Planeación y Transic. Energética. México.*, pp. 15–20, 2016.

[5] M. Variny and O. Mierka, “Improvement of part load efficiency of a combined cycle power plant provisioning ancillary services,” *Appl. Energy*, vol. 86, no. 6, pp. 888–894, 2009, doi: 10.1016/j.apenergy.2008.11.004.

[6] R. S. Murugan and P. M. V Subbarao, “Off Design Performance Prediction of Steam Turbines,” 2016.

[7] P. Considerando, C. D. E. Presión, I. Eliú, H. Mora, E. Vicente, and T. González, “Análisis termodinámico del ciclo combinado en modo híbrido del Valle de México de 384 MW a diferentes cargas parciales considerando caídas de presión y temperatura,” pp. 16–23, 2018.

[8] C. S. Bresolin, P. S. Schneider, H. A. Vielmo, and F. H. R. França, “Application of Steam Turbines Simulation Models in Power Generation Systems,” *Rev. Eng. Térmica*, vol. 5, no. 1, p. 73, 2006, doi: 10.5380/reterm.v5i1.61675.

[9] M. T. R. Lugo, M. Salazar, J. M. Zamora, A. Torres, “Análisis exergético de una central termoeléctrica,” *Científica*, vol. 13, no. 1, pp. 17–25, 2009.

[10] I. H. Aljundi, “Energy and exergy analysis of a steam power plant in Jordan,” *Appl. Therm. Eng.*, vol. 29, no. 2–3, pp. 324–328, 2009, doi: 10.1016/j.applthermaleng.2008.02.029.

[11] M. N. Eke, D. C. Onyejekwe, O. C. Iloeje, C. I. Ezekwe, and P. U. Akpan, “Energy and exergy evaluation of a 220MW thermal power plant,” *Niger. J. Technol.*, vol. 37, no. 1, p. 115, 2018, doi: 10.4314/njt.v37i1.15.

[12] F. D. E. Electricidad, C. Termoel, C. D. E. Ciclo, and V. De, “Prontuario de datos técnicos.”

[13] L. E. Méndez-Cruz, M. Salazar-Pereyra, A. E. Bonilla-Blancas, and R. Lugo-Leyte, “Análisis Termodinámico de las Turbinas de Vapor para los Ciclos Ultracríticos, Supercríticos, Subcríticos y Geotérmicos,” *Inf. tecnológica*, vol. 30, no. 4, pp. 237–248, 2019, doi: 10.4067/s0718-07642019000400237.

Análisis de segunda ley de la termodinámica a la central de ciclo combinado Tamazunchale

N. Naves García[1], S. Castro Hernández[1], H. D. Lugo Méndez[2]*, A. Torres Aldaco[1], R. Lugo Leyte[1]
[1]Departamento de Ingeniería de Procesos e Hidráulica, Universidad Autónoma Metropolitana - Iztapalapa, Av. San Rafael Atlixco No. 186, Col. Vicentina, 09340, Iztapalapa, CDMX, México.
[2]Departamento de Procesos y Tecnología, Universidad Autónoma Metropolitana - Cuajimalpa, Av. Vasco de Quiroga 4871, Santa Fé, 05348, Cuajimalpa, CDMX, México. Email: *nng@xanum.uam.mx

Área de participación: I*ngeniería Química*

Resumen

En este trabajo se realiza un análisis de segunda ley de la termodinámica a la central de ciclo combinado Tamazunchale. Primero se hacen balances de masa y energía en cada uno de los componentes del ciclo. Posteriormente se realizan balances de segunda ley para determinar la generación de entropía en los procesos, y con la consideración de un estado muerto se realiza el análisis exergético y se determinan los flujos de irreversibilidades. Se evalúa el desempeño del ciclo combinado mediante parámetros como la eficiencia térmica, la producción de entropía, la eficiencia exergética e irreversibilidades. La eficiencia térmica del ciclo combinado es 54%, la eficiencia exergética es 56.42%. La mayor producción de entropía del ciclo combinado está en la turbina de gas con 1348.24 kW/K. La cámara de combustión representa el 50.03% de las irreversibilidades totales del ciclo.

Palabras clave*: Ciclo combinado, entropía, irreversibilidades.*

Abstract

In this work an analysis of the second law of thermodynamics is made to the combined cycle power plant Tamazunchale. The methodology starts with mass and energy balances in each of the components of the cycle. Subsequently, the balances of the second law will be carried out to obtain the generation of entropy in the processes, the attention of a dead state, the exergy analysis and the irreversibility factors. The performance of the combined cycle is evaluated with parameters such as thermal efficiency, entropy production, exergy efficiency and irreversibilities. The results show that the thermal efficiency of the combined cycle is 54%, the exergy efficiency is 56.42 %. The highest entropy production of the combined cycle is in the gas turbine with 1348.24 kW / K The combustion chamber represents 50.03 % of the total irreversibilities of the cycle.

Key words*: Combined cycle, entropy generation, irreversibilities.*

Introducción

El desempeño de las centrales térmicas se evalúa a través de criterios del desempeño energético basados en la primera ley de la termodinámica, incluida la potencia y la eficiencia térmica del ciclo. Sin embargo, actualmente el desempeño basado en la segunda ley de la termodinámica se ha encontrado como un método útil en el diseño, evaluación, optimización y mejora de las centrales térmicas. El análisis de segunda ley de la termodinámica no sólo puede determinar las magnitudes, la ubicación y las causas de las irreversibilidades en las plantas, aunado a esto, también proporciona una evaluación más significativa de la eficiencia de los componentes individuales de la planta. [1]

Sanjay [2] investigó el efecto de la variación de parámetros del ciclo combinado en las irreversibilidades de los componentes del ciclo y la eficiencia térmica, y encontró que el parámetro que más efecto tiene en la eficiencia y en las irreversibilidades del ciclo es la temperatura de entrada de la turbina de gas. Bassily [3] desarrolló técnicas para reducir la producción de entropía e irreversibilidad de la caldera de recuperación de calor (CRC) de los ciclos combinados. De acuerdo con el estudio el disminuir las diferencias de temperatura de Pinch Point, los flujos de vapor en los

domos, se reducen la producción de entropía y las irreversibilidades del ciclo. Ersayin [4] realizó un análisis termodinámico a la central de ciclo combinado "ATHER Energy" y encontró que la eficiencia exergética del ciclo es 56% y la eficiencia térmica es 50.04%; además, encontró que la cámara de combustión tiene la mayor producción de entropía y la mayor irreversibilidad comparado con los demás componentes del sistema.

Debido a que el análisis de segunda ley es un método útil para evaluar el desempeño de las centrales térmicas, en este trabajo se presenta el análisis de segunda ley de la termodinámica a la central de ciclo combinado. Tamazunchale, esta central cuenta con tres niveles de presión y post combustión en la caldera de recuperación de calor.

Caso de estudio

La Figura 1 muestra el diagrama de la central de ciclo combinado (CCC) Tamazunchale, esta central está instalada en la Sierra Madre Oriental, en el sureste de San Luis Potosí, México. La CCC Tamazunchale es un ciclo con tres niveles de presión y postcombustión, es decir, se aprovecha el oxígeno presente en los gases de combustión provenientes de la turbina de gas, agregando un segundo flujo de combustible para incrementar la energía contenida en los mismos.

La configuración de este ciclo combinado es de alta presión (AP), intermedia presión (IP) y baja presión (BP) y consta de dos sobrecalentadores de alta presión (SCAP), uno de presión intermedia (SCIP) y uno de baja presión (SCBP), dos recalentadores (RC); tres evaporadores, uno de alta presión (EVAP), uno de presión intermedia (EVIP) y uno de baja presión (EVBP); tres economizadores, uno de alta presión (ECAP), uno de presión intermedia (ECIP) y uno de baja presión (ECBP). Además, cuenta con un condensador, y dos bombas una de alta presión (B_2) y una de baja presión (B_3). El ciclo de vapor tiene 19 estados termodinámicos y el ciclo de la turbina de gas tiene 4 estados termodinámicos. La CRC inicia en el estado g_4 y termina en el g_{19}. La postcombustión se lleva a cabo entre el RC1 y el RC2, o sea, entre el estado g_6 y g_7.

En las Tablas 1 y 2 se presentan las condiciones de operación del ciclo de vapor y de la turbina de gas, éstas se toman del balance térmico de la central. El ciclo combinado cuenta con una capacidad de generación instalada de 1,206 MW a plena carga y está constituida por dos módulos, cada módulo cuenta con dos turbinas de gas, dos CRC, una turbina de vapor y sistemas auxiliares.

Tabla 1. Condiciones de operación para el ciclo de vapor.

Condición de operación	*Valor*
Temperatura del vapor V_1 y V_4, (°C)	565
Presión AP, (bar)	105.3
Presión IP, (bar)	25.54
Presión BP, (bar)	4.804
Presión condensación, (bar)	0.05936
Potencia TV ($\dot{W}_{TV}$), (MW)	237.46 c/u

Tabla 2. Condiciones de operación para la turbina de gas.

Condición de operación	*Valor*
Temperatura de los gases g_1, (°C)	12.5
Temperatura de los gases g_3, (°C)	1260
Relación de presiones (π_c), (-)	16
Potencia TG ($\dot{W}_{TG}$), (MW)	173.87 c/u

En la Tabla 3 se presentan las diferencias de temperaturas de Pinch-Point de AP, IP y BP ($\Delta T_{pp,\ AP}$, $\Delta T_{pp,\ IP}$ y $\Delta T_{pp,\ BP}$, respectivamente) la de diferencias de temperaturas de aproximación caliente (ΔT_{AC}) y el flujo de combustible de la postcombustión de la CRC ($\dot{m}_{comb\ CRC}$), éstas se calculan a partir del balance de energía y masa en la CRC.

Tabla 3. Condiciones de operación de la CRC

Condición de operación	*Valor*
$\Delta T_{pp\ AP}$, (K)	135.40
$\Delta T_{pp,\ IP}$, (K)	83.60
$\Delta T_{pp,\ BP}$, (K)	39.80
ΔT_{AC}, (K)	135.57
$\dot{m}_{comb\ CRC}$, (kg_{comb}/s)	2.15

 ISSN 2007-8102

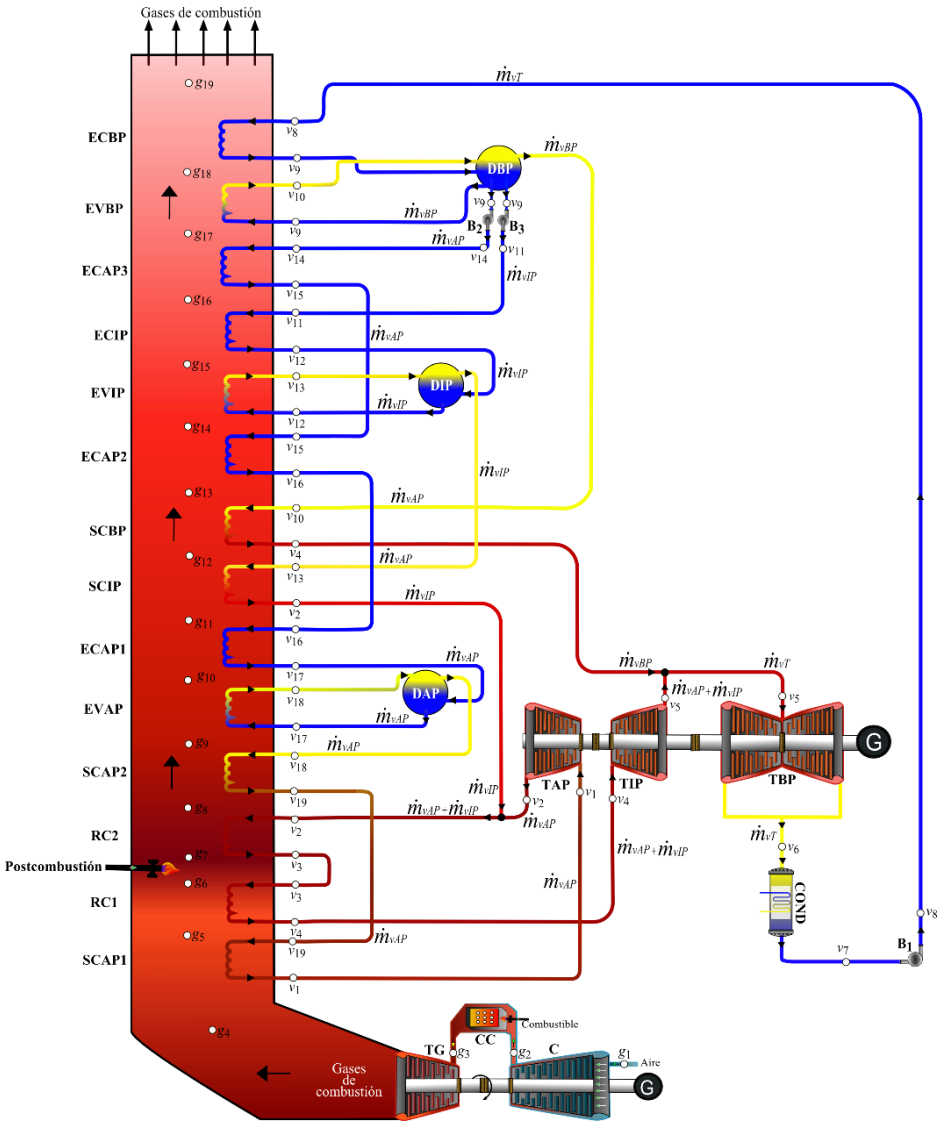


Figura 1. Diagrama esquemático de la CCC Tamazunchale.

Metodología

El cambio de entropía en un proceso puede disminuir; sin embargo, el cambio de entropía total, el cual, contempla el cambio de entropía del proceso más el del medio ambiente debe ser mayor o igual a cero. A este aumento de entropía dentro de un sistema aislado se le denomina producción de entropía ($\dot{S}_{gen}$) y se determina mediante la ecuación (1), donde el primer término es la acumulación de entropía, seguido los flujos de entropía a la entrada y salida del sistema y la producción de entropía debido a los flujos de calor que se transmiten del sistema al medio ambiente, a la temperatura de la superficie del sistema.

$$\dot{S}_{gen} = \left(\frac{dS}{dt}\right)_{vc} + \sum_{i=1}^{n} \dot{m}_{s,i} s_{s,i} - \sum_{i=1}^{n} \dot{m}_{e,i} s_{e,i} - \sum_{i=1}^{n} \left(\frac{\dot{Q}_i}{T_i}\right) \geq 0 \qquad (1)$$

Con base a la Figura 1, se determina la producción de entropía de todos los equipos que componen al ciclo combinado Tamazunchale; para ello, se aplica la ecuación (1) a cada equipo del ciclo. Para todos los análisis se toman en cuenta las siguientes consideraciones: flujo estable, no hay cambios en la energía cinética y potencial del sistema, no hay cambios en los flujos de entrada y salida, el estado muerto corresponde a una temperatura T_0= 35 °C y una presión P_0= 0.06 bar. No se considera la producción de entropía en los domos ni en los puntos de unión de corrientes del ciclo.

Los softwares empleados para el análisis de segunda ley al ciclo combinado Tamazunchale son Microsoft Excel y el complemento de Microsoft, Steam Tables.

A continuación, se presentan las expresiones que se obtienen para la producción de entropía de los equipos de la CCC Tamazunchale.

Turbina de gas

La producción de entropía en la turbina de gas sólo es función del cambio de entropías en la turbina de gas y del flujo de los gases de combustión ($\dot{m}_{gc}$).

$$\dot{S}_{gen,TG} = \dot{m}_{gc}\left(s_{g4} - s_{g3}\right) \tag{2}$$

De manera análoga se determina la producción de entropía en las turbinas de vapor.

Cámara de combustión

La producción de entropía en la cámara de combustión es función del flujo de entropía del aire, del combustible a la entrada de la cámara de combustión ($\dot{m}_{comb}$) y su entropía, así como del flujo de entropía de los gases de combustión provenientes de la cámara.

$$\dot{S}_{gen,CC} = \dot{m}_a s_{g2} + \dot{m}_{comb} s_{e,comb} - \dot{m}_{gc} s_{g3} \tag{3}$$

Condensador

La producción de entropía en el condensador se determina a partir del cambio de entropía del vapor a condensar, el flujo de vapor total ($\dot{m}_{vT}$), las entropías del agua como corriente auxiliar en el proceso de condensación, donde $\dot{m}_{H2O}$ es el flujo de agua y c_{H2O} es la capacidad calorífica del agua, se considera que todo el calor de la corriente que se condensa es cedido a la corriente auxiliar, donde $T_{s,H2O}$ es la temperatura a la salida del agua en el condensador y $T_{e,H2O}$ la de entrada.

$$\dot{S}_{gen,cond} = \dot{m}_{vT}\left(s_{v8} - s_{v7}\right) + \dot{m}_{H_2O} c_{H_2 0} \ln \frac{T_{s,H_2 0}}{T_{e,H_2 0}} \tag{4}$$

SC1AP

Se considera el sobrecalentador como un intercambiador de calor y la producción de entropía está en función de las corrientes de entrada y salida y sus respectivos flujos másicos. Se considera que todo el calor de los gases de combustión la aprovecha la corriente de vapor.

$$\dot{S}_{gen,SC1AP} = \dot{m}_{vT}\left(s_{v1} - s_{v14}\right) + \dot{m}_{gc}\left(s_{g5} - s_{g4}\right) \tag{5}$$

De la misma manera se determina la producción de entropía para todos los componentes de la CRC con sus respectivas corrientes de entrada y salida.

Bomba 1

La producción de entropía en las bombas sólo es función del cambio de flujo de entropías en la bomba.

$$\dot{S}_{gen,B1} = \dot{m}_{vT}\left(s_{v8} - s_{v7}\right) \tag{6}$$

De manera análoga se determina la producción de entropía de las bombas 2 y 3.

Las irreversibilidades se deben a la transferencia de calor a través de la diferencia de temperatura finita, la mezcla de fluidos a diferentes temperaturas y a la fricción mecánica, para este estudio se determina los flujos de irreversibilidades de cada componente del sistema. El flujo de irreversibilidades de cada componente se determina con la producción de entropía del componente y la temperatura del estado muerto. La ecuación (7) es la relación de Gouy- Stodola [5].

$$\dot{I}_i = T_0 \dot{S}_{gen,i} \tag{7}$$

La eficiencia exergética se determina a partir de la ecuación (8).

$$\eta_{exe} = 1 - \frac{T_0 \dot{S}_{gen,i}}{\dot{E}_{\text{suministrada}}} \tag{8}$$

A continuación, se presentan las expresiones para determinar la eficiencia exergética de algunos equipos del CC, para determinarlas, se aplica la ecuación (8) a los equipos mencionados.

Turbinas de vapor y turbinas de gas

Debido a que las turbinas son dispositivos productores de potencia *($\dot{W}_{TV,\,TG}$)*, la eficiencia exergética para las turbinas es la relación entre la potencia útil generada y la máxima potencia posible.

$$\eta_{exe,TV,TG} = \frac{\dot{W}_{TV,TG}}{\left(\dot{\mathrm{E}}_e - \dot{\mathrm{E}}_s\right)_{TV,TG}} \tag{9}$$

Compresor y bombas

Debido que el compresor y las bombas son equipos consumidores de potencia *($\dot{W}_{C,\,B}$)*, la eficiencia exergética se determina con la relación entre la mínima potencia y la potencia útil suministrada.

$$\eta_{exe,C,B} = \frac{\left(\dot{\mathrm{E}}_s - \dot{\mathrm{E}}_e\right)_{C,B}}{\dot{W}_{C,B}} \tag{10}$$

Equipos de la caldera de recuperación de calor

Los sobrecalentadores, recalentadores, evaporadores y economizadores son intercambiadores de calor, la eficiencia exergética para estos equipos se determina con la exergía suministrada que es la disminución de la exergía del flujo caliente (flujo de gases de combustión), y la exergía recuperada que es el aumento de exergía del flujo frío (flujo de vapor).

$$\eta_{exe,i} = \frac{\left(\dot{\mathrm{E}}_e - \dot{\mathrm{E}}_s\right)_{gc}}{\left(\dot{\mathrm{E}}_s - \dot{\mathrm{E}}_e\right)_{v}} \tag{11}$$

Condensador

Debido que el condensador es un equipo disipativo y por lo tanto no tiene un propósito productivo, la eficiencia exergética del condensador no está definida, en su lugar se define la *eficiencia racional* presentada en la ecuación (12). Kotas y Kaushik presentan una expresión similar a la propuesta [6][7].

$$\eta_{r,cond} = 1 - \frac{T_0 \dot{S}_{gen,cond}}{\left(\dot{\mathrm{E}}_e - \dot{\mathrm{E}}_s\right)_{v}} \tag{12}$$

La eficiencia exergética del ciclo combinado se determina a partir de la ecuación (13) donde la exergía recuperada es la potencia generada por el ciclo combinado *($\dot{W}_{CC}$)* y la exergía suministrada es la exergía del combustible suministrado al ciclo combinado que es función del Poder Calorífico Inferior del combustible *(PCI)* y de la temperatura de flama adiabática *(T_{fa})*

$$\eta_{exe,CC} = \frac{\dot{W}_{CC}}{\dot{m}_{comb} PCI \left(1 - \frac{T_0}{T_{fa}}\right)} \tag{13}$$

Resultados

La Figura 4 muestra la producción de entropía en las turbinas de vapor de alta, intermedia y baja presión; además muestra que, la turbina de vapor de baja presión genera la mayor producción de entropía con 22.08 kW/K, 69.48% más que la turbina de vapor de presión intermedia y 85.52% más que la turbina de vapor de alta presión. Además, la turbina de baja presión representa el 68.97% de las irreversibilidades de todo el conjunto de la turbina de vapor, esto permite identificar que las oportunidades de mejora se encuentran en el proceso de expansión llevado a cabo en la turbina de vapor de baja presión. La Figura 5 muestra la producción de entropía en las 3 bombas del ciclo

 ISSN 2007-8102

combinado, también muestra que la bomba 2 genera la mayor producción de entropía en todo el proceso de bombeo del ciclo con 2.46 kW/K, seguido por la bomba 1 con 0.03 kW/K. La bomba 2 al tener mayor producción de entropía representa el mayor porcentaje de irreversibilidades en este proceso con 97.49%, por lo tanto, se puede mejorar el proceso de llevar el líquido comprimido de baja presión a condiciones de presión intermedia.

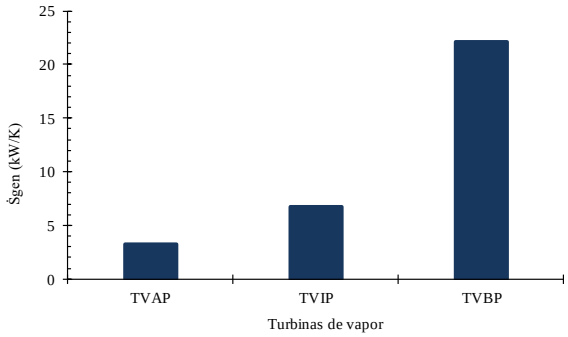


Figura 4. Producción de entropía en las turbinas de vapor de alta, intermedia y baja presión.

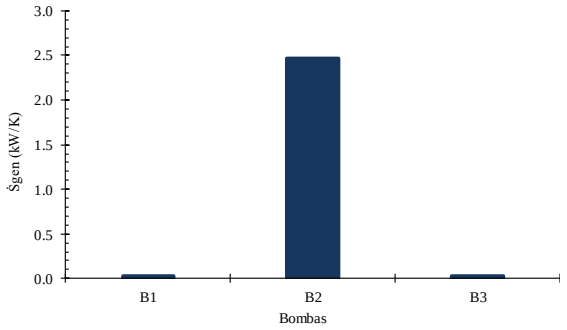


Figura 5. Producción de entropía en las bombas 1,2 y 3.

La producción de entropía en los equipos de la turbina de gas se muestra en la Figura 6, el compresor es el equipo que presenta menor producción de entropía; sin embargo, el proceso de suministro de calor tiene mayor producción de entropía con 1,274 kW/K, es decir, 97.67% más que el compresor y 96.53% más que la turbina de gas. Debido del tipo de proceso, el suministro de calor representa el 94.52% de irreversibilidades. Almutairi y col. [8] determinaron que esta generación de irreversibilidades en la cámara de combustión se debe principalmente a las reacciones químicas, la transferencia de calor y la fricción. Lo anterior, permite identificar las posibles mejoras en el proceso, diseño y tipo de materiales presentes en la cámara de combustión. La Figura 7 muestra la producción de entropía en los equipos de la CRC; además, muestra que, en el nivel de alta presión, el sobrecalentador 1 y el evaporador presenta la mayor producción de entropía con 307.95 kW/K y 296.11 kW/K, respectivamente. El equipo con menor producción de entropía es el economizador 1 con 5.69 kW/K. En el circuito de presión intermedia, el evaporador es el equipo con mayor producción de entropía con 48.17 kW/K; sin embargo, el sobrecalentador genera 4.62% menos entropía. El proceso de evaporar y sobrecalentar el vapor de baja presión representa el 7.81% del total de las irreversibilidades presentes en la CRC. En el circuito de baja presión, el sobrecalentador presenta la mayor producción de entropía con 143.07 kW/K seguido del economizador con 100.22 kW/K y finalmente, el evaporador con 68.42 kW/K. El circuito de baja presión representa el 25.87% del total de las irreversibilidades presentes en la CRC. Comparando los tres niveles de presión, el circuito de alta presión genera mayores irreversibilidades, la tendencia de los resultados anteriores coincide con los reportados por Almutairi y col. [9]

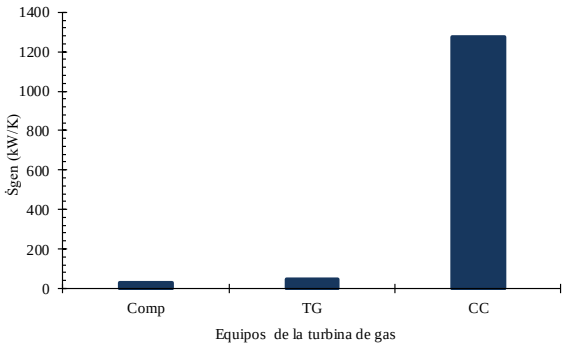


Figura 6. Producción de entropía en los equipos de la turbina de gas.

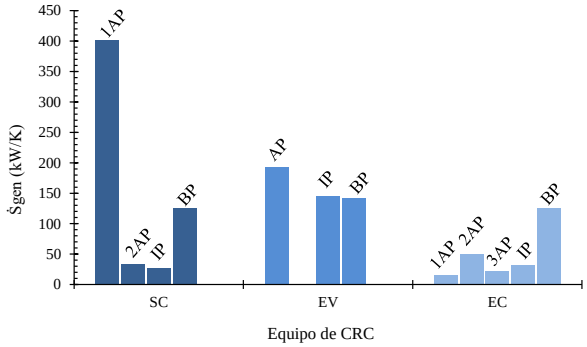


Figura 7. Producción de entropía en los en la CRC.

 ISSN 2007-8102

La producción de entropía en los recalentadores se presenta en la Figura 8. La producción de entropía del recalentador 1 es 1.08% mayor que el recalentador 2, con respecto a las irreversibilidades el recalentador 1 representa el 1.92% del total de las irreversibilidades en la CRC, es decir en el proceso de recalentar el vapor sobrecalentador a condiciones de entrada a la turbina de vapor de presión intermedia se presentan oportunidades de mejora de acuerdo con Almutairi y col. [9] las irreversibilidades son mayores en este proceso, debido a que se tienen mayores pérdidas de energía con los alrededores y las diferencias de temperaturas entre las corrientes son mayores en comparación con el recalentador 2. La Figura 9 muestra el flujo de irreversibilidades en todos los equipos que componen el ciclo combinado. Muestra que la turbina de gas representa el 52.09% del total de irreversibilidades del ciclo combinado, las bombas representan el 0.09%, la turbina de vapor 1.23%, el condensador 7.20% y las irreversibilidades de la CRC representan el 46.57%. Los resultados anteriores indican que se puede realizar un estudio más detallado en la turbina de gas y en la CRC para evaluar el total de ineficiencias presentes en estos equipos y así tomar decisiones que permitan reducir dichos porcentajes de irreversibilidades.

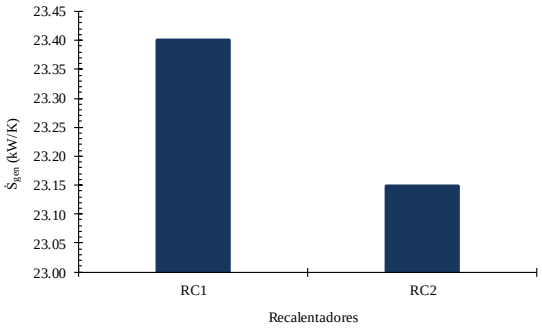


Figura 8. Producción de entropía en los recalentadores.

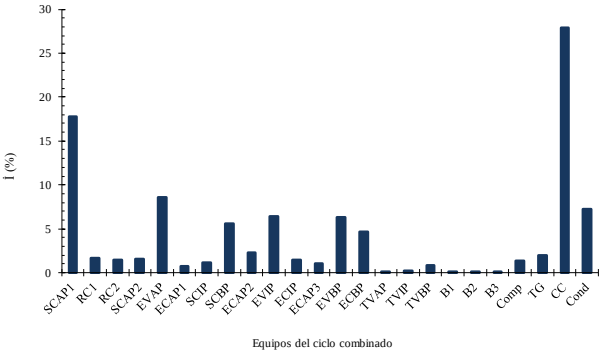


Figura 9. Flujo de irreversibilidades en los equipos del ciclo combinado.

La Figura 10 muestra la eficiencia exergética de los equipos que componen el ciclo combinado. Muestra que la turbina de gas es el equipo con mayor eficiencia exergética con 96.34%, seguido por la turbina de vapor de alta presión, la turbina de vapor de presión intermedia y el compresor con 94.91%, 94.68% y 94.62%, respectivamente. En la CRC los equipos con mayor eficiencia exergética es el recalentador 1 con 94. 56% seguido por el sobrecalentador de alta presión 1 y el recalentador 2 con 89.94% y 81.24%, respectivamente. El economizador 3 de alta presión genera la menor eficiencia exergética con 26.46% y el evaporador de alta presión presenta el 39.53%. La eficiencia exergética de la bomba 3 es 88.70%, la eficiencia de la bomba 1 es 88.70% y la bomba 2 con 32.53%. La tendencia de los resultados anteriores coincide con los reportados por Ersayin y Ozgener [4] y por Petrakopoulou y col. [10]. En la Tabla 4 se presentan los resultados del análisis termodinámico realizado a la turbina de vapor y a la turbina de gas que componen el ciclo combinado Tamazunchale. Se muestra que la eficiencia térmica de la turbina de vapor el 32.47 % y la eficiencia térmica de la turbina de gas es 32.09 % con un flujo de combustible de 11.18 kg_{comb}/s.

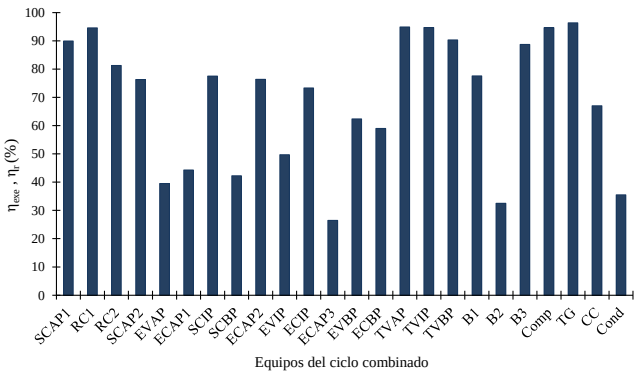


Figura 10. Producción de entropía en los recalentadores.

Tabla 4. Resultados de los parámetros del CC.

Concepto	*Valor*
Flujo de vapor de AP, (kg_v/s)	76.51
Flujo de vapor de IP, (kg_v/s)	17.94
Flujo de vapor de BP, (kg_v/s)	5.55
Potencia TV, (MW)	464.46
Eficiencia térmica TV, (%)	32.47
Flujo total de combustible (kg/s)	11.18
Potencia TG, (MW)	694.59
Eficiencia térmica TG, (%)	32.09
Consumo Específico de Combustible, (kg_{comb}/kWh)	0.034
Potencia CC, (MW)	1159.05
Eficiencia térmica CC, (%)	54.14
Eficiencia exergética CC, (%)	56.42

Trabajo a futuro

La central de ciclo combinado Tamazunchale presenta una configuración con postcombustión en la caldera de recuperación de calor; sin embargo, la postcombustión sólo se implementa en los periodos de alta demanda de energía eléctrica, por lo tanto, como trabajo a futuro se plantea el estudio de segunda ley de la termodinámica, comparando el caso con postcombustión y el caso sin postcombustión. De esta manera se determina el efecto de la postcombustión en las CCC.

Conclusiones

El análisis de segunda ley permite obtener una descripción completa de las características del sistema como es la producción de entropía, las irreversibilidades y la eficiencia exergética, proporcionando las oportunidades de mejoramiento en los procesos, la tecnología implementada en el ciclo, los tipos de materiales, entre otros. La turbina de gas presenta la mayor producción de entropía del ciclo combinado Tamazunchale debido a que se lleva a cabo el proceso de combustión en la cámara de combustión, siendo éste el proceso con mayores irreversibilidades del ciclo combinado. El circuito de vapor de alta presión presenta la mayor producción de entropía en la caldera de recuperación de calor. Se identifica oportunidades de mejora en el recalentador 1; es decir, en el proceso de recalentar el vapor sobrecalentado a las condiciones de entrada a la turbina de vapor de presión intermedia. Por parte del ciclo de vapor, en el condensador se pierde 2,263.83 kJ/kg; sin embargo, esta energía es de baja calidad, debido a esto, el condensador es uno de los equipos que presenta menor producción de entropía y, en consecuencia, menores irreversibilidades. El condensador aporta el 7.32 % de las irreversibilidades totales del ciclo combinado.

Referencias

[1] Kilani N., Khir T., Brahim A. Ben. “Performance analysis of two combined cycle power plants with different steam injection system design*”. Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 42, no. 17, pp.832-842, 2015
[2] Sanjay.”Investigation of effect of variation of cycle parameters on thermodynamic performance of gas–steam combined cycle”. *Energy*, vol. 36, no.1, pp. 157–67, 2011.
[3] Bassily AM. “Modeling, analysis, and modifications of different GT cooling techniques for modern commercial combined cycle power plants with reducing the irreversibility of the HRSG”. *Applied Thermal Engineering*, vol.53, no. 1, pp. 131-146, 2013.
[4] Ersayin E., Ozgener L. “Performance analysis of combined cycle power plants: A case study”. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 43, pp. 832-842, 2015.
[5] Pal, R. “On the Gouy–Stodola theorem of thermodynamics for open systems”. *International Journal of Mechanical Engineering Education*, vol. 45, no. 2, pp. 194-206, 2017.
[6] Kotas T.J. “The Exergy Method of Thermal Plant Analysis”. Krieger Publishing, Melbourne, 1985.
[7] Kaushik S.C., Reddya V. Siva, Tyagi S.K. “Energy and exergy analyses of thermal power plants: A review”. Renewable and Sustainable Energy Reviews,vol. 15, no. 4, pp. 1857-1872, 2011.
[8] Almutairi A., Pilidis P., Al-Mutawa N., Al-Weshahi M. “Energetic and exergetic analysis of cogeneration power combined cycle and ME-TVC-MED water desalination plant: Part-1 operation and performance”. *Applied Thermal Engineering,* vol. 103, pp. 77-91, 2016.
[9] Almutairi A., Pilidis P., Al-Mutawa N. “Energetic and Exergetic Analysis of Combined Cycle Power Plant: Part-1 Operation and Performance”. *Energies*. Vol. 8. No. 12, pp. 14118-14135, 2015.
[10] Petrakopoulou F., Morozyuk T., Carassai A. “Conventional and advanced exergetic analyses applied to a combined cycle power plant”*. Fuel and Energy Abstracts*. Vol. 41, no. 1, pp. 146-152, 2012.

Aplicación de un Filtro Kalman sin rastro en fermentaciones lácticas.

A. M. A Romero Pérez[1], A. Díaz Medina[2], B. García Rojas[1], G Ramírez Dámaso[3], F. Caballero[1],*
[1]Carrera de Ingeniería Química, Facultad de Estudios Superiores Zaragoza C. II UNAM, Batalla 5 de mayo s/n. Ejército de Oriente, C.P. 09320, Iztapalapa CDMX, México.
[2]Division de Ing. Química y Bioquímica Tecnológico de Estudios Superiores de Ecatepec, Av. Tecnológico s/n. Col. Valle de Anáhuac C.P. 55210, Ecatepec de Morelos, EDOMEX, México.
[3]Escuela Superior de Ingeniería y Arquitectura "Unidad Ticomán" del Instituto Politécnico Nacional, Av. Ticomán 600, San José Ticomán, C. P. 07340, Gustavo A. Madero, CDMX, México.

**xymox@unam.mx*

***Área de participación**: Ingeniería Química*

Resumen

Este trabajo propone el diseño de un filtro Kalman sin rastro (UKF Unscented Kalman filter por sus siglas en inglés) para determinar los estados de un proceso de fermentación láctica en un biorreactor que opera en continuo. El modelo propuesto por Lombardi et al [1] fue seleccionado evaluando dos estrategias: (1). Medir la concentración de biomasa y estimar el sustrato y el ácido láctico; y (2). Medir la concentración del ácido láctico para estimar biomasa y sustrato. En ambas propuestas la Observabilidad es satisfecha, sin embargo, la primera opción demanda contar con una sonda de biomasa, la cual, por sus características, requiere una elevada inversión. Por su parte la segunda opción demanda el uso de una sonda de pH, sin embargo, deben realizarse ajustes adicionales como la evaluación del pK del ácido láctico, asimismo, su implementación debe considerar la no linealidad que la definición del pH presenta por si misma.

***Palabras clave**: Filtro Kalman sin rastro, espacio de estados, fermentación láctica, Bioprocesos.*

Abstract

In this work, the design of an Unscented Kalman filter (UKF) is proposed to determine the states of a lactic fermentation process in a bioreactor that operates continuously. The model proposed by Lombardi et al [1] was selected evaluating two strategies: (1). Measurement biomass concentration and estimate the substrate and lactic acid; and (2). To measure lactic acid concentration to estimate biomass and substrate. In both proposals, observability is satisfied, however, the first option requires a biomass probe, which, due to its characteristics, requires a high investment. Otherwise, the second option requires the use of a pH probe, however, additional adjustments must be made such as the evaluation of the pK of lactic acid and the implementation must be consider non-linearity of the definition of pH itself.

***Key words**: Unscented Kalman Filter, state space, lactic fermentation, Bioprocess.*

 ISSN 2007-8102

Introducción

La técnica de estimación de estado es una metodología utilizada en el control de procesos que se desarrolló en la década de los 60´s teniendo a Kalman, [2] y Luenberger, [3] como pioneros de este campo. En este sentido y en el ámbito del control moderno, los procesos dinámicos se modelan mediante la definición de estado: en particular en el texto de Domínguez et. al. [4] se define el concepto de estado de la siguiente manera:

"Se define estado de un sistema como la mínima cantidad de información necesaria para que, en un instante, se conozca la entrada y de este modo se pueda determinar cualquier variable del sistema en cualquier instante posterior"

En este sentido la representación general de un sistema dinámico diferencial es el siguiente:

$$\dot{\mathbf{x}}(\mathrm{t}) = \mathbf{f}\big(\mathrm{t}, \mathbf{x}(\mathrm{t}), \mathbf{u}(\mathrm{t})\big) \quad (1)$$

$$\mathbf{y}(\mathrm{t}) = \mathbf{h}\big(\mathrm{t}, \mathbf{x}(\mathrm{t}), \mathbf{u}(\mathrm{t})\big) \quad (2)$$

f y h son funciones vectoriales no lineales típicas en el modelado de plantas químicas. La primera representa a la planta en sí; mientras tanto h representa el vector de funciones de medición. En una primera aproximación. Simplificando el sistema en una representación lineal se tiene:

$$\dot{\mathbf{x}}(\mathrm{t}) = \mathbf{A}(\mathrm{t})\mathbf{x}(\mathrm{t}) + \mathbf{B}(\mathrm{t})\mathbf{u}(\mathrm{t}) \quad (3)$$

$$\mathbf{y}(\mathrm{t}) = \mathbf{C}(\mathrm{t})\mathrm{x}(\mathrm{t}) + \mathbf{D}(\mathrm{t})\mathbf{u}(\mathrm{t}) \quad (4)$$

Las matrices (de funciones) A(t), B(t), C(t) y D(t) en (3-4) reciben nombres especiales: a A(t) se le llama matriz de estados, a B(t) matriz de entradas o controles, a C(t) matriz de salidas desde los estados y a D(t) matriz de salidas desde las entradas o controles. Con frecuencia D(t) es la matriz cero y en tales casos se dice que C(t) es la matriz de salidas.

Un diagrama típico que representa este sistema es el que se muestra en la Figura 1.

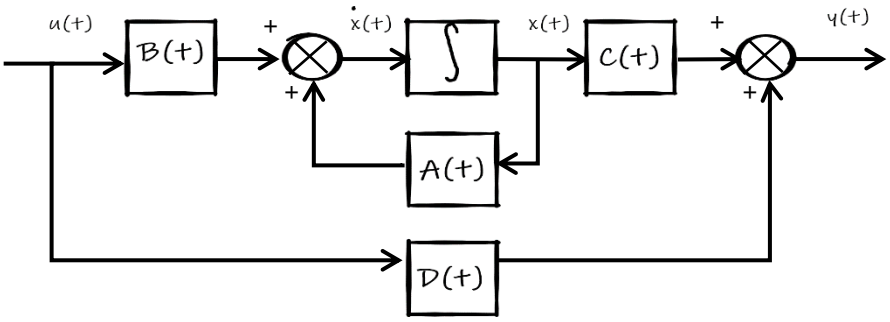


Figura 1. Representación lineal de un problema típico de estados de un proceso, en diagrama de bloques.

Este esquema se denomina filtro Kalman extendido (EKF), y representa una modificación del original filtro Kalman [2], así que aproxima la distribución de probabilidad real del estado x en cada dt de integración por una distribución gaussiana, de este modo, el primer momento (media) se propaga a partir del modelo no lineal. Mientras que el segundo momento (o varianza) se propaga a través de la

versión linealizada del modelo. Sin embargo, si el modelo es altamente no lineal, puede aproximar con discrepancias y por ende su desempeño no es adecuado. Finalmente, el cálculo frecuente de la matriz jacobiana es un inconveniente desde el punto de vista de su implementación.

De manera paralela, la supervisión, control y monitoreo de bioprocesos permite la optimización de la operación y de ser necesario la detección de condiciones anormales. Sin embargo, muy pocas plantas funcionan de esta manera, Dochain [5] atribuye lo anterior a los siguientes factores:

1. Los modelos que representan este tipo de procesos no son estáticos, un modelo de crecimiento microbiano se ve afectado por cambios del metabolismo de los microorganismos o alguna modificación genética, estas causas no pueden analizarse desde un punto de vista macroscópico.

2. La mayoría de las ocasiones se carece de sondas de tal especificidad que puedan monitorear en línea un bio-proceso en su totalidad, por tanto, la mayoría de las mediciones deben realizarse en laboratorios

Las razones anteriores limitan las estrategias de control. Sin embargo, a pesar de las problemáticas planteadas en el primer factor. El empleo de un modelo permite la predicción de las variables de un proceso, sobre todo cuando existe un disturbio, es decir, cuando el proceso abandona su régimen de operación, bajo estas condiciones, la predicción de las variables a diferentes tiempos, empleando un modelo que toma información de las mediciones en línea; se conoce como estimación de estados. Sí la estimación se realiza en tiempo presente se conoce como filtro. La amplia demanda de esta herramienta en el área de la biotecnología le ha conferido el nombre de sensor de software (“software sensor” nombre común en la literatura internacional [6]).

Existen muchos trabajos de sensor de software ya sea filtro Kalman [7] o estimadores de tipo no lineal [8], con amplia aplicación en los diversos campos de la ingeniería Química y bioquímica [9], [10]. Actualmente, existen esquemas de filtros más versátiles y fáciles de implementar; en este contexto destaca el Filtro Kalman sin rastro (UKF) propuesto por Julier y Uhlmann [11] y mejorado por Wan y Van Der Merwe [12]. En poco tiempo, la aplicación del algoritmo ha crecido de manera exponencial, Asimismo, la implementación de este filtro en el campo biotecnología no es la excepción de manera que en el presente trabajo se desarrolla un UKF para la fermentación láctica, con miras a implementar el UKF en el biorreactor de la institución.

Metodología

Desarrollo de un UKF

Un biorreactor es un recipiente que contiene una suspensión de microorganismos con un metabolismo determinado, de este modo, transforma los sustratos en productos de utilidad, su diseño debe ser tal, que asegure homogeneidad entre los componentes del sistema y condiciones óptimas para el crecimiento microbiano y la obtención del producto deseado. Para lograr este objetivo, el biorreactor es instrumentado con una variedad de dispositivos instalados para monitorear y controlar las condiciones ambientales, tales como las tasas de flujo de gas (por ejemplo, aire, oxígeno, nitrógeno y dióxido de carbono), temperatura, pH y la concentración de oxígeno disuelto. Por lo general, las concentraciones de sustrato son monitoreadas mediante análisis de laboratorio con muestreos de tipo discreto. Para superar esta limitación, un observador podría utilizarse para determinar esta variable a partir de mediciones de pH, incluso en el mercado han aparecido sondas de biomasa.

Sobre este marco el EKF es un estimador de estados óptimo que infiere el vector del estado (el acento circunflejo representa la estimación de Estados), que consiste en un modelo de proceso. Además, demanda al menos una medición en línea (y). Las ecuaciones (1) y (2) son agregadas al filtro de acuerdo con la siguiente expresión:

$$\frac{d\hat{x}}{dt} = \hat{\boldsymbol{F}}(\hat{\boldsymbol{x}}) + \boldsymbol{K}\left(\mathbf{y} - \hat{\mathbf{h}}(\hat{\mathbf{x}})\right) \quad (5)$$

K es la ganancia de la matriz del filtro, que modifica proporcionalmente el error generado entre las mediciones física establecida por una medida y la estimación de estado (y- $\hat{\mathrm{h}}(\hat{\mathrm{x}})$). Donde $\hat{\mathrm{y}} = \hat{\mathrm{h}}(\hat{\mathrm{x}})$ es la medición virtual que arroja el sensor de software. En este contexto K se calculará mediante la implementación del UKF.

Modelo considerado

En el marco de una estimación recursiva para la implementación del filtro Kalman sin rastro (UKF); el cálculo de K se realiza a partir de generar una serie de puntos en torno a una valor $\hat{\mathrm{x}}_0$ denominados puntos sigma, esta serie de puntos por si misma genera un valor promedio de $\hat{\mathrm{x}}_i(t)$ y $\hat{\boldsymbol{y}}_i(\mathrm{t}) = \boldsymbol{h_i}\left(\mathrm{t}, \hat{\mathrm{x}}_i(\mathrm{t}), \hat{\mathrm{u}}_i(\mathrm{t})\right)$, estos promedios permiten el cálculo de la varianza de esos puntos P y también de la covarianza. La Tabla 1 en el anexo, muestra el procedimiento de cálculo.

En este contexto $\hat{\mathbf{F}}(\hat{\mathbf{x}})$ es tomado de la literatura en particular el modelo generado por Lombardi et al [1], quienes establecen una tasa de generación de biomasa (x) utilizando el modelo de Monod limitado por sustrato (S) e inhibido por la concentración de producto (P), además de una tasa de mortandad [13]:

$$\frac{\mathrm{dx}}{\mathrm{dt}} = \mu_{\max}\left(\frac{\mathrm{S}}{\mathrm{K_s}+\mathrm{S}}\right)\mathrm{e}^{-\mathrm{k_i P}}\mathrm{x} - \mathrm{k_d x} \quad (6)$$

Se observa que la velocidad de crecimiento microbiano (primer término de la derecha) posee el estado completo [x,S,P]. Donde μ_{max}, $\mathrm{m_{máx}}$ y k_d tienen los siguientes valores [0.455, 0.388, 0.021] en $\mathrm{h^{-1}}$respectivamente; además K_s=3.0 (g/l) y $k_i = 0.051\ (\mathrm{l/g})$. Por otra parte, se propone una velocidad de consumo de sustrato de acuerdo con el modelo Pirt, agregando un término de consumo de sustrato utilizado para otro propósito diferente a la producción de biomasa

$$\frac{\mathrm{dS}}{\mathrm{dt}} = -\left[\frac{\mu_{\max}}{\mathrm{Y_{x/S}}}\left(\frac{\mathrm{S}}{\mathrm{K_s}+\mathrm{S}}\right)\mathrm{e}^{-\mathrm{k_i P}}\mathrm{x} + \mathrm{m_{max}}\left(\frac{\mathrm{S}}{\mathrm{K_s}+\mathrm{S}}\right)\mathrm{x}\right] \quad (7)$$

$\mathrm{m_{máx}}$ es la tasa especifica máxima de consumo por mantenimiento y $\mathrm{Y_{S/X}}$ =2.43 (g/g) es coeficiente de rendimiento sustrato a biomasa respectivamente. Finalmente, de acuerdo con la ecuación (1) y (2) la tasa de producción de ácido láctico queda establecida de la siguiente manera

$$\frac{\mathrm{dP}}{\mathrm{dt}} = \mathrm{Y_{P/S}}\left[\frac{\mu_{\max}}{\mathrm{Y_{x/S}}}\left(\frac{\mathrm{S}}{\mathrm{K_s}+\mathrm{S}}\right)\mathrm{e}^{-\mathrm{k_i P}}\mathrm{x} + \mathrm{m_{max}}\left(\frac{\mathrm{S}}{\mathrm{K_s}+\mathrm{S}}\right)\mathrm{x}\right] \quad (8)$$

Donde $\mathrm{Y_{P/S}}$= 0.87 (g/g) es el coeficiente de rendimiento de producto a sustrato. Las condiciones iniciales de [x; S; P] son [0.5; 83; 2.9 g/l] respectivamente. Los valores de los parámetros fueron tomados de [1].

Resultados y discusión

Antes de llevar acabo las simulaciones, se realizó el cálculo de la matriz de Observabilidad [14]: $[C^T \vdots J^T C^T \vdots (J^T)^2 C^T]$ donde C=[1 0 0] significa medir biomasa (x), J es el jacobiano de la función no lineal. Con esta información se comprobó que el rango de la matriz se mantuvo en 3. La misma respuesta fue obtenida para el segundo caso estudiado en este trabajo, donde C=[0 0 1] que significa utilizar la medición del ácido láctico (P, recordar la posición de los estados en el vector [x; S; P]) Una vez establecida esta situación se realizaron simulaciones. Se agregaron las siguiente condiciones iniciales para el observador $[\hat{x}(0) = 0.1;\ \hat{S}(0) = 70;\ \hat{P}(0) = 0]$ finalmente las

 ISSN 2007-8102

covarianzas tiene los siguientes valores iniciales $P_0 = (diagonal\ de\ la\ matriz[0.125^2 0.125^2 0.25^2])$, las de medición $R = 0.25^2$, las de ruido de proceso $Q = diag([0.005\text{^}2/0.5\ 0.005\text{^}2/0.5\ 0.1\text{^}2/0.5])$. Estos valores se encuentran en el intervalo de valores seleccionados en [7] y [15] la primera para un fotobiorreactor con algas y la segunda para una cinética no lineal. Tanto para el sistema y su vínculo con el UKF se utilizó Matlab 2019b (The MathWorks Inc.). El algoritmo empleado se muestra en la Tabla 1 en el anexo del presente trabajo.

Propuesta 1. Medir la concentración de biomasa y estimar el sustrato y el ácido láctico

Los resultados del uso hipotético de una sonda de biomasa para observar el resto del estado se muestran en la Figura 1. Se observa en la gráfica superior izquierda la comparativa de x (azul) y $\hat{x}$ (verde) describen el error mostrado en la ecuación 5. Observando el segundo término de la ecuación mencionada, se encuentra que su resta tiende a cero a medida que evoluciona el tiempo, esto permite una convergencia asintótica en el sustrato y el ácido láctico o producto, como se observa en la 1a y 1b; representando el comportamiento dinámico del sustrato y el producto respectivamente.

También es posible observar que la convergencia de la observación del producto (Figura 1c) es muy visible en comparación con la observación del sustrato. Sin embargo, el uso de una sonda de biomasa en línea se ve impedido por los costos de este instrumento.

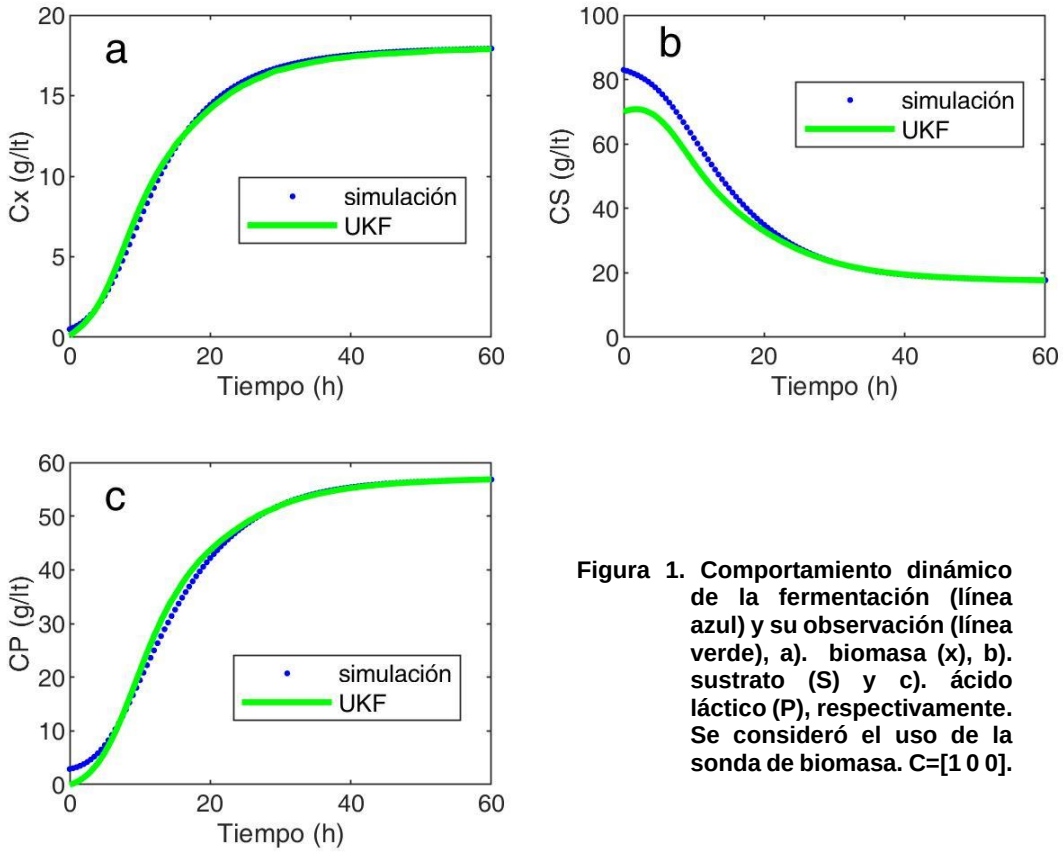


Figura 1. Comportamiento dinámico de la fermentación (línea azul) y su observación (línea verde), a). biomasa (x), b). sustrato (S) y c). ácido láctico (P), respectivamente. Se consideró el uso de la sonda de biomasa. C=[1 0 0].

 ISSN 2007-8102

Propuesta 2. Medir la concentración del ácido láctico para estimar biomasa y sustrato.

En la Figura 2 se muestra la segunda alternativa medir el pH para determinar la concentración del producto que posee una naturaleza ácida, todo se mantuvo igual excepto C=[0 0 1] , que representa el cambio de sonda. De este modo se muestra en la gráfica inferior de la Figura 2c. ahora el error se establece entre la medición del producto P (azul) y el valor del producto estimado $\widehat{P}$ (verde); por esta razón las gráficas se traslapan, comprobando nuevamente que esta combinación de la sonda con el proceso permitiría observar adecuadamente cualquier condición anómala que pudiera presentarse.

Lo anteriormente enunciado se muestra al analizar las dos graficas superiores (Figura 2a y 2b), en ambas se observa convergencia asintótica, pero, comparado con la observación de la sonda de la Figura 1; se muestran mejores comportamientos con la sonda de biomasa que con la medición del pH; pero esta última es más flexible y de más bajo costo, además debe considerarse que la mayoría de las ocasiones las sonda son proporcionales al volumen de operación. Por este motivo se arrancará el biorreactor existente en la institución con la implementación de la sonda de pH y se evaluará su desempeño.

Esto en una etapa de implementación es crucial pues permite orientar los recursos a otros bienes diferentes a la compra de una sonda de biomasa. Este es el principal propósito del presente trabajo que es el inicio de una implementación *in situ* del observador.

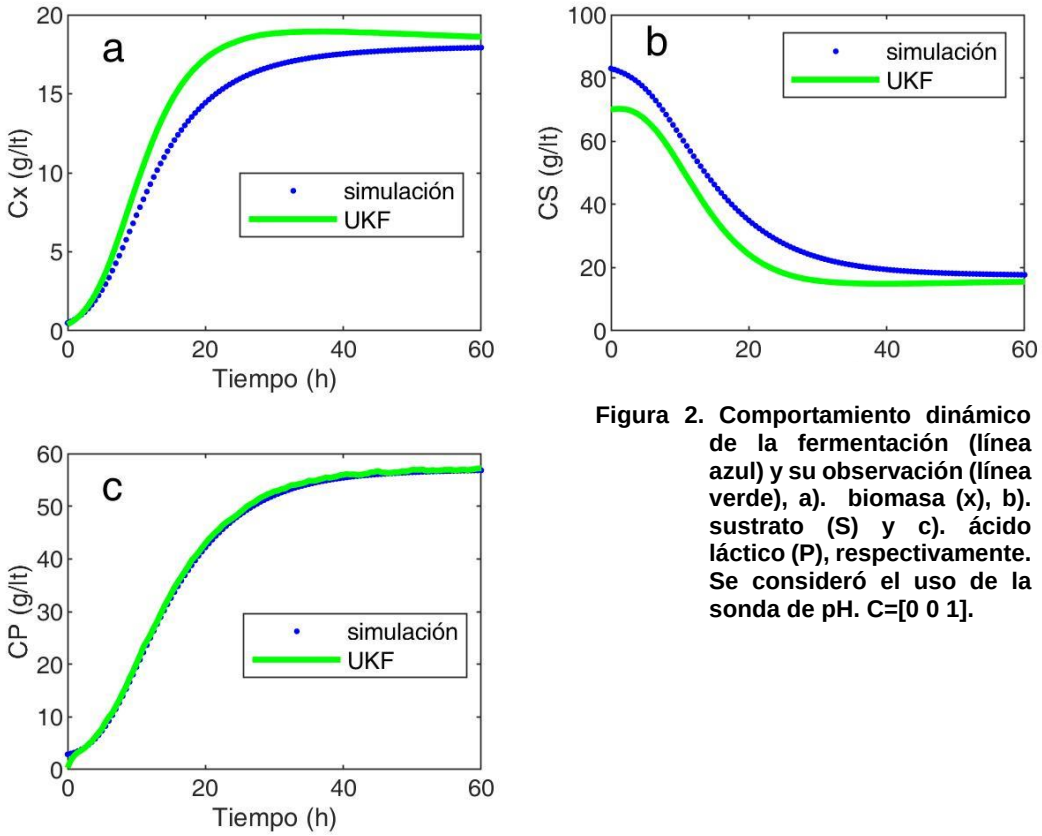


Figura 2. Comportamiento dinámico de la fermentación (línea azul) y su observación (línea verde), a). biomasa (x), b). sustrato (S) y c). ácido láctico (P), respectivamente. Se consideró el uso de la sonda de pH. C=[0 0 1].

Trabajo a futuro

Las simulaciones realizadas permiten establecer que la determinación del pH para estimar el complemento del estado es una propuesta factible y la implementación en la experimentación será exitosa, sin embargo, se deben considerar las siguientes actividades: (1) Utilizar otros esquemas de observación como el filtro Kalman extendido [14] o el observador de Luenberger [3]. (2) Considerar el modo de operación continuo (3) Mejorar la convergencia mediante la optimización K y las desigualdades matriciales lineales (por sus siglas LMI). (4) Diseñar un conjunto de sensores de software para establecer un control sujeto a fallas tanto de las sondas como de los actuadores. (5) implementar el observador en el biorreactor existente en la institución.

Conclusiones

Los resultados muestran que el empleo de un UKF en fermentaciones lácticas es una buena opción para implementar un sensor de software, en una primera instancia se implementará la operación del biorreactor existente en el laboratorio para montar un circuito de observación con la sonda de pH y analizar los resultados con análisis paralelos de biomasa y sustrato para evaluar la efectividad de este diseño. Si no es lo adecuada que se espera. Se evaluará la opción de utilizar en una segunda instancia la sonda de biomasa y realizar un procedimiento similar al descrito con la sonda de pH.

Agradecimientos

Francisco Caballero agradece el financiamiento para el presente trabajo, mediante el apoyo del Programa **UNAM-DGAPA-PAPIIT TA100919**.

Referencias

[1] M. Lombardi, K. Fiaty y P. Laurent, “Implementation of observer for on-line estimation of concentration in continuous-stirred membrane bioreactor: Application to the fermentation of lactose,” Chem. Eng. Sci. vol. 54. pp. 2689-2696, 1999.

[2] R. Kalman, “A new approach to linear filtering and prediction problems,” *J. Basic Eng*. Vol.82, pp. 35–45. 1960.

[3] D. Luenberger, “Observers for multivariable systems,” *IEEE Trans. Autom. Control*. vol. 11, pp. 190–197. 1966.

[4] S. Domínguez, P. Campoy, J. M. Sebastián, A. Jiménez, Control en el espacio de estado. Madrid: Prentice-Hall, 2011.

[5] D. Dochain, “State and parameter estimation in chemical and biochemical process: a tutorial,” *J. Process Control*. vol. 13, pp. 801-818. 2003

[6] G. Bastin y D. Dochain, On-line Estimation and Adaptive Control of Bioreactors. Netherlands: Elsevier science, 2013.

[7] J. Li, N. S. Xu, W. W. Su, “Online estimation of stirred tank microalgal photobioreactor cultures based on dissolved oxygen measurement,” *Biochem. Eng. Journal.* Vol. 14, pp. 51-65. 2003.

[8] G. Cicarella, M. Dalla-Mora, and A Germani, “A Luenberger-Like Observer for nonlinear Systems,” *System and control letters*, vol. 20, pp. 373-382, 1993.

[9] M. Mangold, A. Bück, R. Schenkendorf, C. Steyer, A. Voigt, K. Sundmacher, “Two state estimators for the barium sulfate precipitation in a semi-batch reactor,” *Chem. Eng. Sci*. Vol. 64, pp. 646 – 660, 2009.

[10] Y. Pomerleu, M. Perrier, “Estimation of multiple specific growth rates in bioprocess,” *AIChE Journal*. Vol. 36, pp. 207-215, 1990.

[11] S. J. Julier y J. K. Uhlmann, "New extension of the Kalman filter to nonlinear systems," Proc. SPIE 3068, Signal Processing, Sensor Fusion, and Target Recognition VI., 1997, pp.182-193.

[12] E. A. Wan and R. Van Der Merwe, "The unscented Kalman filter for nonlinear estimation," Proceedings of the IEEE 2000 Adaptive Systems for Signal Processing, Communications, and Control Symposium., 2000, pp. 153-158.

[13] A. Bouguettoucha, B. Balannec y A. Amrane, "Unstructured Models for Lactic Acid Fermentation –A Review," *Food Technol. Biotechnol*. Vol. 49, no. 1, pp. 3–12, 2011.
[14] W. H. Ray, Advanced Process Control. USA: McGraw-Hill Inc. 1981.
[15] C. V. Rao y J. B. Rawlings, "Constrained process monitoring: Moving-Horizon approach," AICHE Journal. Vol. 48, pp. 97-109, 2002.

Anexo

Tabla 1. Algoritmo de cálculo para la generación de los puntos sigma en la implementación del filtro de Kalman Sin rastro (Unscented).

0. Inicio $\hat{x}_0 = \hat{x}_{k-1}$;
$P_0=P_{k-1}$
1. Generación de puntos sigma $\chi_{k-1}^{(i)} = \hat{x}_{k-1} + \eta\sqrt{P_{k-1}(+)_i} \qquad i = 1,\dots,L$
$\chi_{k-1}^{(i)} = \hat{x}_{k-1} - \eta\sqrt{P_{k-1}(+)_i} \qquad i = n_D+1,\dots,L$
2. Predicción $\chi_k^{(i)} = f(\chi_{k-1}^{(i)}, u_{k-1}^{(i)})$
$\bar{x}_k = \sum_0^{2n} W_i^{(m)} \chi_k^{(i)}$
$P_k(-) = \sum_0^{2n} W_i^{(c)}\left[(\chi_k^{(i)} - \bar{x}_k)(\chi_k^{(i)} - \bar{x}_k)^T\right] + Q$
3. Actualización $\gamma_k^{(i)} = g(\chi_{k-1}^{(i)}, u_{k-1}^{(i)})$
$\bar{\boldsymbol{y}}_{\boldsymbol{k}} = \sum_0^{2n} W_i^{(m)} \gamma_k^{(i)}$
$P_{yy} = \sum_0^{2n} W_i^{(c)}\left[(\gamma_k^{(i)} - \bar{x}_k)(\gamma_k^{(i)} - \bar{x}_k)^T\right] + R$
$P_{xy} = \sum_0^{2n} W_i^{(c)}\left[(\chi_k^{(i)} - \bar{x}_k)(\gamma_k^{(i)} - \bar{x}_k)^T\right] + Q$
$K = P_{\boldsymbol{xy}} * {P_{yy}}^{-1}$
$\hat{x}_k = \bar{x}_k - K(y_k - \bar{\boldsymbol{y}}_k)$
$P_k = P_k(-) + K * P_{yy} * K^{-1}$ Regresar al paso 1 en un dt

Efectos de la contaminación atmosférica sobre la mortalidad diaria en el Área Metropolitana de Monterrey

R.M. Cerón [1], N. Moreno[1], I.Guitrón[1], J.A. Chairez[1], S.P. Alcocer[2]*

[1] Universidad Autónoma del Carmen.Facultad de Química. Ciudad del Carmen, Campeche.
[2]Universidad Autónoma de Yucatán. Facultad de Ingeniería Química. Merida, Yucatán.

rosabreton1970@gmail.com

***Área de participación**: Ingeniería Química*

Resumen

Los efectos a corto plazo de la contaminación del aire sobre la salud de los residentes del Área Metropolitana de Monterrey fueron evaluados utilizando una aproximación de series de tiempo. La mayoría de los contaminantes y municipios mostraron un gran número de asociaciones entre un incremento del 10% en sus concentraciones actuales y la mortalidad diaria, especialmente para personas >60 años. Diferentes escenarios resultantes del cambio climático fueron evaluados, pero sólo el incremento de 5°C en la temperatura media diaria mostró una asociación significativa con los contaminantes atmosféricos y la mortalidad; obteniéndose incrementos altamente significativos en los valores de índice de riesgo relativo cuando las personas > 60 años fueron consideradas. Este estudio demostró que la población de la tercera edad en esta región se encuentra amenazada no sólo por la contaminación atmosférica, sino también por los posibles escenarios de temperaturas extremas inducidos por el cambio climático.

Palabras clave: *índice relativo de riesgo; mortalidad; contaminantes atmosféricos; Monterrey*

Abstract

Short-term effects of air pollution on health of population of Metropolitan Area of Monterrey were assessed by using a time-series approach. The most of pollutants and municipalities showed a great number of associations between an increase of 10% in their current concentrations and mortality; especially for people>60 years. Different scenarios resulting from climatic change were assessed, but only the increase of 5°C in daily mean temperature showed a significant association with atmospheric pollutants and daily mortality; obtaining significant increases in the values of relative risk index when people>60 years were considered. This study demonstrated that elderly in this region is strongly threatened not only by atmospheric pollution but also by possible scenarios of extreme temperatures induced by climatic change.

Key words: *relative risk index; mortality; atmospheric pollutants; Monterrey*

Introducción

La contaminación del aire constituye el principal factor de riesgo para la salud humana en lo que respecta a padecimientos cardiovasculares y respiratorios [1]. Los altos niveles de contaminantes atmosféricos tienen efectos tanto a corto como a largo plazo sobre la salud humana, que pueden conducir a un incremento en la morbilidad y en el número de muertes. Los efectos de los contaminantes criterio sobre la salud humana son bien conocidos [1-5]. En años recientes, los estudios epidemiológicos han documentado una asociación entre la exposición a corto y largo plazo a la contaminación del aire y un incremento en el riesgo de morbilidad y mortalidad [1, 6-9]. Además de los altos niveles de contaminación atmosférica, las temperaturas extremas también pueden ser una amenaza para la salud pública y estar relacionadas con la mortalidad, especialmente de grupos vulnerables. Efectos devastadores relativos tanto a ondas de calor como a tormentas invernales han

sido documentadas [10]. El cambio climático futuro es considerado como una de las amenazas más serias tanto para la salud humana como para su estilo de vida. A causa del cambio climático inducido por el efecto invernadero, existe un incremento en la temperatura media anual (es decir, un incremento tanto en la magnitud como en la frecuencia de días muy cálidos) y en su variabilidad [11]. En el caso de la asociación entre la mortalidad diaria y la temperatura, su asociación tiene típicamente una forma de "U": es decir, el riesgo de mortalidad es elevado a bajas temperaturas, de ahí se tiene un punto de inflexión, y posteriormente, el riesgo vuelve a incrementar conforme las temperaturas son más elevadas [12]. La estimación de la población vulnerable depende de la estimación de la población en el futuro, de su distribución, y de su habilidad para adaptarse. Por lo tanto, este efecto podría ser diferente dependiendo de los patrones del clima, de la latitud y de los niveles de contaminación presentes [13]. Desafortunadamente, estudios en países en desarrollo sobre la asociación entre temperaturas extremas, la contaminación del aire y la mortalidad, son escasos.

Varios autores han reportado una asociación significativa entre el calor y la mortalidad diaria, con alguna heterogeneidad en sus resultados, dependiendo de las características de la población local y del clima. Li *et al* [13] y Chen *et al* [14] reportaron que el efecto de los contaminantes del aire sobre la mortalidad es modificado por la temperatura, con los efectos más significativos durante el verano, especialmente para PM_{10}, $PM_{2.5}$ y O_3. Se han reportado efectos sinérgicos entre el calor y la contaminación atmosférica sobre la morbilidad [15-16]; mientras que, los efectos de la temperatura del aire sobre la mortalidad y morbilidad sensibles al clima son mayores en la población de la tercera edad. Se ha demostrado que existen grupos de población que son más susceptibles a estos efectos, tales como los ancianos, y personas con una condición de salud pre-existente [17]. Yu *et al* [18] reportaron un riesgo mayor para la mortalidad por todas las causas inducida por el calor (2-5% por un incremento de 1°C en la temperatura) en la población mayor a 65 años, en comparación con la mortalidad por todas las causas inducida por el frío para ese mismo grupo de población (1-2 % por un decremento de 1°C en la temperatura). A pesar de su importancia, en México no se tiene suficiente información sobre este tema, por lo tanto, el presente estudio tiene como objetivo proporcionar conocimiento sobre los efectos a corto plazo de los contaminantes criterio del aire (CO, SO_2, NO_2, O_3, y PM_{10}) sobre la mortalidad diaria en el Área Metropolitana de Monterrey (AMM) en México, presentando un caso de estudio en el cuál se demuestra cómo estos efectos podrían verse modificados por temperaturas elevadas como resultado de un escenario de cambio climático.

Materiales y Métodos

Área de Estudio: A pesar de que el Área Metropolitana de Monterrey (AMM) no tiene un clima extremo, las altas temperaturas son frecuentes durante el verano; por lo tanto, las ondas de calor (días cálidos) y la ocurrencia regular de concentraciones de contaminantes del aire excediendo los valores de referencia de la norma podrían tener efectos sinérgicos sobre la salud de la población. De acuerdo a Köppen y Geiger, el clima en Monterrey está clasificado como BSh, que corresponde a Cálido-semiárido. La temperatura promedio anual es de 22°C, con una precipitación promedio anual de 604 mm, sin embargo, las temperaturas más altas ocurren entre Mayo y Agosto, alcanzando entre 37 y 43 °C. Adicionalmente, durante Julio y Agosto, el fenómeno conocido como sequía de medio verano o canícula ocurre comúnmente, y se caracteriza por la falta de precipitación y calor constante. Por otro lado, las temperaturas más bajas ocurren durante Diciembre y Enero (entre 8 y 9°C), sin embargo, temperaturas tan bajas como -7.5°C han sido reportadas en eventos esporádicos en los cuáles la escarcha y la nieve pueden ocurrir. Monterrey es la tercera Área Metropolitana más poblada en México, y está constituida por 8 municipios: Cadereyta, Escobedo, García, Guadalupe, Monterrey, Salinas Victoria, San Nicolás de los Garza y Santa Catarina; con una población total de 4, 437, 646 habitantes, y con un desarrollo urbano e industrial que ha resultado en un incremento en los niveles de contaminación atmosférica [19].

Datos de Salud: Los datos epidemiológicos sobre mortalidad fueron obtenidos del Sistema Nacional de Información de Salud (SINAIS). Las variables seleccionadas fueron: año, mes y día de ocurrencia, municipio de residencia, causa de muerte, sexo y grupo de edad del fallecido. Las muertes que ocurrieron fuera del AMM fueron excluidas. La población de estudio fue agrupada por género y por grupo de edad: < 1 año, 1–4 años, 5–59 años, 60–74 años, y > 75 años. Las causas de muerte consideradas en este estudio fueron categorizadas de acuerdo a la Clasificación Internacional de Padecimientos (ICD10, por sus siglas en inglés) como: 1) Padecimientos respiratorios (de J00 a J99); 2) Padecimientos cardiovasculares (de I00 a I99); y 3) Todas las causas:

otras causas además de los padecimientos respiratorios y cardiovasculares, excluyendo suicidios, muertes violentas y accidentales.

Mediciones de contaminación del aire: Mediciones diarias de SO_2, CO, NO_2, O_3, y PM_{10} fueron obtenidas de la Red de Monitoreo de la Calidad del Aire de Nuevo León (SIMA) del 1 de Enero de 2012 al 31 de Diciembre de 2015. Todos los datos estuvieron sujetos a un proceso de validación, excluyendo datos de estaciones de monitoreo con menos del 75% de los datos completos para al menos un contaminante durante el periodo de estudio. Los valores faltantes fueron completados utilizando el método de imputación múltiple MCMC y la aproximación NIPALS utilizando el software XLSTAT (https://www.xlstat.com/en/). La calidad del aire fue evaluada mediante su comparación con los valores de referencia establecidos en la normatividad vigente correspondiente a cada contaminante criterio, y la prueba de Friedman fue usada para determinar si hubo o no diferencias significativas en las concentraciones medias de los contaminantes criterio entre los diferentes municipios.

Variables confusoras utilizadas: La temperatura y la humedad relativa fueron usadas como variables confusoras en los dos casos de estudio. El primer caso, para evaluar el efecto de un incremento en el futuro de la contaminación del aire en MAM sobre la mortalidad diaria, con escenarios en los cuales, la concentración diaria de los contaminantes criterio incrementa en un 10% con respecto a su concentración actual. El segundo caso, un escenario de cambio climático en el cuál, la respuesta a la contaminación atmosférica es modificada por temperaturas elevadas y considerando un sub-grupo de población susceptible.

Estimación de la asociación entre la contaminación atmosférica y la mortalidad diaria. La metodología utilizada en este trabajo ha sido descrita anteriormente por Cerón et al [9]. Para llevar a cabo el análisis estadístico, se consideraron las siguientes variables:

a) Variables de respuesta: Número de muertes registradas para cada municipio durante el periodo de estudio.
b) Variables explicativas: Contaminantes criterio (concentraciones promedio diarias de SO_2, CO, NO_2, O_3 y PM_{10} para cada municipio durante el periodo de estudio) y variables meteorológicas (valores promedio diarios de temperatura y humedad relativa para cada municipio durante el periodo de estudio).
c) Variables de control: Esto se llevó a cabo introduciendo un indicador de estacionalidad considerando dos estratos: meses fríos y meses cálidos.
d) Variables confusoras: Valores promedio diarios de temperatura y humedad relativa.
Un Análisis de Componentes Principales (PCA) fue aplicado a las series de datos promedio diarios de mortalidad, contaminantes criterio y variables meteorológicas para evaluar las asociaciones entre variables. A partir de las gráficas biplot, los componentes principales contribuyendo al porcentaje más alto de la variabilidad de los datos fueron identificados y las series de tiempo de mortalidad diaria fueron suavizadas. Para explicar las fluctuaciones en el número de muertes diarias con respecto a las variables explicativas y confusoras, un modelo de regresión de Poisson fue construido de acuerdo a la metodología descrita por los proyectos APHEA y EMECAM [8,10, 20], aplicando una Regresión Lineal Múltiple (MLR), funciones de auto-correlación entre los residuales y correlaciones cruzadas a todas las variables de estudio (para cada causa de muerte y para cada contaminante). A partir del modelo basal, una ecuación fue obtenida para determinar la magnitud de la asociación entre la mortalidad diaria y la variación de los niveles promedio diarios de contaminación atmosférica, utilizando la misma metodología que la reportada por Cerón *et al* [9]. Las variables seleccionadas para ser incluidas en el modelo basal fueron aquéllas que contribuyeron de modo significativo a la variabilidad de la variable dependiente (mortalidad diaria). Este procedimiento fue aplicado considerando todas las causas, grupo de edad, y causa específica de muerte. Adicionalmente, las variables meteorológicas fueron retardadas hasta por 7 días. En los casos en los cuales, las variables independientes influyeron significativamente sobre la variable de respuesta (para un 95% de intervalo de confianza y $p < 0.05$), este efecto fue evaluado por el coeficiente beta (β) de cada variable independiente. A partir del modelo basal, los valores del coeficiente β fueron obtenidos y utilizados para estimar los índices relativos de riesgo (RRI) tal como lo reportó Cerón *et al* [9].
El siguiente paso fue generar diferentes escenarios en los cuales, las concentraciones promedio de cada contaminante atmosférico incrementa en un 10% (uno a la vez, y conservando el resto de las variables sin cambio), obteniendo valores de β y de RRI para la mortalidad diaria atribuida a todas las causas, causas respiratorias y causas cardiovasculares (>60 años). Adicionalmente, para evaluar el efecto de la modificación inducida por calor como resultado del cambio climático, escenarios

adicionales fueron generados, considerando incrementos de 5, 10, 15, 20, y 25% en la temperatura media diaria. De nuevo, las variables restantes se mantuvieron sin cambio, y valores de β y de RRI para la mortalidad fueron obtenidos, considerando todas las causas, causas respiratorias y causas circulatorias. Ambos procedimientos fueron llevados a cabo para cada contaminante y para cada municipio considerado en el estudio.

Resultados

Evaluación del Impacto a la salud

Base de datos de salud: Los municipios que mostraron la contribución relativa más alta a la mortalidad diaria total durante el periodo de estudio fueron Monterrey, Guadalupe y San Nicolás de los Garza. Considerando todas las causas y género, en todos los municipios, excepto Escobedo, Cadereyta y García, las mujeres mayores de 75 años mostraron el número más alto de muertes en comparación con los hombres. Una mortalidad más alta por causas respiratorias en personas mayores a 75 años fue observada, siendo más alta en hombres. Finalmente, la mortalidad por causas circulatorias en personas mayores de 75 años fue más alta en mujeres.

Base de datos de exposición: La calidad del aire fue evaluada para cada municipio mediante la comparación de las concentraciones máximas diarias para cada contaminante criterio con el límite máximo permisible establecido en la normatividad vigente correspondiente (Figura 1). Considerando todo el periodo, Santa Catarina fue el municipio con la concentración promedio más alta para SO_2 (7.25 ppb) mientras que Guadalupe mostró el valor máximo más elevado. En el caso de CO, Guadalupe fue el municipio con la concentración media más alta (1.1630 ppm), mientras que Guadalupe y San Nicolás de los Garza mostraron los valores máximos más altos. Santa Catarina mostró la concentración promedio más elevada para NO_2 (18.2669 ppb) y el valor máximo más elevado. Con respecto a O_3, García fue el municipio que registró la concentración media más elevada (27.2217 ppb), mientras que Guadalupe y Escobedo presentaron los valores máximos más altos. Finalmente, la concentración media más alta para PM_{10} fue registrada en García (88.5302 μg/m^3), siendo García y Escobedo los municipios con los valores máximos más elevados. Todos los municipios en el AMM excedieron el límite máximo permisible establecido en la normatividad para O_3 y PM_{10} (Figura 1).

Asociación entre contaminantes atmosféricos y la mortalidad diaria: Fue necesario llevar a cabo un análisis de sensibilidad para identificar el mejor ajuste a las funciones suavizadas y para reducir los residuales. Las variables confusoras como temperatura y humedad relativa fueron evaluadas considerando retardos de 1 a 7 días.

Análisis Multivariado y regresión Lineal Múltiple: A partir del análisis PCA considerando todas las causas, la mortalidad diaria mostró factores significativos para García con PM_{10} y temperatura. En el caso de Guadalupe, O_3 y temperatura mostraron una asociación significativa con las muertes diarias. Por otro lado, Monterrey presentó factores con las cargas más altas para mortalidad diaria con CO, humedad y temperatura. En el caso de San Nicolás de los Garza, NO_2, CO y humedad relativa estuvieron significativamente asociados con mortalidad diaria, mientras que en el caso de Santa Catarina, CO y humedad relativa mostraron una asociación significativa con la mortalidad diaria. A partir del análisis MLR para todas las causas, se encontró que Guadalupe (R^2=0.5225) y Monterrey (R^2=0.6810) mostraron los coeficientes más altos, sugiriendo que, en estos municipios, las variables explicativas (SO_2, CO, NO_2, O_3, PM_{10},) explicaron el 52.25% y 68.10%, respectivamente, de la variabilidad de la mortalidad diaria.

A partir del análisis bivariado, se encontró que en el caso de SO_2, sólo Santa Catarina mostró un coeficiente de correlación de Pearson significativo (0.3431) con la mortalidad diaria. A partir del análisis de suma de cuadrados tipo III (MLR SC Type III), se encontró que Escobedo, Guadalupe y Santa Catarina mostraron valores más bajos que el estadístico de prueba ($F<0.0001$), concluyendo que SO_2 proporciona información significativa al modelo de predicción para la mortalidad diaria en estos municipios.

Para CO, se encontró que Guadalupe y Monterrey mostraron valores significativos de los coeficientes de Pearson con la mortalidad diaria, 0.5120 y 0.5209, respectivamente. A partir del análisis MLR y suma de cuadrados tipo III, se encontró que Escobedo, Guadalupe, Monterrey y Santa Catarina,

mostraron valores más bajos que el estadístico de prueba (F<0.0001), concluyendo que CO proporciona información significativa al modelo de predicción para la mortalidad diaria en estos municipios.

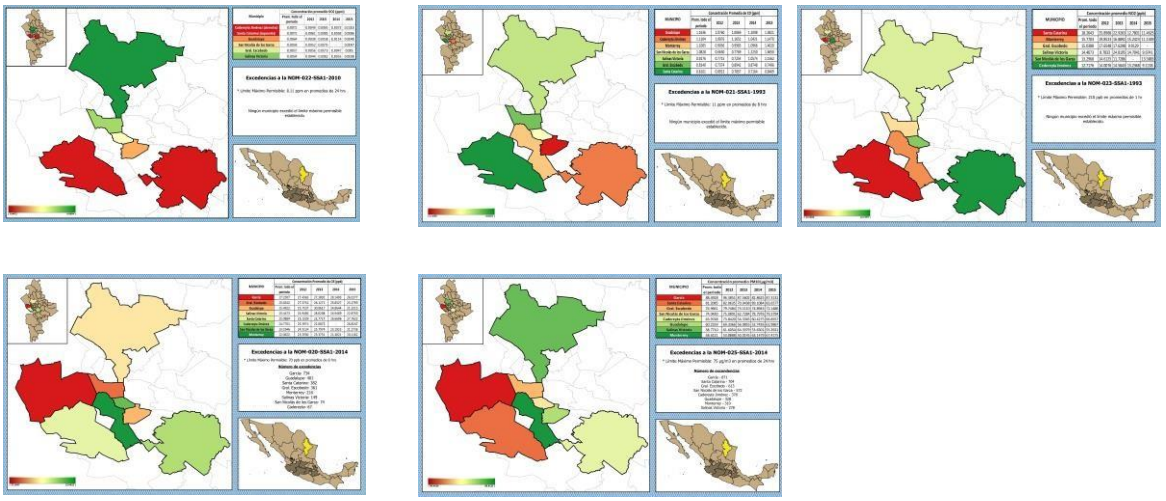


Figura 1. Mapa de concentraciones medias para contaminantes criterio mostrando las excedencias a los límites máximos permisibles de la normatividad vigente correspondiente.

En el caso de NO_2, sólo San Nicolás de los Garza mostró valores significativos para el coeficiente de correlación de Pearson (0.4149) con la mortalidad diaria. A partir del análisis MLR se encontró que Escobedo, Monterrey, San Nicolás de los Garza y Santa Catarina mostraron valores más bajos que el estadístico de prueba, sugiriendo que NO_2 proporciona información significativa al modelo de predicción para la mortalidad diaria en estos municipios. En el caso de ozono, bajas correlaciones (coeficientes de Pearson) con la mortalidad diaria fueron encontradas para Escobedo y Guadalupe. En el caso de PM_{10}, se encontró que en ningún municipio en AMM mostró valores significativos para los coeficientes de Pearson con la mortalidad diaria. A partir de la prueba de Fisher y del análisis de suma de cuadrados, se observó que, sólo Guadalupe mostró valores más bajos que el estadístico de prueba, concluyendo que PM_{10} proporciona información significativa al modelo de predicción para la mortalidad diaria en este municipio. Para humedad, sólo Escobedo presentó el coeficiente de Pearson más alto (0.4718) en el análisis bivariado, mientras que, a partir del análisis MLR, se encontró que García, Escobedo, Monterrey y Santa Catarina mostraron valores más bajos que el estadístico de prueba, concluyendo que la humedad contribuyó significativamente a la mortalidad diaria en estos municipios. Finalmente, en el caso de la temperatura, correlaciones significativas inversas fueron obtenidas para García (-0.4169), Escobedo (-0.4307), Guadalupe (-0.6249), Monterrey (-0.7550), San Nicolás de los Garza (-0.5154) y Santa Catarina (-0.4054). El análisis MLR demostró que la temperatura contribuye significativamente a la mortalidad diaria en estos municipios.

Estimación del índice relativo de riesgo (RRI): En la Figura 2, se presenta el número de muertes y el porcentaje de riesgo de mortalidad diaria por todas las causas como resultado de un incremento del 10% en las concentraciones medias diarias para cada municipio en AMM durante 2012-2015. **SO_2:** Considerando todas las causas, el valor límite superior (UL) más alto de RRI fue obtenido para personas mayores de 60 años en Cadereyta, Escobedo, Guadalupe y San Nicolás. Cuando la causa específica de mortalidad diaria fue considerada, los valores más altos de UL fueron encontrados para Cadereyta (causas respiratorias) y Escobedo (causas circulatorias). **CO:** Un gran número de asociaciones con mortalidad diaria fueron encontradas para personas mayores de 60 años, siendo más altas para Escobedo. Cadereyta y Escobedo presentaron los valores más altos de UL para las causas específicas por padecimiento respiratorios y circulatorios, respectivamente. **NO_2:** Considerando todas las causas, los valores de RRI (UL) fueron más altos para personas de 0 a 59 años en Cadereyta, y para personas mayores de 60 años en San Nicolás de Los Garza, siendo éste último muy elevado. Considerando causas específicas de muerte, los valores de UL fueron más altos para causas respiratorias en Escobedo y Monterrey, y para causas circulatorias en Escobedo y San Nicolás de los Garza. **O_3:** Los valores de UL para RRI considerando mortalidad por todas las causas fueron más altos para el grupo de edad de 0-59 años en García y para mayores de 60 años en

Escobedo. Para mortalidad diaria por causas respiratorias, sólo Monterrey mostró una asociación significativa, mientras que, para causas circulatorias, San Nicolás de los Garza tuvo el valor más elevado de UL. **PM_{10}:** Escobedo mostró asociaciones significativas considerando todas las causas de muerte (para los grupos de edad de 0-59 años y mayores de 60 años) y para causas circulatorias. San Nicolás de los Garza mostró el valor más alto de UL para RRI para causas respiratorias. A partir del análisis por grupo de edad, la mayoría de los contaminantes y municipios considerados en este estudio mostraron un gran número de asociaciones con una magnitud significativa para personas mayores a 60 años (subgrupos; 60-74 años y mayores a 75 años), sugiriendo que este grupo de población es más vulnerable a los efectos de la contaminación atmosférica.

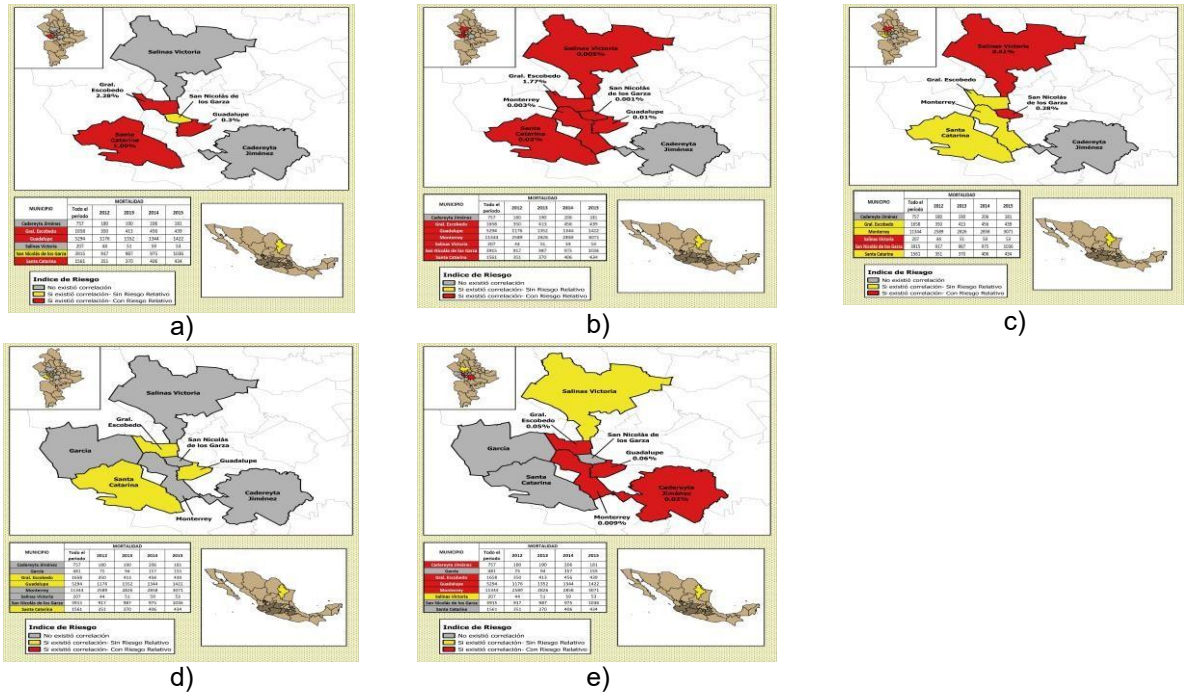


Figura 2. Mortalidad y porcentaje de riesgo de mortalidad diaria por todas las causas como resultado de un incremento del 10 % en la concentración promedio diaria.

Modificación de los efectos por temperaturas extremas

Estimación del índice relativo de riesgo (RRI): Con respecto a la temperatura, cuando el grupo de edad de personas mayores de 60 años fue considerado, se encontraron índices de riesgo relativo más altos para padecimientos respiratorios; y con un incremento del 10% en la temperatura promedio diaria, los índices relativos de riesgo fueron más altos para la población de la tercera edad, cuando se consideró la mortalidad por todas las causas durante los meses cálidos. A partir de esta primera aproximación, se evaluaron diferentes escenarios para determinar el efecto del incremento en la temperatura media diaria en 5, 10, 15, 20 y 25%, respectivamente. Los valores de RRI no mostraron diferencias significativas cuando la mortalidad por todas las causas y todos los grupos de edad fueron considerados, a excepción del grupo de edad de mayores a 60 años cuando se consideró un incremento del 25% en la temperatura promedio diaria (aproximadamente 5°C). Por esta razón, el objetivo de esta sección fue evaluar el efecto sinérgico debido a un incremento en la temperatura media diaria de 5 °C sobre la mortalidad por todas las causas, para todos los grupos de edad, y para el subgrupo de población de mayores de 60 años.

SO_2: Para todos los grupos de edad, se encontraron incrementos significativos en los valores de RRI con un incremento del 25% en la temperatura promedio diaria para Escobedo (0.98%), Guadalupe (0.19%), San Nicolás (0.30%) y Santa Catarina (0.89%). Para personas mayores a 60 años, los incrementos en RRI relativos a temperaturas extremas fueron significativos en Cadereyta (0.18%), Escobedo (6.02%), Guadalupe (0.20%), y San Nicolás (0.34%). **CO:** Para todas las causas y todos los sub-grupos de población, se observó un ligero incremento en Escobedo (0.004%),

Guadalupe (0.002%), y Salinas Victoria (0.006%); inclusive con unos decrementos para Monterrey (0.003%), San Nicolás de los Garza (0.002%) y Santa Catarina (0.0017%). En el caso de las personas mayores de 60 años, se obtuvieron incrementos en los valores de RRI para Escobedo (0.01%), Guadalupe (0.01%), Salinas Victoria (0.01%) y Santa Catarina (0.042%), mientras que, para Monterrey y San Nicolás, no se observó ningún cambio. **NO_2:** Los valores de RRI para todas las causas de muerte y todos los grupos de edad mostraron incrementos para Escobedo (0.13%), Monterrey (0.07%), Salinas Victoria (0.01%) y San Nicolás de los Garza (0.02%). Los índices relativos de riesgo incrementaron en Escobedo (0.21%), Monterrey (0.08%), Salinas Victoria (0.42%), San Nicolás (0.20%) y Santa Catarina (0.08%) cuando el grupo de personas mayores a 60 años fue considerado; mostrando incrementos significativos en comparación con la mortalidad por todas las causas para todos los grupos de edad. **O_3:** se observó un incremento moderado, siendo más alto en Escobedo (0.20%), Guadalupe (0.09%), y Santa Catarina (0.15%) para todas las causas de muerte y todos los grupos de edad. El incremento en los valores de RRI en personas mayores de 60 años fue más alto que aquéllos encontrados para todas las causas y todos los grupos de edad en Escobedo (0.24%), Guadalupe (0.11%), Monterrey (0.08%) y Santa Catarina (0.17%). **PM_{10}:** Incrementos relativamente bajos fueron obtenidos para todas las causas, siendo más altos en Escobedo (0.07% para todos los grupos de edad, y 0.1% para mayores de 60 años).

Conclusiones

Puesto que se trata de los dos municipios más grandes en AMM, la mortalidad diaria fue más alta en Monterrey y San Nicolás. La mortalidad diaria por todas las causas fue más alta en mujeres que en hombres. Considerando las causas respiratorias, la mortalidad diaria fue más alta en hombres mayores de 75 años; mientras que, por causas circulatorias, la mortalidad fue más elevada en mujeres mayores de 75 años. El análisis estadístico de la mortalidad diaria en AMM durante 2012-2015 mostró un incremento en el número de muertes cuando la concentración de los contaminantes criterio se incrementó en un 10% el mismo día y los 7 días previos a la defunción. Considerando todas las causas, Escobedo, Santa Catarina, Guadalupe y Salinas Victoria fueron los municipios en AMM que exhibieron los valores más altos para RRI para la mayoría de los contaminantes. Todos los contaminantes y municipios mostraron asociaciones con una magnitud significativa para personas mayores de 60 años, Escobedo mostró los valores más altos de RRI para todos los contaminantes criterio. Por otro lado, como resultado de un incremento del 10% en la temperatura promedio diaria los valores de RRI fueron más altos para las personas de la tercera edad cuando se consideró la mortalidad por todas las causas. Sin embargo, cuando se consideraron diferentes escenarios con incrementos en la temperatura media diaria, sólo el incremento de 25% presentó diferencias significativas en comparación con los demás escenarios

Cuando la evaluación consideró únicamente el grupo de edad de mayores de 60 años, el incremento obtenido fue muy alto y significativo para SO_2 en Cadereyta, Escobedo, Guadalupe y San Nicolás; mientras que, para CO, incrementos más altos fueron obtenidos en Escobedo, Guadalupe y Salinas Victoria. Adicionalmente, incrementos significativos en los valores de RRI fueron encontrados en la mayoría de los municipios para NO_2; y en Escobedo, Guadalupe, Santa Catarina y Monterrey para O_3. Finalmente, la mortalidad diaria asociada con PM_{10} fue sensible a un incremento de 5°C en la temperatura promedio diaria en Escobedo, Guadalupe y Salinas Victoria para personas mayores de 60 años.

Esta investigación proporciona una línea base para el control de los niveles actuales de la contaminación atmosférica en AMM, especialmente con respecto a SO_2, O_3 y PM_{10}; considerando el gran tamaño de la población expuesta, aun cuando las asociaciones observadas fueron pequeñas pero significativas, los valores de RRI encontrados se pueden considerar de interés desde el punto de vista de salud pública. Este estudio demostró que las personas mayores de 60 años constituyen un subgrupo de población altamente vulnerable y fuertemente amenazado no solo por la contaminación atmosférica sino también por los posibles escenarios que podrían resultar del cambio climático.

Referencias

1. G.D.Thurnston, J. Ahn, K.R. Cromar, S. Yangzhao, H.R. Reynolds, M. Jerrett, C.C. Lim, R. Shanley, Y. Park, and R.B.Hayes, “Ambient particulate matter air pollution exposure and mortality in the NIH-AARD Diet and Health Cohort”. *Environ Health Perspect*, Vol.124, pp. 484-490, 2016.

2. Y.O. Khaniabadi, R. Polosa, and R.Z. Chuturkova, “Human health risk assessment due to ambient PM_{10} and SO_2 by an air quality modeling technique”. *Process Saf Environ Prot*, Vol. 111, pp. 346-354, 2017.
3. Y.O. Khaniabadi, M. Daryanoosh, P. Sicard, A. Takdastan, P.K. Hopke, S. Emaeil, A. De Marco, and R. Rashidi, “Chronic obstructive pulmonary diseases related to outdoor PM_{10}, O_3, SO_2 and NO_2 in a heavely polluted megacity of Iran”. *Environ Sci Poll Res*, Vol. 25, No. 18, pp.17726-17734, 2018.
4. D.L. Crouse, P.A. Peters, A. Van Dunkelaar, M.S. Goldberg, P.J. Villeneuve, and O. Brion, “Risk of nonaccidental and cardiovascular mortality in relation to long-term exposure to low concentrations of fine particulate matter: A Canadian national-level cohort study”. *Environ health Perspect*, *Vol.* 120, pp. 708-714, 2012.
5. I. Romieu, M. Ramírez, H. Moreno, A. Barraza, L. Hernández, and L. Carbajal,”Health impacts of air pollution on morbidity and mortality among children of Ciudad Juárez, Chihuahua, México”. Technical Report. Commission for Environmental Cooperation of North America. November 2003.
6. K.T.D. Katsouyanni, “The 1987 Athens heat wave”. *Lancet*, Vol. 8610, pp. 573, 1998.
7. D. Zmirou,T. Barumandzadeh, F. Balducci, P. Ritter, G. Laham, and J. Ghilardi, “Short term effects of air pollution on mortality in the city of Lyon, France, 1985-90”. *J. Epidemiol. Community Health*, Vol. 50*,* pp. S30–S35, 1996.
8. F. Ballester, M. Sáez, E. Alonso, M. Taracido, J. Ordoñez, I. Aguinaga, A. Daponte, J. Bellido, J. Guillen, M. Pérez, A. Cañada, F. Arribas, and S.Pérez-Hoyos, “El proyecto EMECAM: Estudio multicéntrico español sobre la relación entre la contaminación y la mortalidad. Antecedentes, participantes, objetivo y metodología”. *Rev Esp Salud Pública*, Vol. 73*,* pp.165-175, 1999.
9. R. Cerón, J. Cerón, R. Lara, M.L.Espinosa, E. Ramírez, M. Rangel, A. Rodríguez, and M. Uc, “Short-term effects of air pollution health in the Metropolitan Area of Guadalajara using a time-series approach”. *Aerosol and Air Quality Research*, Vol. 18, pp. 2383-2411, 2018.
10. R. Lowe, J. Ballester, J. Creswick, J.M. Robine, F.Herrmann, and X.Rodó, “Evaluating the performance of a climate-driven mortality model during heat waves and cold spells in Europe”. *Int J Environ Res Public Health*, *Vol. 12, No. 2*, pp. 1279-1294, 2015.
11. T.F. Stocker, D. Qin, G.K. Plattner, M.Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Novels, Y. Xia, V. Bex, and P.M. Midgley, (Eds). In: *Climate change 2013*: The physical science basis. Contribution of working group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press. Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA. 2013.
12. R. Basu, F. Dominici, and J. Samet, “Temperature and mortality among the elderly in the United States: A comparison of Epidemiologic Methods”. *Epidemiology*, Vol. 16, No. 1*, pp.* 58-66, 2005.
13. J. Li, A. Woodward, X.Y.Hou, T.Zhu, J.Zhang, H. Brown, J. Yang, R. Qin, J. Gao, and S. Gu, “Modification of the effects of air pollutants on mortality by temperature: A systematic review and meta-analysis”. *Sci Total Environ*, Vol. 575*,* pp.1556-1570, 2017.
14. F. Chen, Z. Fan, Z. Qiao, Y. Cui, M. Zhang, X. Zhao, and X. Li, “Does temperature modify the effect of PM_{10} on mortality? A systematic review and meta-analysis”. *Environ Poll*, Vol. 224*,* pp. 326-331, 2017.
15. M. Scortichini, M. De Sario, F.K. De Donato, M. Davoli, P. Michelozzi, and M.Stafoggia, “Short-term effects of heat on mortality and effect modification by air pollution in 25 Italian cities”. *Int J Environ Res Public Health*, Vol. 15, No. 8, pp.1771, 2018.
16. J. Han, S. Liu, J. Zhang, L. Zhou, Q. Fang, J. Zhang, and Y. Zhang, “The impact of temperature extremes on mortality: a time-series study in Jinan, China”. *BMJ Open*, Vol. 7, No. 4, 2017.
17. A. Bunker, J. Wildenhain, A. Vanndenbergh, N. Henschke, J. Rocklov, S. Hajat, and R. Sauerborn, “Effects of air temperature on climate-sensitive mortality and morbidity outcomes in the elderly; a systematic review and meta-analysis of epidemiological evidence”. *EBiomedicine*, Vol. 6*,* pp. 29-30, 2016.
18. W. Yu, and K. Mengersen, “Daily average temperature and mortality among the elderly: a meta-analysis, and systematic review of epidemiological evidence”. *Int J Biometeorol*, Vol.56*,* pp. 569-581, 2012.
19. SEMARNAT. “National Inventory of Emissions in Mexico 1999”. *Semarnat-INE, First Edition*, September 2006.
20. F. Ballester, M. Sáez, S. Pérez-Hoyos, C. Iñiquez, A. Gandarillas, A. Tobías, J. Bellido, M. Taracido, F. Arribas, A. Daponte, A. Cañadas, F. Guillén-Grima, L. Cirera, M.J. Pérez-Boíllos, C. Saurina, F. Gómez, and J.M. Tenías, “The EMECAM Project: A multicentre study on air pollution and mortality in Spain: combined results for particulates and for sulfur dioxide”. *Occup. Environ. Med*, Vol.59, No. 5, pp*.* 300-308, 2002.

Evaluación de la viscosidad en mezclas de biodiesel de grasas residuales con petrodiésel

A. Sánchez Hernández[1], N. Gutiérrez-Casiano[1], J. O. Rico-Contreras[2], L.M. Reyes-Grajales[1]
E. Hernández Aguilar[1]*
[1]Facultad de Ciencias Químicas, Universidad Veracruzana, Prol. Oriente 6 1009, Rafael Alvarado, 94340, Orizaba, Ver., México
[2]Departamento de Grupo Pecuario San Antonio, Camino a Jonotal S/N Col. Melesio Portillo, 94470 Fortín De Las Flores, Ver., México
**eduhernandez@uv.mx*

***Área de participación**: Ingeniería Química*

Resumen

Se evaluó la producción y la viscosidad de manera teórica y experimental de distintas mezclas de biodiesel, hecho a partir de la transesterificación de grasas residuales de pollo y cerdo, con diésel de petróleo. Se emplearon 5 correlaciones matemáticas que ayudan a predecir la viscosidad en mezclas binarias de combustibles. Esto con el objeto de estudiar la influencia que tiene el origen de los ácidos grasos sobre la viscosidad de los biodiesel. Los resultados obtenidos mostraron una caracterización de las grasas residuales muy al margen de los límites, ambas fuentes de triglicéridos realizaron una conversión aceptable, además fue posible reducir la viscosidad en las mezclas producidas, siendo la mezcla B75 de pollo la mínima mezcla que cumple con los estándares de calidad y los modelos de Bingham y Newton fueron los que mostraron mejores resultados en cuanto a la predicción de la viscosidad de las mezclas.

***Palabras clave**: Biodiesel, Viscosidad, Mezclas, Modelos.*

Abstract

The production and viscosity of different biodiesel mixtures, made from the transesterification of residual chicken and pork fats, with petroleum diesel, were evaluated theoretically and experimentally. 5 mathematical correlations were used to help predict viscosity in binary fuel mixtures. This to study the influence that the origin of fatty acids has on the viscosity of the biodiesel.

The results obtained showed a characterization of the residual fats well outside the limits, both triglyceride sources made an acceptable conversion, it was also possible to reduce the viscosity in the mixtures produced, being the chicken B75 mixture the minimum mixture that meets the quality standards and the Bingham and Newton models were the ones that showed the best results in terms of predicting the viscosity of the mixtures.

***Key words**: Biodiesel, Viscosity, Blends, Models*

Introducción

Hoy en día, las nuevas energías demandan orígenes que no transgredan el medio ambiente, por eso se han propuesto alternativas diferentes que pueden cumplir con los nuevos estándares exigidos por las industrias energéticas [1]. Tal es el caso del biodiesel, un producto que tiene su origen en la transesterificación de ácidos grasos con un alcohol de cadena corta en presencia de un catalizador [2]. Los ácidos grasos se encuentran en grasas animales y aceites vegetales, esto incluye las grasas residuales que se desechan constantemente y generan un contaminante potencial hacia la naturaleza. Por lo tanto, se sugiere que la producción de este biocombustible sea la manera más efectiva para disponer de este residuo [3]. Sin embargo, la producción de biodiesel tiene un alto costo, además de las grasas y aceites, se debe de tener un control estricto en su producción, ya que de esta es que va a depender que tan aceptables sean cada una de sus propiedades, las cuales delimitarán su aplicación como combustible [4].

La viscosidad, es una de las propiedades más importantes del biodiesel, puesto que afecta al equipo de inyección de combustible, particularmente a bajas temperaturas cuando se produce un aumento del valor de esta propiedad. El comportamiento a bajas temperaturas viene marcado por los puntos de enturbiamiento, congelación, y fluidez del combustible, y todos ellos son más altos para el biodiesel que para el diésel convencional, lo que provoca peor comportamiento en frio del biocombustible [5].

Se han reportado diversos estudios que demuestran la eficacia de cada una de las propiedades del biodiesel, no obstante, la alta viscosidad sigue representando un reto dentro de la producción de este tipo de biocombustibles [6]. Las mezclas de biodiesel con aditivos, (tales como diésel de petróleo, etanol, metanol, etc.) son una alternativa a esta problemática, ya que diversos estudios han demostrado que el uso de algunos solventes e hidrocarburos han ayudado a reducir la viscosidad de distintos tipos de biodiesel de origen vegetal sin perder sus demás propiedades [7]. Por lo tanto, el mismo principio aplicaría sobre los biodiesel obtenidos de grasas animales; comúnmente las mezclas se les denomina con el porcentaje en volumen de biodiesel contenido en ellas.

Para medir la viscosidad experimental, algunos autores se han auxiliado del estudio de las propiedades reológicas del biodiesel [8], y es en este punto donde se obtiene valores más precisos debido a que se puede estudiar con mayor claridad el comportamiento viscoso de dichos biocombustibles y así obtener un dato de viscosidad en función de los esfuerzos cortantes y rapidez de corte medidos en el tiempo [6]. A partir de datos experimentales, se han aplicado métodos matemáticos que requieren únicamente las viscosidades de las sustancias puras, y que ayudan a predecir la viscosidad de mezclas en distintas concentraciones [9]. Estos modelos han logrado predecir con exactitud datos de viscosidad de mezclas binarias de distintos tipos de biodiesel [10], por lo que es factible usar estos medios para estimar esta propiedad.

Metodología

Materiales

Se emplearon grasas residuales de cerdo y pollo obtenidas de un restaurante de carnitas y de una industria avícola respectivamente. Para la transesterificación se ocupó metanol grado analítico e hidróxido de potasio en lentejas, además de agua destilada y bicarbonato de sodio comercial para un pretratamiento dado a la grasa antes de la reacción. Para la realización de las mezclas se utilizaron dos litros de diésel de una gasolinera local.

Caracterización de las grasas residuales

Se realizaron únicamente tres pruebas de caracterización de las grasas residuales a emplear, estas pruebas fueron determinación de índice de acidez o porcentaje de ácidos grasos libres, determinación del índice de saponificación y determinación de la densidad, dichas propiedades fueron elegidas en función de su relevancia para la producción de biodiesel, las cuales son las más críticas en este proceso. Las pruebas de caracterización se hicieron de acuerdo con los procedimientos de las normas NMX-F-101-SCFI-2012, NMX-F-174-SCFI-2014, NMX-F-075-SCFI-2012, respectivamente.

Pretratamiento de las grasas residuales

Una vez conociendo la naturaleza de las grasas en su estado inicial, se procedió al pretratamiento de desgomado, montando un sistema de reacción por cada tipo de grasa que constó de un termo agitador marca IKA C-MAG HS 7, un condensador de vidrio con recirculación de agua fría a 16 °C marca PYREX y matraces Erlenmeyer marca PYREX de 1000 ml en los cuales se colocaron cantidades de 500 g de grasa. En una relación de 30 ml de agua destilada por cada 150 g de grasa, se preparó una solución de 100 ml de bicarbonato de sodio comercial. Esta solución se colocó dentro de los matraces con las grasas, y entonces la reacción de desgomado comenzó, elevando la temperatura a 110 °C en agitación constante. Se tomó un tiempo de 45 min una vez que cayó la primera gota de condensado en la reacción. Posterior a ello, los productos de la reacción se trasvasaron a embudos de separación de 1000 ml, dejando reposar por 24 horas. Pasando este

periodo, las grasas fueron separadas de los residuos generados. Después, cada una de las grasas fueron vaciadas en tubos cónicos para centrifuga marca FALCON de 15 ml. los cuales se colocaron en una centrífuga de mesa digital marca VELAB VE-4000 por un tiempo de 15 min a una velocidad de 2500 rpm.

Transesterificación de las grasas residuales

Las grasas desgomadas y centrifugadas fueron sometidas a la reacción de transesterificación. En una relación molar 6:1 de alcohol – grasa, se colocaron 500 g de grasa en matraces Erlenmeyer de 1000 ml, montando el mismo sistema de reacción para el desgomado. Se prepararon 90 ml de una solución alcohólica de metanol grado analítico marca Golden Bell reactivos (94 % de pureza) con 5 g de hidróxido de potasio anhidro en lentejas marca J. Baker Analyzed (98% de pureza) que representa el 1% en peso de la grasa. Posteriormente las grasas se calentaron a 60 °C y después se les trasvasó la solución alcohólica de hidróxido de potasio para dar comienzo a la reacción que se mantuvo por una hora. Al finalizar la reacción, los productos obtenidos se colocaron en embudos de separación de 1000 ml, donde al cabo de 24 horas se formaron dos fases, la superior de biodiesel y la inferior de glicerina. El biodiésel obtenido se separó y se colocó en un rotavapor marca Buchi R-100 a una temperatura de 65 °C por un tiempo de 30 min para remover el excedente de metanol que no reaccionó durante la transesterificación.

Elaboración de mezclas de biodiesel y medición de la viscosidad

Se realizaron mezclas de biodiesel de pollo y cerdo con diésel de petróleo en concentraciones del 75%, 50% y 25% en volumen. En total se obtuvieron 6 mezclas de 100 ml cada una, además de las sustancias puras que también se estudiaron. La viscosidad se midió a través del estudio reológico realizado a todas las mezclas, usando un viscosímetro marca Brookfield modelo DV2T en donde se depositaron 16 ml de muestra de cada una de las mezclas, y en un intervalo de velocidades entre 10 y 200 rpm y a 40 °C se obtuvieron diversos datos de esfuerzo cortante y velocidad de corte que fueron graficados con el software estadístico GraphPad Prism para conocer el comportamiento reológico. Finalmente se obtuvo la ecuación de regresión que representa el modelo reológico, con la cual se conoció la viscosidad aparente de cada una de las mezclas. La viscosidad teórica de las mezclas de biodiesel se obtuvo a través de la evaluación de cinco modelos empíricos que permiten conocer la viscosidad de mezclas de combustibles, haciendo uso de sus fracciones volumétricas de cada uno de los componentes y de la propiedad a estudiar, estos modelos son los que se muestran en la Tabla 1.

Tabla 1. Modelos empíricos para la predicción de la viscosidad en mezclas binarias de combustibles

Autor	Ecuaciones de reglas de mezclado
Arrhenius	$log v_{blend} = x_{v1} \cdot log v_1 + x_{v2} \cdot log v_2$
Bingham	$\frac{1}{v_{blend}} = \frac{x_{v1}}{v_1} + \frac{x_{v2}}{v_2}$
Cragoe	$\frac{1}{\ln(2000 \cdot v_{blend})} = \frac{x_{v1}}{\ln(2000 \cdot v_1)} + \frac{x_{v2}}{\ln(2000 \cdot v_2)}$
Kendall & Monroe	$v_{blend}^{1/3} = \left(x_{v1} \cdot v_1^{1/3}\right) + \left(x_{v2} \cdot v_2^{1/3}\right)$

Referencia: Ioanna-Panagiota [7]

Resultados y discusión

Caracterización de las grasas residuales

De acuerdo con los resultados mostrados en la Tabla 2, las grasas de pollo y cerdo se encuentran dentro de los márgenes establecidos por los límites de las normas de caracterización. Por un lado, la densidad de ambas grasas es favorable para la correcta separación de fases. Los índices de saponificación obtenidos muestran una degradación de triglicéridos muy aceptable, limitando la liberación de ácidos grasos libres, Y los índices de acidez muestran una proliferación de ácidos grasos libres muy limitada que ayuda a que no ocurran reacciones no deseadas. No obstante, de

 ISSN 2007-8102

las dos grasas analizadas, la de pollo arrojó valores muy al margen de los límites de las normas, esto se debe a que dicha fuente de triglicéridos se encontró con un alto índice de impurezas.

Tabla 2. Resultados de la caracterización de las grasas residuales

	Grasa de cerdo	Grasa de pollo	Límites permitidos
Densidad (g / ml)	0.9056	0.9045	0.896 – 0.904
Índice de saponificación (mg KOH / g grasa)	198.5766	204.3303	192.0 – 203.0
Índice de acidez (% AGL)	0.3974	0.9899	< 1%

Rendimiento de transesterificación

En la Figura 1 se muestran los rendimientos de reacción que corresponden a las cantidades de grasa que lograron realizar una conversión a biodiesel. Se puede apreciar que la grasa de cerdo obtuvo un rendimiento mayor que la grasa de pollo, esto se debe a que la naturaleza de las grasas residuales influye en el proceso de conversión de triglicéridos a ésteres metílicos. Por un lado, se tiene que la grasa de pollo se encontraba en gran parte contaminada; que ni siquiera el pretratamiento fue eficiente en retirar con totalidad, todas las impurezas y, por otro lado, la grasa de cerdo mostró valores más favorables en su pretratamiento y en su caracterización. De acuerdo con la estequiometría de la reacción, la cual establece un rendimiento mínimo del 90%, la grasa de pollo obtuvo un rendimiento del 78% y la grasa de cerdo alcanzó un rendimiento del 93%.

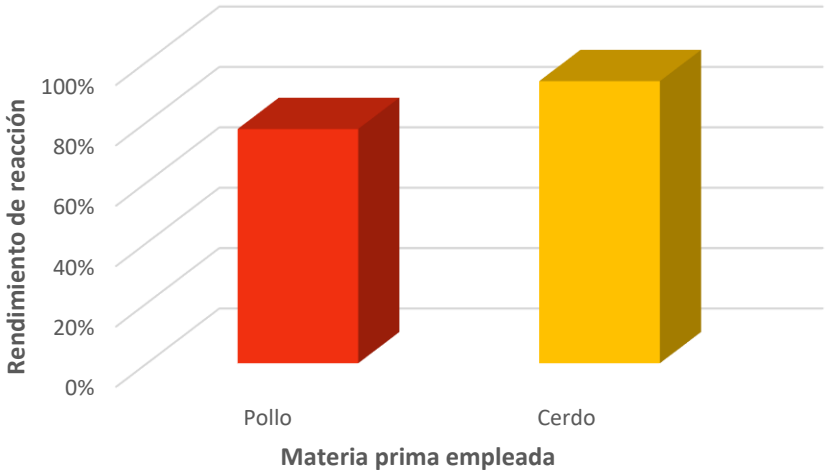


Figura 1. Rendimiento de transesterificación de las dos grasas residuales empleadas

Reología de las mezclas de biodiesel de pollo

En la Tabla 3 y la Figura 2 se observan los resultados que corresponden a la reología de las mezclas de biodiesel de pollo, en primer lugar, se puede apreciar que existe una relación lineal entre los esfuerzos de corte y velocidad de corte obtenidos en los puntos de todas las mezclas. Este comportamiento es representado mediante el ajuste de una ecuación lineal que corresponde a la ley de viscosidad de Newton, por lo tanto, el biodiesel, así como cada una de sus mezclas se ajustan al modelo reológico de Newton. Dicho comportamiento también fue reportado por Conceição [6], donde el biodiesel de aceite de ricino que obtuvo y las mezclas que realizó, mostraron un comportamiento newtoniano. Tambien se puede observar una reducción en la viscosidad aparente a medida que disminuye la concentracion de biodiesel, dado que el petrodiesel modifica la viscosidad del biocombustible dando esfuerzos de corte cada vez más bajos.

 ISSN 2007-8102

Tabla 3. Resultados del estudio reológico para las mezclas de biodiesel de pollo

Concentración de biodiesel [% vol.]	Viscosidad aparente [Pa*s]	Ecuación de regresión $\tau = \mu\gamma$	R^2
100	0.004903	$\tau = 0.004903\gamma$	0.9904
75	0.004065	$\tau = 0.004065\gamma$	0.9999
50	0.003389	$\tau = 0.003389\gamma$	0.9994
25	0.002790	$\tau = 0.002790\gamma$	0.9994
0	0.002322	$\tau = 0.002322\gamma$	0.9993

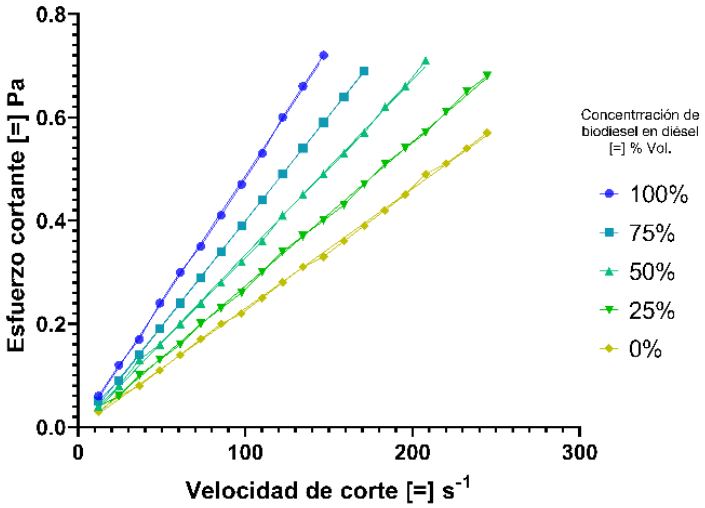


Figura 2. Reograma para las mezclas formadas por biodiesel de pollo y diesel de petróleo

Reología de las mezclas de biodiesel de cerdo

En la Tabla 4 y Figura 3 se observan los resultados que corresponden a la reología de las mezclas de biodiesel de cerdo. Se puede apreciar que existe una similitud con las mezclas de biodiesel de pollo, debido a que también, presenta una relación lineal entre los esfuerzos de corte y velocidad cortantes, los cuales quedan ajustados con la ecuación de regresión que corresponde a la ley de viscosidad de Newton, por lo tanto, se le atribuye el mismo comportamiento reológico a cada una de las mezclas. También es evidente la disminución de la viscosidad aparente conforme se va reduciendo la concentración de biodiesel, demostrando una vez más, la actividad reductora que ejerce el petrodiesel al modificar la viscosidad del producto transesterificado.

Tabla 4. Resultados del estudio reológico para las mezclas de biodiesel de pollo

Concentración de biodiesel [% vol.]	Viscosidad aparente [Pa*s]	Ecuación de regresión $\tau = \mu\gamma$	R^2
100	0.004210	$\tau = 0.004210\gamma$	0.9994
75	0.003708	$\tau = 0.003708\gamma$	0.9994
50	0.003233	$\tau = 0.003233\gamma$	0.9998
25	0.002841	$\tau = 0.002841\gamma$	0.9994
0	0.002322	$\tau = 0.002322\gamma$	0.9993

 ISSN 2007-8102

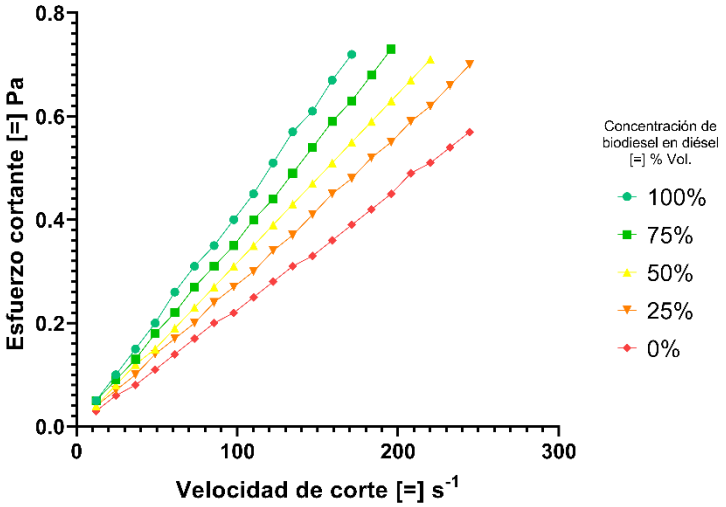


Figura 3. Reograma para las mezclas formadas por biodiesel de cerdo y diésel de petróleo

Viscosidad experimental de las mezclas de biodiesel y diésel de petróleo

Se observa en la Figura 4 las viscosidades experimentales de las mezclas de biodiesel de pollo y cerdo, las cuales muestran una reducción consecuente a medida que disminuye la concentración de biodiesel, llegando a la mezcla B25 de ambos tipos de biodiesel donde sus viscosidades convergen. Este comportamiento muestra una clara dependencia de la concentración del biodiesel y de la interacción con el petrodiesel ya que esta modifica la viscosidad sin que se pierda la miscibilidad entre ellos. El cumplimiento de las normas de calidad para la viscosidad se da a partir de la mezcla B75 de pollo, la cual ya entra a los límites permitidos. Mientras a pesar de que la viscosidad del biodiesel de cerdo siempre cumplió con las normas, también fue evidente la reducción de dicha propiedad.

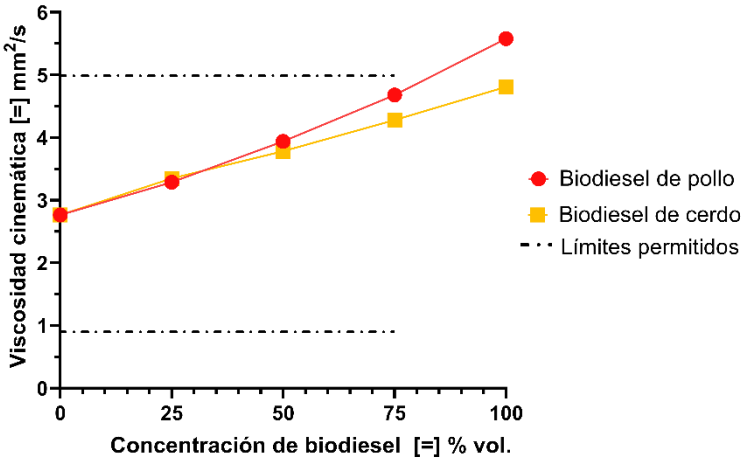


Figura 4. Viscosidad en mezclas de biodiesel de pollo y cerdo con diésel de petróleo

Viscosidad teórica de las mezclas de biodiesel de pollo con diésel de petróleo

Las constantes del modelo fueron evaluadas con GraphPad Prism, Existe una adecuada correlación con todos los modelos obteniendo coeficientes de correlación (R^2) superiores 0.89. los modelos muestran una disminución directamente proporcional entre la viscosidad y la concentración de biodiesel en la mezcla, Sin embargo, el modelo con mejor ajuste a los datos experimentales fue el de Bingham, obteniendo el mayor valor del factor de correlación (R^2=0.945). Los resultados son muy similares a los que Ioanna-Panagiota [7], determinó en su medición de la viscosidad de mezclas de biodiesel de aceite de olivo, ya que en ambos casos, la viscosidad experimental de todas las mezclas quedó ajustada entre todas las reglas de mezclado que fueron evaluadas, esto puede demostrar que

 ISSN 2007-8102

la viscosidad experimental y la predicción con las reglas de mezclado obtienen resultados sin una desviación significativa. Aún así en todos los modelos evaluados se puede apreciar que la mezcla al 75% tiene valores dentro de los límites permitidos por las normas de calidad.

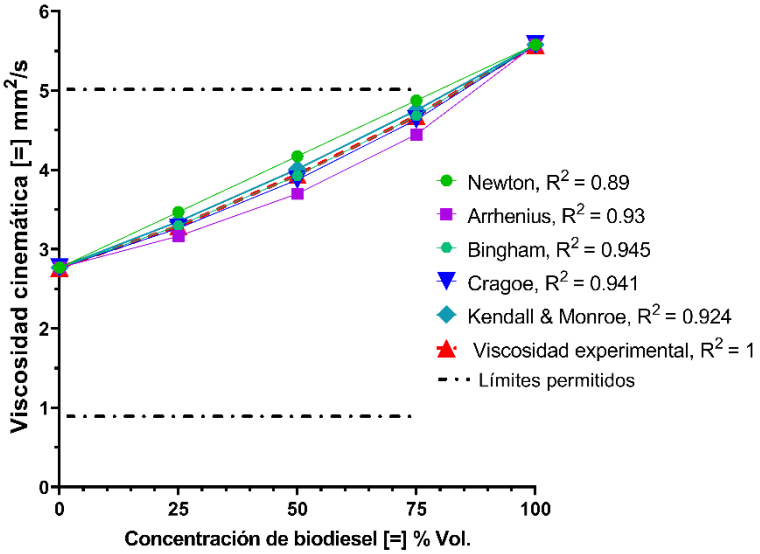


Figura 5. Viscosidad obtenida por las reglas de mezclado de las mezclas de biodiesel de pollo

Viscosidad teórica de las mezclas de biodiesel de cerdo con diésel de petróleo

Las mezclas de biodiesel de cerdo como muestra la Figura 6 obtuvieron coeficientes de correlación superiores a 0.971, mostrando que todos los modelos representan adecuadamente los datos experimentales. Sin embargo, en este caso el modelo de Newton obtuvo el mayor coeficiente de correlación (R^2=0.998) mostrando el mejor ajuste a la viscosidad experimental. Al mismo tiempo el modelo de Newton también mostró los resultados de viscosidad más elevados de entre todas las reglas de mezclado. Por el contrario, la ecuación de Bingham presentó los resultados de viscosidad de menor valor en las mezclas. Mostrando una tendencia de otorgar menores viscosidades al biodiesel de origen residual siendo consistente con los resultados mostrados por Ioanna-Panagiota [7], en la evaluación de dicho modelo con las mezclas de biodiesel hecho a partir de aceite gastado de cocina.

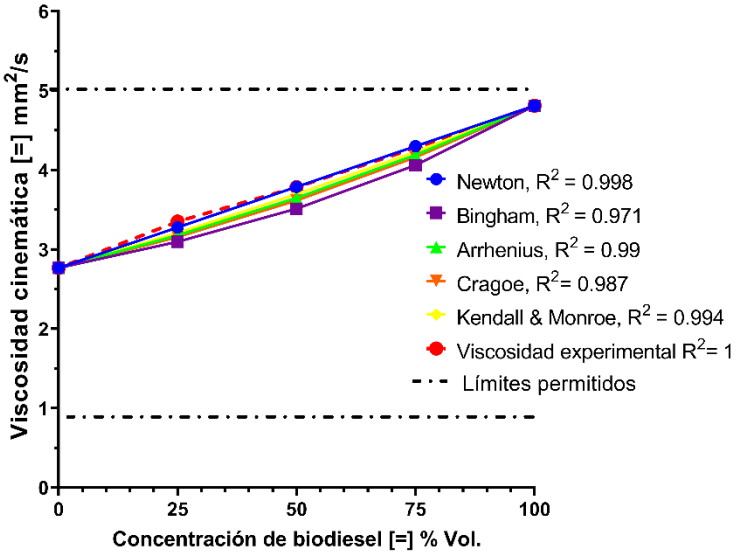


Figura 6. Viscosidad obtenida por las reglas de mezclado de las mezclas de biodiesel de cerdo

Conclusiones

Las grasas de pollo y de cerdo fueron viables para la producción de biodiesel ya que se logró obtener valores de caracterización aceptables que dieron pie a una buena conversión de triglicéridos a ésteres metílicos. Se logró reducir la viscosidad del biodiesel, la cual se presumía tendría valores muy altos, que podrían incluso estar por fuera de los límites establecidos por las normas. Por lo que se asume que la interacción entre los biodiesel de cerdo y pollo y el diésel de petróleo es bastante buena en todas las mezclas. En cuanto a la predicción de la viscosidad, todos los modelos arrojaron valores muy aceptables que se acercaron a lo medido experimentalmente, aun así, los modelos de Bingham y Newton son lo que tuvieron el mejor ajuste con la viscosidad de las mezclas de biodiesel de pollo y cerdo respectivamente.

Agradecimientos

Grupo Pecuario san Antonio por la grasa residual de pollo donada para este estudio. Y al proyecto PFCE 2019 por el equipo adquirido con el recurso asignado a este proyecto.

Referencias

[1] G. Carvajal Chávez, S. Medina Romo, J. Viteri Moya y R. Salazar Reyes, «Composición elemental de mezclas Biodiésel-diesel y análisis de sus emisiones de combustión,» *FIGEMPA: Investigación y Desarrollo,* pp. 21-28, 2017.

[2] N. T. Ramírez y F. J. Rodriguez Valadez , «Evaluación de las propiedades fisicoquímicas de grasas y aceites residuales para la producción de biodiesel,» *Asociación Mexicana de Ingeniería, Ciencia y Gestión Ambiental (AMICA),* pp. 32-37, 2018.

[3] S. A. García Fuentes, F. Lafargue Pérez y B. Labrada Vázquez, «Propiedades fisicoquímicas del aceite y biodiesel producidos de la Jartropha curcas L. en la provincia de Manabí, Ecuador,» *Revista Cubana de Química,* pp. 142-158, 2018.

[4] V. G. Tacías Pascacio, A. Rosales Quintero y B. Torrestiana Sánchez, «Evaluación y caracterización de grasas y aceites residuales de cocina para la producción de biodiesel: un caso de estudio,» *Revista Internacional de Contaminación Ambiental,* pp. 303-313, 2016.

[5] A. Ertan y C. Mustafa, «Characterization of the key fuel properties of methyl ester–diesel fuel blends,» *FUEL,* pp. 75-80, 2009.

[6] M. M. Conceição, R. A. Candeia, H. J. Dantas y L. E. B. Soledade, «Thermal and rheological behavior of diesel and methanol biodiesel blends,» *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry,* vol. 87, nº 3, pp. 653-656, 2007.

[7] K. Ioanna-Panagiota, A. Maria y L. Evripidis, «Predicting the viscosity of diesel/biodiesel blends,» *FUEL,* nº 199, pp. 248-263, 2017.

[8] M. M. Conceição, R. A. Candeia, H. J. Dantas y L. E. B. Soledade, «Rheological Behavior of castor oil biodiesel,» *Energy & Fuels,* vol. 19, pp. 2185-2188, 2005.

[9] L. M. Orozco y R. Barrera, «Adaptación de modelos para estimar la viscosidad en mezclas de crudos pesados,» *Cayros Group,* pp. 75-82, 2012.

[10] D. Haozhi, W. Chu y Z. Xifeng, «Estimation of the kinematic viscosities of bio-oil/alcohol blends: Kinematic viscosity-temperature formula and mixing rules,» *FUEL,* pp. 50-62, 2019.

[11] C. Woo, S. Kook, E. Hawkes R., P. Rogers L. y C. Marquis, «Dependency of engine combustion on blending ratio variations of lipase-catalysed coconut oil biodiesel and petroleum diesel,» *FUEL,* pp. 70-82, 2015.

Potencial de captura de carbono en 3 sitios de suelo de manglar en Campeche, México

M.L. Espinosa[1], J. de la Cruz[2], E. Moreno[2], M. Aquino[2], G. Pérez[2]
[1]Centro de Ciencias de la Atmósfera. Universidad Nacional Autónoma de México. Circuito Exterior S/N. Coyoacán. Ciudad Universitaria. 04510. Ciudad de México, México.
[2]Facultad de Química. Universidad Autónoma del Carmen. Calle 56 No. 4 Esq. Av. Concordia. Benito Juárez. 24180. Ciudad del Carmen, Campeche, México.
marilu@atmosfera.unam.mx

***Área de participación**: Ingeniería Química*

Resumen
El potencial de captura de carbono fue determinado en 3 sitios en la región de la laguna de Términos en Campeche durante junio de 2019 a dos profundidades de muestreo, 30 y 60 cm. No se encontraron diferencias significativas en los parámetros medidos [pH, conductividad (dS m^{-1}), materia orgánica (%), carbono orgánico (%), y tasa de almacenamiento de carbono (kg C m^{-2})] entre profundidades de muestreo, demostrando que la morfología del suelo y las fuentes de agua no fueron importantes, puesto que el muestreo fue realizado durante la misma estación climática. Sin embargo, cuando el contenido de materia orgánica, carbono orgánico y tasa de almacenamiento de carbono fueron comparados entre sitios, si se encontraron diferencias significativas. Estas diferencias pudieron ser atribuidas a la estructura de la vegetación y al grado de perturbación encada sitio. Estos hallazgos justifican la conservación de los bosques de manglar maduros y densos de la región.

Palabras clave: *sumideros de carbono, bosques de manglar, Laguna de Términos, Campeche.*

Abstract
Carbon sequestration potential was determined in three sites in the region of Terminos Lagoon in Campeche during June 2019 at two sampling depths, 30 and 60 cm. Significant differences in the measured parameters [pH, conductivity (dS m^{-1}), organic matter (%), organic carbon (%), and carbon storage (Kg C m^{-2})] were not found between sampling depths, demonstrating that soil morphology and water sources were not important, since the sampling was made in the same season and sampling sites were nearby. However, when organic matter content, organic carbon content and carbon storage rate were compared between sites, significant differences were found. These differences were attributed to the vegetation structure and the degree of disturbance in each site. These findings justify the conservation of mature and dense mangrove forest in the region.

Key words: *Carbon sinks, mangrove forests, Terminos Lagoon, Campeche.*

Introducción

Los humedales costeros son importantes debido a su capacidad para almacenar carbono [1]. Se ha reportado que los suelos de manglar contienen de 3 a 4 veces más la densidad de C típicamente reportada para regiones templadas [2]. El proceso de acumulación de carbono en la vegetación de humedales tiene dos rutas: Primero, la hojarasca y las raíces finas proporcionan una entrada significativa de carbono orgánico a los suelos; y segundo, las plantas favorecen la captura de material suspendido proveniente de la entrada de agua cuando están bajo la influencia de mareas [3]. Algunos factores tales como las diferencias en la estructura de la vegetación, la composición de las diferentes especies de plantas, las fuentes de materia orgánica, la textura de los sedimentos, los gradientes de elevación, y el régimen de mareas, influyen sobre la variabilidad observada en el almacenamiento de carbono en sitios de manglar [4]. A pesar de su importancia ambiental, durante las últimas décadas, en regiones tropicales, los bosques de manglar han sido talados para propósitos económicos, sin embargo, el manejo apropiado podría contribuir a la captura de carbono en suelos [5]. Actualmente, existe una preocupación constante [6] y para los bonos de carbono [7]. En algunas regiones de México, los ecosistemas de manglar coexisten con zonas urbanas, resultando en bosques de manglar perturbados o disminuidos en su superficie, siendo una prioridad su conservación. Este estudio fue llevado a cabo en un ecosistema complejo cercano a Ciudad del Carmen, Campeche, México, en el cual, una zona urbana y un bosque de manglar coexisten, proporcionando datos de captura de carbono para sitios perturbados y no perturbados.

Metodología

Descripción del área de estudio

La laguna de Términos rodea el sur del Golfo de México en Campeche, y se tienen tres principales ríos que descargan hacia la laguna: Candelaria, Chumpan y Palizada. Las pesquerías y la extracción de petróleo crudo en el Golfo de México han propiciado un desarrollo urbano principalmente en Ciudad del Carmen, la población más grande ubicada al extremo oeste de Isla de Carmen. Puesto que vastos humedales rodean a la laguna de Términos y a la Isla del Carmen, esta región ha sido distinguida con el reconocimiento de humedales de importancia internacional (Ramsar) [8]. La laguna de Términos está casi completamente rodeada por bosque de manglar, con 3 especies dominantes: *Rhizophora mangle L.* (mangle rojo)., *Avicenia germinans L.* (mangle negro) y *Laguncularia racemosa Gaertn. F* (mangle blanco) [9]. En esta región se tiene tres estaciones climáticas: lluviosa (de junio a septiembre), de frentes fríos o Nortes (de octubre a marzo) y de secas (de abril a mayo) [10]. Sin embargo, los humedales en esta región están afectados por la urbanización, las pesquerías, la descarga de aguas residuales, la industrialización y por la agricultura, siendo la cobertura de bosque de manglar, el principal indicador sistémico de cambio ambiental que ha demostrado su afectación [11].

Muestreo de campo.

La campaña de muestreo fue realizada del 13 de junio al 18 de junio de 2019. Se seleccionaron dos sitios de muestreo en la región de la Laguna de Términos (Nuevo Campechito), el primer sitio fue un bosque de manglar en un sitio no perturbado, que fue etiquetado como NC; el segundo sitio fue un bosque de manglar bajo explotación antropogénica y que puede ser considerado como un sitio perturbado, puesto que ha sufrido frecuentes talas y quemas, y que ha sido etiquetado como NCD. El tercer sitio fue un bosque de manglar monoespecífico, en el cual *Rizophora mangle* (mangle rojo) es la especie dominante, localizado en el sitio estero Pargo en Isla del Carmen, y que ha sido etiquetado como EP. Se establecieron transectos en un área representativo de bosque de manglar en cada sitio de muestreo. La ubicación de las áreas seleccionadas para el estudio es mostrada en la Figura 1. Tres parcelas de 4 m x 12 m en cada sitio fueron seleccionadas considerando el libre acceso a la zona, los riesgos, así como la estructura y distribución de la vegetación de manglar. Finalmente, se seleccionaron tres puntos de muestreo de aproximadamente 1 m^2 para cada sitio de muestreo, para obtener una muestra compuesta a 30 y 60 cm de profundidad. Se tomaron un total de 48 muestras de suelos con sus réplicas

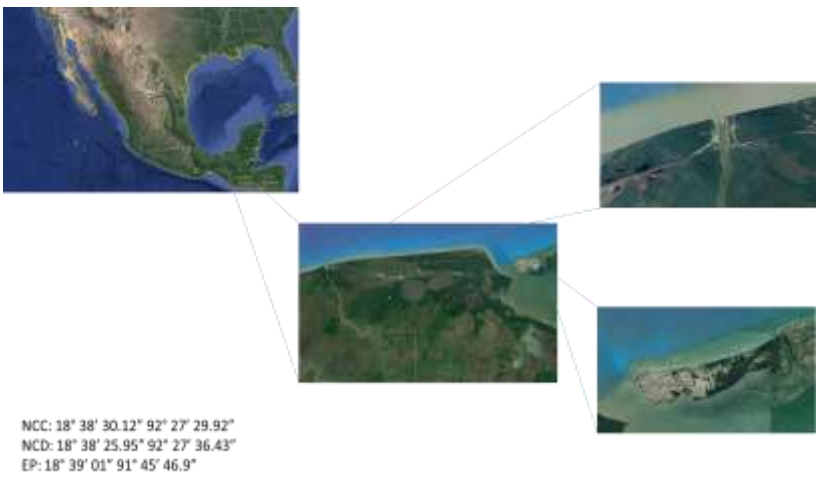


Figura 1. Ubicación de los sitios de muestreo.

Análisis químicos

Todas las muestras obtenidas en campo fueron procesadas en el laboratorio siguiendo protocolos estándar para la cuantificación del almacenamiento de carbono en suelos. Toda la materia orgánica visible (raíces, neumatóforos y hojas) fueron removidas de las muestras de suelo previo a su análisis. El pH del suelo fue medido con un potenciómetro Thermo- Orion modelo 290A usando una solución agua/suelo a una proporción 1:2; mientras que la conductividad eléctrica fue determinada utilizando un medidor de conductividad CL35 utilizando una solución suelo/agua con una proporción 1:5. La densidad aparente fue calculada dividiendo la masa seca de la muestra de suelo (g) entre su volumen (cm^3) [12]. El tamaño de partícula fue determinado utilizando el método del hidrómetro [13]. El porcentaje de contribución de arena (>50 µm), arcilla (>2 µm) y limo (<2 µm) fue determinado para cada profundidad de muestreo. El contenido de materia orgánica (%) fue

cuantificado mediante el método de pérdidas por ignición (LOI por sus siglas en inglés), que asume que el contenido orgánico representa el contenido de carbono, las muestras son sometidas a combustión a 450°C durante 8 horas [14]. El contenido de carbono orgánico (%) fue determinado a partir del contenido de material orgánica multiplicando por un factor de 0.4. La tasa de almacenamiento de carbono en suelos (kg C m^{-2}) fue estimada como el producto de la densidad aparente (g cm^{-3}) y la longitud (cm) del núcleo de muestreo.

Análisis estadístico

Todos los análisis estadísticos fueron realizados utilizando XLStat 2016. El análisis estadístico descriptivo, comparativo (diferencias entre sitios y profundidades de muestreo) y relacional fue aplicado a todos los parámetros fisicoquímicos determinados a dos profundidades de muestreo, incluyendo la tasa de almacenamiento de carbono. Para todos los análisis comparativos, las diferencias significativas fueron determinadas a $\alpha<0.05$.

Resultados y Discusión

La Figura 2a muestra los valores de pH a 30 y 60 cm de profundidad para el sitio no perturbado (NC). Los valores de pH a 30 cm de profundidad fueron neutros (6.908±0.638) mientras que a 60 cm de profundidad, las muestras de suelo fueron moderadamente ácidas (6.545±0.487).

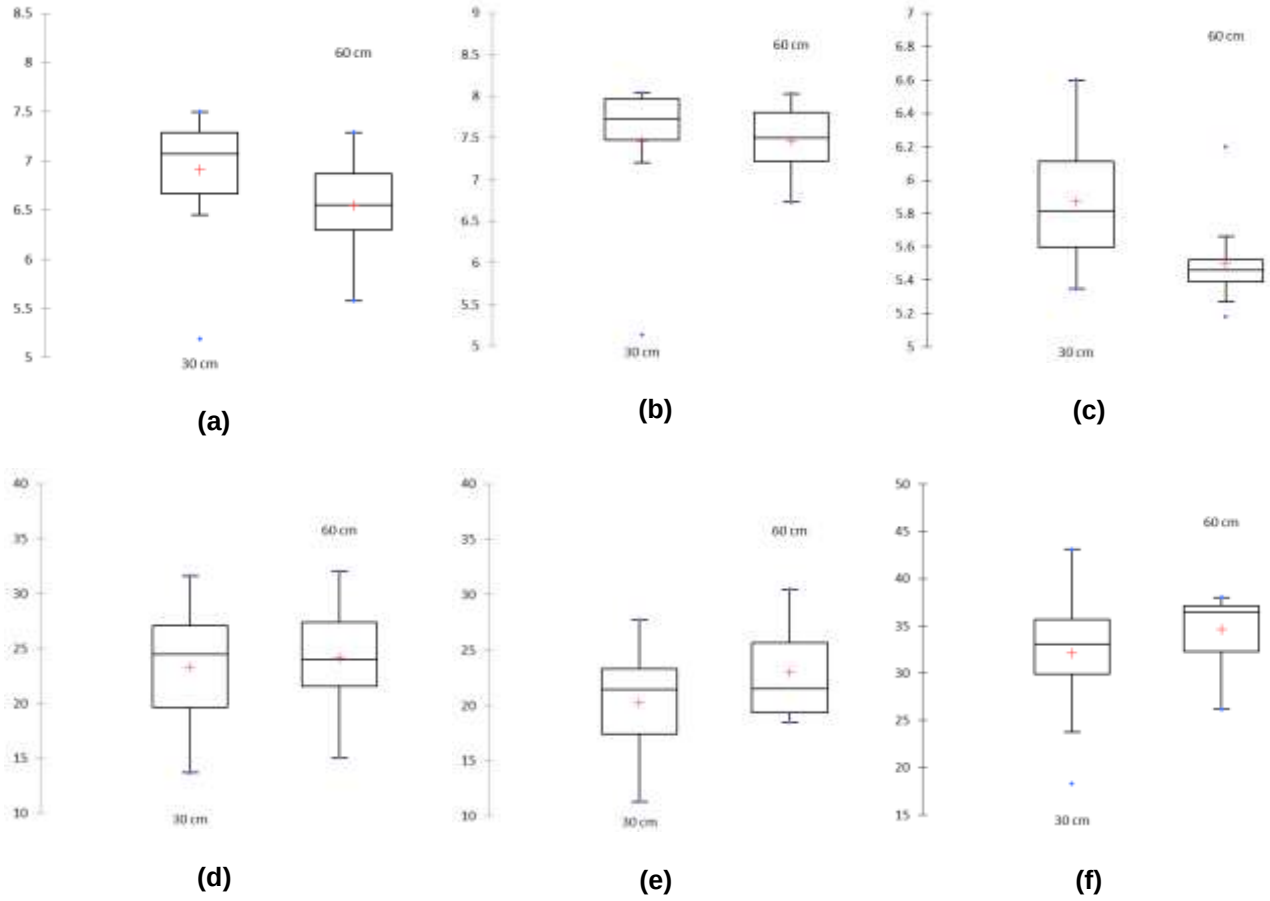


Figura 2. pH y conductividad eléctrica (dS m^{-1}) a 30 y 60 cm de profundidad para el sitio no perturbado (NC): (a), (d); para el sitio perturbado (NCD): (b), (e); y para Estero Pargo (EP): (c), (f).

Por otro lado, la Figura 2b muestra los valores de pH a 30 y60 cm de profundidad para el sitio perturbado (NCD). Los valores de pH a ambas profundidades, 30 (7.464 ±0.838) y 60 (7.465±0.444) cm fueron moderadamente alcalinos. En la Figura 2c, se muestran los valores de pH a 30 y 60 cm de profundidad para el sitio de Estero Pargo (EP), a ambas profundidades (30 cm: 5.87±0.398 y 60 cm: 5.18±0.257) los valores de pH fueron

moderadamente. En todos los casos, los valores de pH a 30 cm de profundidad fueron más altos que a 60 cm, y los valores de pH fueron más altos para el sitio perturbado, esto es de esperarse puesto que valores de pH más elevados son comunes en suelos sometidos a quemas, debido a que el fuego puede alterar las características del suelo. Cuando los valores de pH a ambas profundidades fueron comparados, las diferencias encontradas sólo fueron no significativas para el sitio no perturbado (NCC) [12]. En contraste, se encontraron diferencias significativas entre sitios de muestreo. La Figura 2d muestra los valores de conductividad eléctrica (dS m^{-1}) a 30 y 60 cm de profundidad para el sitio no perturbado (NC), los valores obtenidos a ambas profundidades, 30 (23.333±5.661) y 60 (24.142±4.628) cm, mostraron que los suelos en el sitio NC son fuertemente salinos. El mismo caso fue para el sitio perturbado (NCD) (Figura 2e), donde los suelos muestreados fueron fuertemente salinos a ambas profundidades, 30 (20.242±5.006 dS m^{-1}) y 60 (22.983±4.404 dS m^{-1}) cm [12]. En el caso de Estero Pargo, los suelos fueron muy salinos a ambas profundidades: 30 cm (32.1±6.823 dS m^{-1}) y 60 cm (34.658±3.614 dS m^{-1}).

No se observaron diferencias significativas en la conductividad eléctrica entre profundidades de muestreo. Sin embargo, aplicando pruebas estadísticas (Bartlett, Fisher y Levene), cuando los valores de conductividad eléctrica para los tres sitios a ambas profundidades fueron comparados, si se encontraron diferencias significativas.

En la Figura 3a se muestran los contenidos de materia orgánica (%) para el sitio no perturbado (NC) a 30 (7.25±0.001) y 60 (7.16±0.001) cm de profundidad; siendo el valor medio ligeramente más elevado a 30 cm de profundidad. Por otro lado, en la Figura 3b, se presenta el contenido de material orgánica (%) para el sitio perturbado (NCD) a 30 (4.967±1.419) y 60 (5.000±0.931) cm de profundidad; siendo el valor medio ligeramente más alto a 30 cm de profundidad. En la Figura 3c, el contenido de material orgánica (%) para el sitio de Estero Pargo (EP) a 30 (5.247±1.924) y 60 (5.911±1.813) cm de profundidad es mostrado.

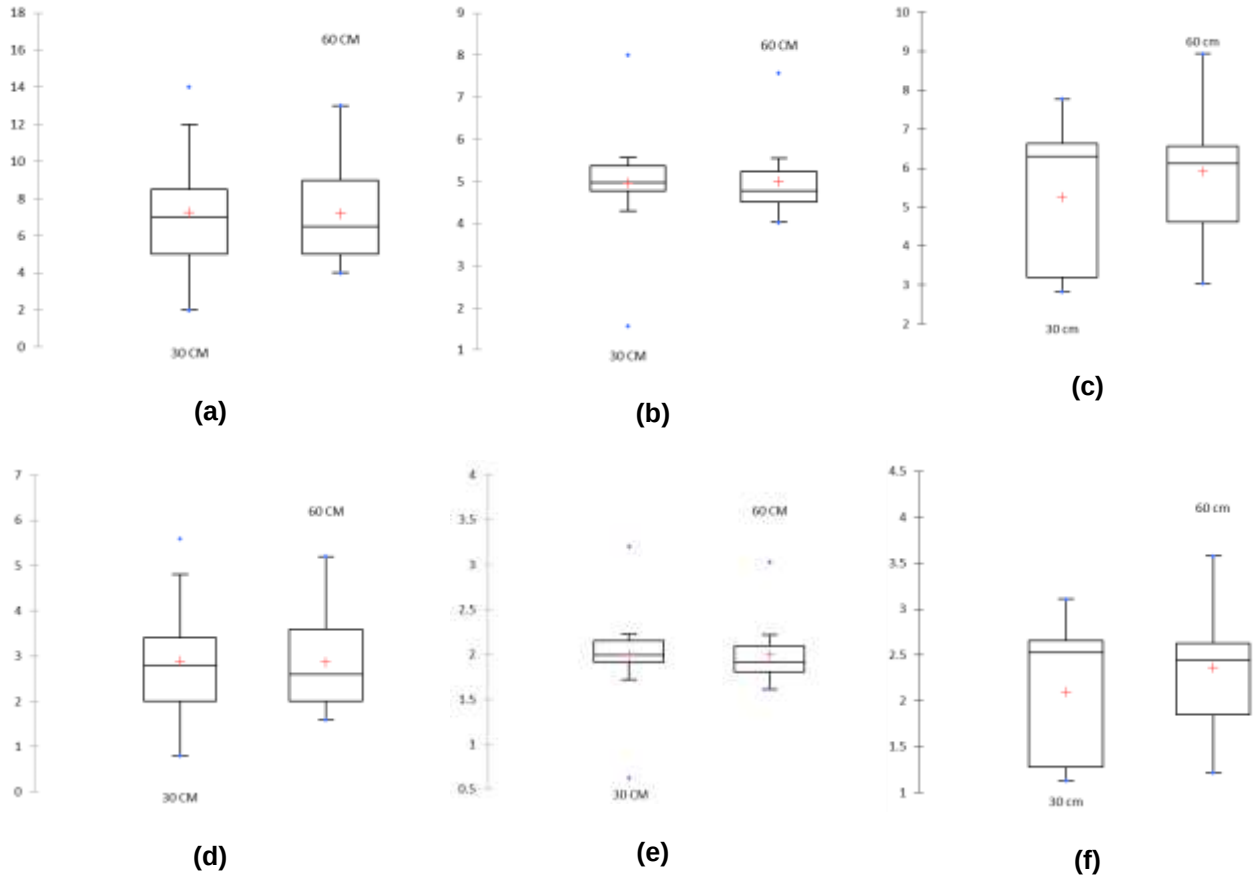


Figura 3. Materia orgánica (%) y Carbono orgánico (%) a 30 y 60 cm de profundidad, para el sitio no perturbado (NC): (a), (d); para el sitio perturbado (NCD): (b), (e); y para Estero Pargo ((EP): (c), (f).

Comparando los contenidos de materia orgánica en cada sitio entre profundidades de muestreo, se encontró que estas diferencias no fueron significativas. Los valores de materia orgánica (%) fueron más altos en NC y EP que en NCD, sugiriendo que, el grado de perturbación juega un papel muy importante en el contenido de materia orgánica. El sitio NCD ha sufrido frecuentes quemas. La tala y la quema, es una práctica agrícola común en regiones tropicales, siendo el método más eficiente utilizado por los agricultores, quienes creen que esta práctica incrementa la productividad de los campos. El problema es que muchas veces, estas quemas no son controladas. Las quemas de alta intensidad frecuentes reducen la cantidad de carbono almacenado en los suelos, en parte a causa de un crecimiento reducido de las plantas que se traduce en menor cantidad de carbono fijado de la atmósfera y almacenado en la biomasa de las plantas. Aplicando pruebas estadísticas (Bartlett, Fisher y Levene), se encontró que las diferencias en el contenido de material orgánica entre sitios de muestreo si fueron significativas.

En la Figura 3d se presenta el contenido de carbono orgánico (%) para el sitio no perturbado (NC) a 30 (2.9±0.001) y 60 (2.867±0.001) cm de profundidad; mostrando casi el mismo valor medio a ambas profundidades; y como es de esperarse, no se encontraron diferencias significativas entre profundidades de muestreo. Por otro lado, en la Figura 3e, se muestra el contenido de carbono orgánico (%) para el sitio perturbado (NCD) a 30 (1.987±1.419) y 60 (2.000±0.931) cm de profundidad; mostrando casi el mismo valor medio a ambas profundidades, y por lo tanto, diferencias significativas no fueron encontradas entre profundidades de muestreo para este sitio. Por otro lado, en la Figura 3f, se presenta el contenido de carbono orgánico (%) para el sitio de Estero Pargo (EP) a 30 (2.099±0.770) y 60 (2.364±0.725) cm de profundidad, y en el cual, no se encontraron diferencias significativas. En general, los valores de carbono orgánico (%) fueron más altos en NC y EP que en NCD, sugiriendo que el grado de perturbación juega un papel muy importante en el contenido de carbono orgánico acumulado en un sitio dado. Aplicando las pruebas estadísticas (Bartlett, Fisher y Levene), se encontró que las diferencias entre sitios de muestreo fueron significativas cuando el contenido de carbono en todos los sitios a las dos profundidades fue comparado.

En la Figura 4, se muestra el tamaño de partícula medido como porcentaje de contribución de arena, arcilla y limo a 30 y 60 cm de profundidad para NC, NCD y EP. La textura del suelo para NC y NCD fue franco-arenosa, siendo la contribución de arena y limo más alta a 30 cm en NCD. La contribución de arena, arcilla y limo fue casi la misma a 30 y 60 cm de profundidad para NC. La contribución de arena en NCD en comparación con los suelos en NC; mientras que el contenido de arcilla fue ligeramente más alto en los suelos de NC. En el caso de EP, la contribución de arena fue casi la misma a ambas profundidades; mientras que el contenido de arcilla fue más alto a 30 cm de profundidad.

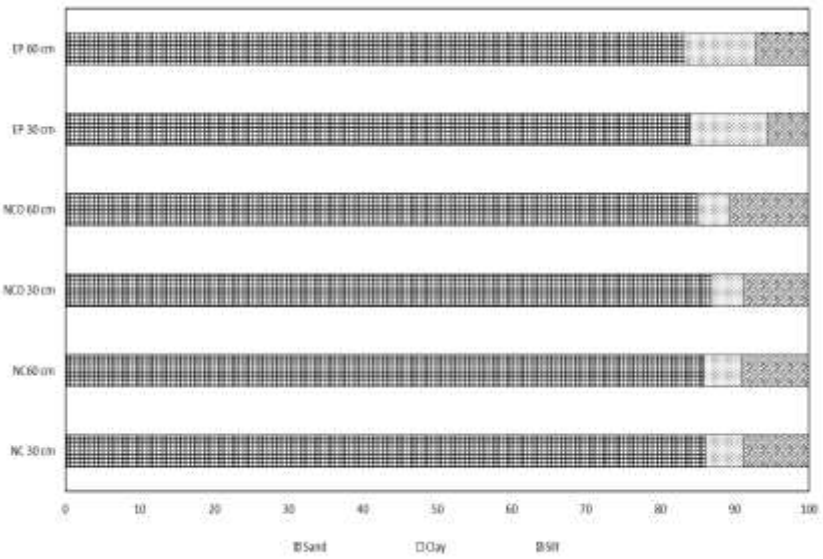


Figura 4. Tamaño de partícula del suelo medida como porcentaje de contribución de arena, arcilla y limo en los bosques de manglar en un sitio no perturbado (NC), un sitio perturbado (NCD) y en Estero Pargo (EP) a 30 y 60 cm de profundidad.

En la Figura 5a, se muestra la tasa de almacenamiento de carbono en el sitio no perturbado (NC), con un valor medio de 107.071 kg C m^{-2} a 30 cm de profundidad y un valor medio de 111.213 kg C m^{-2} a 60 cm de profundidad.

Por otro lado, en la Figura 5b, las tasas de captura de carbono son mostradas para el sitio perturbado (NCD), con un valor medio de 79.759 kg C m^{-2} a 30 cm de profundidad, y un valor medio de 93.474 kg C m^{-2} a 60 cm de profundidad. Finalmente, en la Figura 5c, se puede observar que la tasa de almacenamiento o captura de carbono en Estero Pargo (EP) tuvo un valor medio de 58.619 kg C m^{-2} a 30 cm de profundidad, y un valor medio de 122.015 Kg C m^{-2} a 60 cm de profundidad. Como se puede observar a partir de la Figura 5, la tasa de almacenamiento de carbono fue más alta a 60 cm de profundidad, sin embargo, sólo diferencias significativas entre profundidades de muestreo fueron encontradas para el sitio de Estero Pargo (EP). Comparando entre sitios, la tasa de captura de carbono a 60 cm de profundidad fue más elevada en el sitio no perturbado (NC) y en el sitio de Estero Pargo (EP) en comparación con el sitio perturbado (NCD), inclusive, en algunos casos, los valores obtenidos en NCD fueron casi la mitad de los obtenidos en NC, sugiriendo que el grado de perturbación juega un papel muy importante y determinante en el potencial de captura de carbono en los suelos de manglar. Aplicando las pruebas estadísticas para fines de comparación (Bartlett, Fisher y Levene), se encontró que las diferencias entre sitios de muestreo fueron altamente significativas.

Puesto que el muestreo de suelos fue realizado durante la misma estación climática y dada la proximidad relativa entre los sitios de muestreo, las diferencias encontradas en los parámetros fisicoquímicos medidos no pueden ser atribuidos a la morfología del suelo o a las condiciones hidrológicas, y por esta razón, no se encontraron diferencias significativas entre profundidades de muestreo. Comúnmente, las diferencias entre profundidades de muestreo suelen estar más relacionadas con la variabilidad estacional a causa de la influencia de fuentes de agua (contribución de mareas, escorrentía, inundación y precipitación). Esto sugiere que, en el caso del presente estudio, la variabilidad observada podría estar estrechamente relacionada con la naturaleza y condiciones específicas de cada sitio de muestreo, por ejemplo, la estructura de la vegetación (densidad del bosque, especies dominantes, edad y altura de los árboles) así como el grado de perturbación de cada sitio.

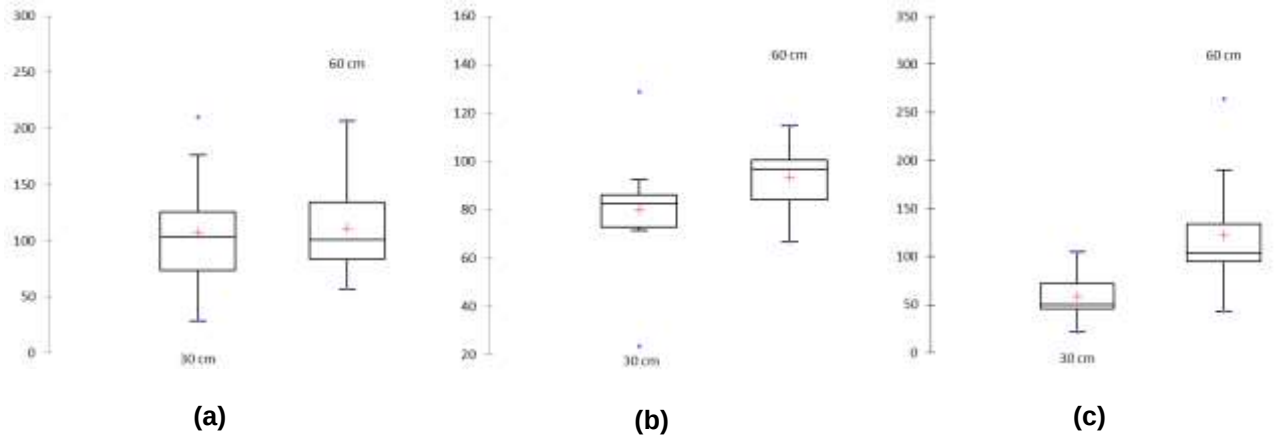


Figura 5. Tasa de almacenamiento de carbono (kg C m^{-2}) para el sitio no perturbado (NC): (a); para el sitio perturbado (NCD): (b); y para el sitio de Estero Pargo (EP): (c) a 30 y 60 cm de profundidad

La tasa de almacenamiento de carbono puede estar relacionada con la densidad de árboles de manglar o la altura promedio en una parcela dada. Se ha reportado que los bosques con una densidad más alta, árboles más altos o más viejos tienen mayor potencial de captura de carbono a velocidades más rápidas en comparación con bosques menos densos que tiene árboles más jóvenes y menos [15]. Durante el presente estudio, los efectos de la estructura de la vegetación de manglar sobre la captura o almacenamiento de carbono fueron completamente evidentes. Los árboles más altos fueron observados en el sitio no perturbado (NC); mientras que en el sitio perturbado (NCD), los individuos de mangle fueron más bajos; y en el sitio de Estero Pargo (EP) los individuos fueron muy jóvenes y bajos, puesto que se trata de un sitio recientemente reforestado. La tasa de almacenamiento de carbono estuvo positivamente correlacionada con la densidad del bosque de manglar en el sitio no perturbado (NC), donde la densidad de árboles de manglar fue significativamente más alta que en el sitio perturbado (NCD). Adicionalmente, se ha reportado que, la tasa de almacenamiento de carbono puede estar estrechamente relacionada con la edad del bosque manglar; puesto que los bosques más viejos o maduros han tenido suficiente tiempo para acumular carbono en los reservorios de carbono del suelo, incrementando, por lo tanto, su tasa de almacenamiento en comparación con los bosques más jóvenes. Con respecto a la edad de los

individuos de mangle, puesto que el sitio NC es un sitio no perturbado, individuos más maduros han permanecido en el sitio a lo largo del tiempo; mientras que en NCD y EP sólo se tienen individuos jóvenes, en el caso del primero debido a su grado de perturbación, y en el caso del segundo, debido a que se trata de un sitio recientemente reforestado. Puesto que los suelos arenosos no promueven la retención de material orgánica como es el caso de la arcilla y el limo, se ha reportado una fuerte relación entre el carbono orgánico en los suelos y el tamaño de partícula [16]. De acuerdo a esto, puesto que las tasas de almacenamiento de carbono fueron significativamente más bajas en el sitio perturbado (NCD), se puede concluir que, además de la estructura de la vegetación, la textura del suelo podría ser otra variable ambiental influyendo significativamente sobre el contenido de carbono orgánico e los suelos de manglar.

Análisis estadístico bi-variado y multi-variado

El sitio no perturbado (NC) mostró correlaciones negativas significativas entre la conductividad y el % de arena (-0.717), para el % de arena con el carbono orgánico (-0.533) y con la materia orgánica (-0.533). La conductividad eléctrica es un buen indicador de la fertilidad del suelo y puede ser usada para mostrar la capacidad del suelo para almacenar nutrientes, de este modo, valores bajos de conductividad eléctrica son a menudo encontrados en suelos arenosos con bajos contenidos de material orgánica; mientras que, altos niveles de conductividad eléctrica son usualmente encontrados en suelos con un alto contenido de arcilla. Esto podría explicarlas correlaciones negativas significativas encontradas en este sitio. La correlación significativa encontrada entre carbono orgánico y material orgánica con la conductividad (0.480) puede ser explicada, puesto que la conductividad eléctrica está influenciada por una mezcla de propiedades fisicoquímicas del suelo como textura, materia orgánica, humedad, salinidad, Correlaciones positivas significativas entre porcentaje de limo y materia orgánica (0.455) y entre porcentaje de limo y carbono orgánico (0.455) indican que la capacidad de un suelo para almacenar materia orgánica está relacionada con la concentración de partículas de limo y arcilla, con la presencia de óxidos, y con el grado de agregación. Adicionalmente, es necesario tomar en cuenta que la descomposición de la materia orgánica es más rápida en suelos arenosos en comparación con los suelos arcillosos y limosos, esto podría explicar la correlación positiva.

La conductividad eléctrica mostró una correlación negativa significativa con el pH (-0.638). El pH influye sobre las propiedades físicas, químicas, así como en la fertilidad del suelo. Con respecto a esto último, la asimilación de nutrientes del suelo es influenciada por el pH, puesto que ciertos nutrientes pueden ser inmovilizados bajo ciertas condiciones de pH y no ser asimilados por las plantas. Por otro lado, la conductividad eléctrica y el porcentaje de arena mostraron una correlación negativa significativa (-0.467), puesto que valores bajos de conductividad son comúnmente encontrados en suelos arenosos. Finalmente, se encontró una fuerte correlación negativa entre el porcentaje de arena y de limo, esto puede ser explicado, considerando que debido a que los intensos fuegos pueden alterar permanentemente la textura del suelo agregando partículas de arcilla y limo a partículas estables de arena, y haciendo que la textura del suelo sea más gruesa y erosionable.

Se pudo observar una fuerte correlación negativa entre el % de arena y limo (-0.815) y entre el porcentaje de arcilla y arena (-0.414); esta relación puede explicarse debido a que la capacidad del suelo para almacenar materia orgánica está más relacionada con la concentración de partículas de limo y arcilla. Con respecto a esto, es necesario considerar que, la descomposición de material orgánica es más rápida en suelos arenosos que en suelos limosos y arcillosos, esta diferencia podría explicar las correlaciones negativas obtenidas.

Conclusiones

Este estudio evaluó las diferencias en el potencial de captura de carbono de tres sitios: un sitio no perturbado (NC), un sitio perturbado (NCD) y un sitio con un bosque mono-específico recientemente reforestado (EP). Los resultados mostraron que las fuentes de agua, la morfología del suelo y la hidrología, no influyeron significativamente sobre la tasa de captura de carbono en los sitios estudiados, puesto que el muestreo fue realizado en la misma estación climática. Sin embargo, otros factores ambientales relativos al grado de perturbación y la estructura de la vegetación, jugaron un rol importante incrementando el potencial para acumular carbono orgánico en los suelos estudiados. Por lo tanto, estos hallazgos podrían servir de apoyo a los tomadores de decisiones para promover la conservación de bosques de manglar en la región de la laguna de Términos, principalmente, aquéllos bosques maduros y densos.

Agradecimientos

Investigación realizada gracias al Programa UNAM-PAPIIT IN111618 “Reservorio de carbono e intercambio de CO_2 y CH_4 en el sustrato de la zona de manglar aledaña a la Laguna de Términos, Campeche”.

Referencias

[1] X. Lu, J. Xiao, F. Liu, Y. Zhang, C. Liu, and G. Lin, “Contrasting ecosystem CO_2 fluxes of inland and coastal wetlands: A meta-analysis of eddy covariance data”, *Global. Chang. Biol,* Vol.23, pp. 1180-1198, 2016.

[2] Y. Xiong, B. Liao, and F. Wong, “Mangrove vegetation enhances soil carbon storage primarily through in situ inputs rather than increasing allochthonous sediments”, *Marine Pollution Bulletin,* Vol.13, pp. 378-385, 2018.

[3] X. Liu, Y. Xiong, and B. Liao, “Relative contributions of leaf litter and fine roots to soil organic matter accumulation in mangrove forests”, *Plant Soil,* Vol. 421, pp. 493-503, 2018.

[4] M.A. Hayes, A. Jesse, B. Hawke, J. Baldock, B.Tabet, D. Lockington, and C.E. Lovelock, “Dynamics of sediment carbon stocks across intertidal wetland habitats of Moreton bay, Australia”, *Global. Chang. Biol,* Vol. 23, pp. 422-423, 2017.

[5] C. Palm, H. Blanco-Conqui, F. Declerck, I. Gatere, and P. Grace, “ Conservation agriculture and ecosystem services: an overview”. *Agric. Ecosyst. Environ,* Vol. 187, pp. 87.101, 2014.

[6] Ramsar, *Resolution VIII.32. Conservation, Integrated management, and Sustainable Use of mangrove ecosystems and their Resources,* The Ramsar Convention of Wetlands, http://www.ramsar.org/sites/defaultfiles/documents/pdf/res/key_res_viii_32_e.pdf, 2002.

[7] Y. Yanekura, S. Olita, Y. Kiyano, D. Aksa, K. Morisada, N. Tanaka, and I. Tayasu, “Dynamics of soil carbon following destruction of tropical rainforest and the subsequent establishment of Imperata grassland in Indonesian Borneo using stable carbon isotopes”, *Global. Chang. Biol,*Vol. 18, pp. 2606-2616, 2012.

[8] C. Grenz, R. Fichez, C. Alvarez, L. Calvo, P. Conan, A. Contreras, L. Denis, S. Draz, P. Douillet, M. Gallegos, J.F. Ghiglione, F. Gutiérrez, M. Origel, A.Z. Márquez, A. Muñoz, M. Pujo-Pay, R. Torres, and J. Zavala-Hidalgo, “ Benthic ecology of tropical coastal lagoons: Environemnatl changes over the last decades in the Terminos Lagoon, Mexico”, *Comptes Rendus Geoscience,* Vol. 349, pp. 319-329, 2017.

[9] J.W. Day, W.H. Conner, F. Ley-Lou, R.H. Day, and A. Machado, “The productivity and composition of mangrove forests, Laguna de Terminos, Mexico”, *Aquatic. Bot,* Vol. 27, pp, 267-284, 1987.

[10] A. Yáñez-Arancibia, A.L. Lara-Domínguez, P. Chavance, and D.F, Hernández, “Environmental behavior of Terminos Lagoon Ecological System, Campeche, Mexico”, *An. Inst. Cien. Del Mar y Limnología, Universidad Autónoma de México,* pp. 137-176, 1983.

[11] E. Soto-Galera, J.Pierra, and P. Lopez, “Spatial and Temporal land cover changes in Terminos Lagoon Reserve, Mexico”, *Rev. Biol. Trop,* Vol. 58, pp. 565-575, 2010.

[12] NOM-021-RECNAT-2000, *Norma Oficial Mexicana que establece las especificaciones de fertilidad, salinidad y clasificación de suelos. Estudios, muestreo y análisis,* Diario Oficial de la Federación, 2002.

[13] G.W. Gee, and J.W. Bauder, “Particle-size analysis”. In: Klute, A (Ed), *Methods of sediment analysis, part 1-Physical and Mineralogical Methods. (Second Ed. Agronomy number, 9),* Madison, Wisconsin, pp. 383-411, 1986.

[14] J. Howard, S. Hayt, K. Isensee, M. Telszewski, and E. Pidgeon, “Coastal blue carbon: Methods for assessing carbon stocks and emission factors in mangroves, tidal salt marshes, and seagrasses” Conservation International, Intergovernmental Oceanographic Commission of UNESCO, International Union for Conservation of Nature. Arlington, Virginia, USA. Retrieved from https://www.cifor.org/library/5095/, 2014.

[15] A. Andreetta, M. Fusi, I. Cameldi, F. Cimo, S. Carnicelli, and S. Cannico, “Mangrove carbon sink. Do burrowing crabs contribute to sediment carbon storage? Evidence from a Kenyan mangrove system”, *J. Sea. Res,* Vol. 85, pp. 524-533, 2014.

[16] J.J. Kelleway, N. Saintilan, P.I. Macreadie, and P.J. Ralph, “Sedimentary factors are key predictors of carbon storage in Southeastern Australia”, *Saltmarshes Ecosystems,* Vol. 19, pp. 1-17, 2016.

Evaluación del Flash Detente sobre el contenido y estabilidad de flavonoides totales en mango “Manila”

U. R. Marín-Castro[1], A. Servent[2,3], D. Pallet[2,3], V. J. Robles-Olvera[1], M. A. Salgado-Cervantes[1]*

[1]UNIDA, Tecnológico Nacional de México, ITVeracruz, M.A. de Quevedo 2779, col. Formando Hogar, Veracruz, Ver. CP 91897, México. msalgadocervantes@yahoo.com.mx
[2]CIRAD, UMR Qualisud, F-34398, Montpellier, Francia.
[3]Qualisud, Univ Montpellier, CIRAD, Montpellier SupAgro, Université d´Avignon, Université de la Réunion, Montpellier, France.

Área de participación: Ingeniería Química

Resumen

México es el quinto productor de mango a nivel mundial. Las dos variedades mayormente cultivadas son “Ataulfo” y “manila”, sin embargo, esta última variedad presenta características fisiológicas que lo hacen sumamente perecedero. Una alternativa para su comercialización es la transformación de éste, en una forma más estable. Una tecnología emergente empleada en el procesamiento de frutos es el Flash Détente, FD. El FD es un proceso de transformación física que promueve la disgregación del tejido vegetal mediante el uso de diferencias de temperatura y presión. En el presente trabajo fue evaluado el uso de diferentes tiempos de exposición térmica sobre el contenido total de Flavonoides, CTF, y su impacto sobre la estabilidad durante el almacenamiento. De acuerdo con los resultados el FD permitió incrementar significativamente ($p < 0.05$) el CTF en el puré debido a la incorporación de compuestos fenólicos procedentes de la parte no comestible (cascara y semilla). Los purés presentaron además mayor estabilidad, observándose un menor porcentaje de degradación al final del almacenamiento atribuido a su actividad antioxidante, evidenciando la eficacia del FD como una alternativa viable para el procesamiento del mango “manila”, variedad de interés en la región.

Palabras clave: *Evaporación instantánea, Disgregación tisular, mango manila, tecnología emergente.*

Abstract

Mexico is the fifth producer of mango worldwide. The two varieties that are mostly cultivated are "Ataulfo" and "manila", however, the latter variety presents physiological characteristics that make it highly perishable. An alternative for its commercialization is its transformation into a more stable form. An emerging technology used in fruit processing is Flash Détente, FD. FD is a physical transformation process that promotes disaggregation of plant tissue through the use of temperature and pressure differences. In the present work, the use of different thermal exposure times on the total content of Flavonoids, CTF, and its impact on stability during storage was evaluated. According to the results, FD allowed to significantly increase ($p <0.05$) the CTF in the puree due to the incorporation of phenolic compounds from the inedible part (peel and seed). The purees also presented greater stability, observing a lower percentage of degradation was observed at the end of storage attributed to their antioxidant activity, evidencing the effectiveness of DF as a viable alternative for the processing of "manila" mango, a variety of interest in the region.

Key Words: *Instant evaporation, Tissue disaggregation, manila mango, emerging technology.*

Introducción

Recientemente ha habido un creciente interés en el estudio de los compuestos fenólicos en fruta de mango; cascara, semilla, hojas y tallos; ya que es una fruta relativamente económica y altamente consumida debido a su textura, sabor, alto contenido de carotenoides, vitamina C, vitamina E, compuestos fenólicos, minerales y fibras [1]. Ha sido demostrado que los compuestos bioactivos que se encuentran en el mango (como los flavonoides), así como en otras frutas, hierbas y plantas tienen beneficios a la salud humana, debido a su actividad antioxidante, anticancerígena, antimutagénica y actividad inhibitoria de la angiogénesis.

México es el quinto productor y principal exportador de mango en el mundo. Su producción se centra en los estados de Chiapas, Oaxaca, Guerrero, Michoacán, Sinaloa, Nayarit y Veracruz [2]. Se estima que en el estado de Veracruz el 85% de las plantaciones son de la variedad “manila”. Sin embargo, su principal destino es el mercado nacional debido a su cascara delgada que, a diferencia de otras variedades, no lo hacen un candidato fácil para la exportación ya que es sensible al daño mecánico durante el transporte. Una alternativa para el procesamiento de frutos perecederos es el procesamiento.

El mango es procesado de forma industrial en jugos, néctares, polvos y purés. Una tecnología emergente empleada en el procesamiento de material vegetal es el Flash Détente, FD. El FD es un proceso en el cual el material vegetal es calentado entre 60 y 90 °C, posteriormente es introducido en una cámara de vacío (2 a 5 kPa) donde se expande o disgrega debido a la formación de microcanales dentro del tejido celular y la evaporación instantánea del agua constitutiva [3]. Esta tecnología ha sido utilizada en diferentes matrices vegetales, Morel y col. [4], evaluaron su uso como pretratamiento durante el proceso de vinificación en tres variedades de uva (Grenache, Mourvedre, Carignan) y 2 diferentes temporadas, reportando un incremento en la concentración de compuestos fenólicos (Ácidos hidroxicinámicos, flavonoles, antocianinas, catequinas, proantocianidinas). Por su parte Brat y col. [5], analizaron el impacto del proceso FD, durante el procesamiento de puré de maracuyá en las diferentes etapas del proceso (calentamiento, expansión y expansión-aguas aromáticas), de acuerdo con los autores, el proceso permitió la obtención de purés con mejores características de color y concentración de pigmentos, además de incrementar el rendimiento. Por último, Vargas-Ortiz y col. [6, 7], evaluaron el uso de diferentes tiempos de procesamiento sobre la concentración de fenoles totales y actividad enzimática, reportando la obtención de purés con una mayor concentración de fenoles totales y una inactivación completa la polifenol oxidasa.

Dado todos los reportes positivos, el objetivo del presente trabajo fue evaluar el uso de diferentes condiciones de procesamiento por FD sobre el contenido de flavonoides totales en mango “manila” (variedad de interés en la región) y la estabilidad de estos compuestos durante el almacenamiento.

Metodología

Materia prima

En el presente trabajo fueron empleados mangos de la variedad “manila” en madurez de consumo, procedentes del municipio de Actopan, Veracruz, México. Las frutas fueron lavadas cuidadosamente con agua clorada, y se agruparon en lotes de 5 mangos de tamaño y color homogéneo para su procesamiento.

Proceso Flash Détente

Para cada tratamiento aproximadamente 1 kg de mango fue colocado en la cámara de calentamiento y sometido a diferentes tiempos de exposición térmica empleando vapor de agua: 10 min (T1), 15 min (T2) y 20 min (T3), un cuarto puré fue preparado usando un procesador de alimentos y utilizado como control (T0). La temperatura interna en el mango fue medida usando termopares de tipo Z acoplados a una base de datos (Digi-sense No. 9200005, USA).

Una vez que los mangos fueron calentados, estos fueron sometidos instantáneamente a condiciones de vacío (3kPa), los purés fueron colectados y almacenados a -20 °C para su posterior análisis.

Preparación de extractos

Los extractos de puré de mango fueron obtenidos de acuerdo con la metodología descrita por Robles-Sánchez y col. [8], con algunas modificaciones. 20 g de puré fueron mezclados con 15 mL de metanol al 80% y homogenizados por 1 min usando un ultra- Turrax (IKA, Alemania), entonces las muestras fueron sonicadas por 15 min y centrifugadas a 3379 g. Este procedimiento fue repetido por duplicado usando 20 mL de metanol 80% con el fin de asegurar una máxima extracción de los compuestos bioactivos, los extractos fueron ajustados a un volumen final.

 ISSN 2007-8102

Determinación del contenido total de flavonoides

El contenido total de flavonoides fue determinado por el método colorimétrico descrito por Sakanaka, Tachibana y Okada [9]. 0.25 mL de extracto (o solución estándar de catequina) fue mezclado con 1.25 mL de agua destilada, seguido de la adición de 75 µl de una solución de nitrito de sodio al 5%. Después de 6 min, se añadieron 150 µl de una solución de cloruro de aluminio al 10%, la mezcla se dejó en incubación por 5 min y fueron agregados 0.5 mL de hidróxido de sodio 1 M. La mezcla fue ajustada a un volumen de 2.5 mL de agua destilada y agitada. La absorbancia se midió inmediatamente a 510 nm usando un equipo Spark 10 M (Tecan, Francia), equipado con auto inyector. Los resultados fueron expresados como mg equivalentes de catequina por cada 100 g de peso fresco, utilizando una curva de calibración con $r^2 = 0.99$.

Almacenamiento

El almacenamiento fue realizado durante 24 días a una temperatura de 4 °C. Todos los ensayos fueron realizados por triplicado. La construcción de los gráficos fue realizada utilizando el software Kaleida Graph 4.0 Synergy.

Resultados

Cambios en la temperatura durante el proceso Flash Détente.

Los cambios en la temperatura son mostrados en la Figura 1. Como es posible apreciar, la temperatura interna del mango aumenta con respecto al tiempo de exposición, siendo este incremento mayor durante los primeros 20 min, posteriormente la temperatura aumenta en menor proporción. La temperatura del puré al final del proceso sufre una disminución, llegando a los 28 °C. La disminución drástica de la temperatura ocurre debido a que el agua que se evapora (y a su vez es arrastrada por el vacío) toma el calor de vaporización de la fruta, enfriándola en el proceso. El sistema se equilibra cuando la presión de agua en la fruta coincide con presión de la cámara de expansión [10].

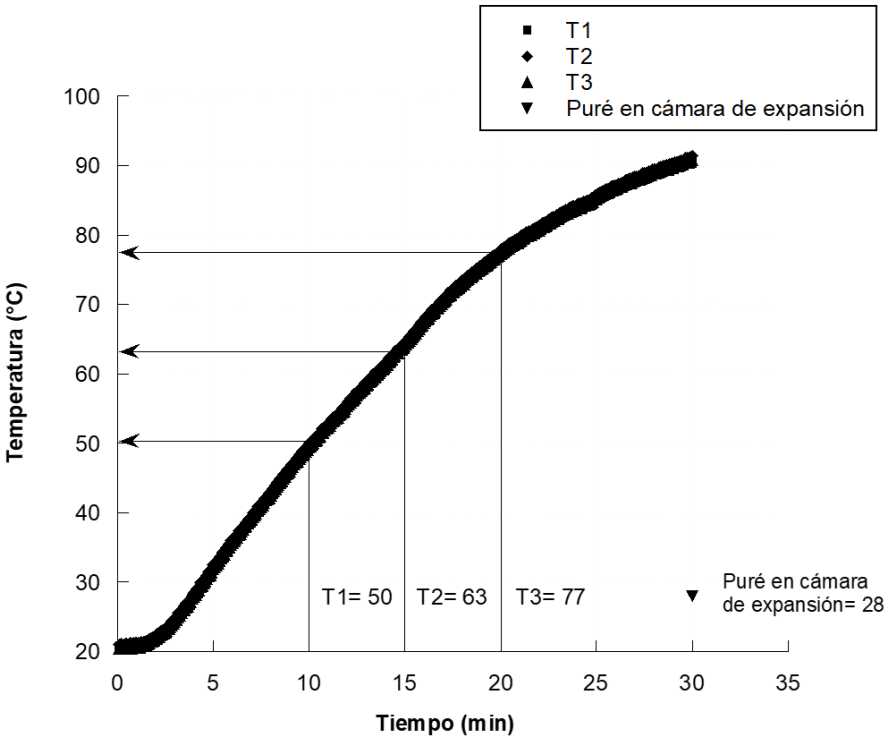


Figura 1. Cambios en la temperatura interna del mango "Manila" durante la etapa de exposición térmica (T1, T2 y T3) y expansión.

De acuerdo con Brat y col. [5], la temperatura necesaria para llevar a cabo el proceso FD, es de entre 60 y 90 °C, por lo que fue seleccionado un tiempo de exposición de 15 min como suficiente para llevar a cabo la expansión, sin embargo, con el fin de evaluar el impacto de diferentes tiempos de exposición térmica, fue seleccionado un tiempo por debajo y otro por encima, 10 y 20 min, respectivamente.

Impacto del Flash Détente sobre el contenido total de flavonoides

Los flavonoides comprenden un grupo de compuestos polifenólicos ampliamente distribuidos en frutos y vegetales. Poseen propiedades antioxidantes; antiinflamatorias; antitrombóticas; antimicrobianas; antialérgicas; antitumorales; antiasmáticas e inhibidoras de enzimas como la transcriptasa reversa, proteína quinasa C, tirosina quinasa C, calmodulina, ornitina decarboxilasa, hexoquinasa, aldosa reductasa y fosfolipasa C [11]. Los dos principales flavonoides presentes en el mango son la quercetina y la catequina [12], ambos son potentes antioxidantes con beneficios a la salud humana [13]. Los resultados obtenidos para el contenido de flavonoides totales son mostrados en la Figura 2.

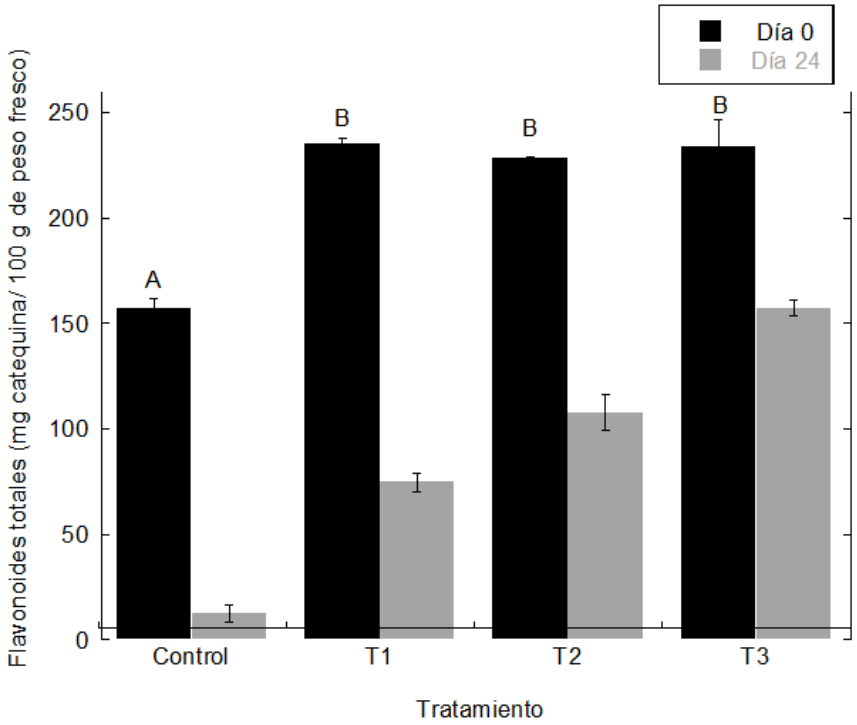


Figura 2. Flavonoides totales al inicio y final del almacenamiento a 4 °C durante 24 días. Diferentes letras representan diferencias significativas (ANOVA, prueba de Tukey, $p < 0.05$).

El contenido total de flavonoides en purés FD y control, se encontró en un intervalo de 156.96 ± 4.78 a 233.54 ± 13.02 mg de catequina/ 100 g de peso fresco. Los resultados obtenidos fueron superiores a los reportados por Corrales-Bernal y col. [14], para mango de la variedad “azúcar” en diferentes estados de maduración (56.2 a 81.6 mg de catequina/100 g de pulpa) y similares a los obtenidos por Maldonado-Astudillo y col. [15], quienes reportaron un valor de 237.3 mg de catequina/ 100 g de peso fresco, para mango de la variedad “manila” en extracto metanólico.

Como se puede observar en la Figura 2, el CTF en todos los tratamientos FD no mostró diferencias significativas entre ellos, sin embargo, fueron significativamente mayores ($p < 0.05$) al puré control. Este incremento en el CTF

podría ser el resultado de una mayor ruptura de las paredes celulares en la pulpa de mango debido al efecto del FD. Paranjpe y col. [10], evaluaron el daño celular inducido por diferentes procesos, FD, térmico y enzimático, en uvas sin semilla de la variedad “Thompson”, de acuerdo con estos autores el FD mostró el mayor daño celular en la cascara de la uva en comparación a los demás procesos, lo cual incremento la concentración de antocianinas en el producto final. Considerando que durante el FD el mango es procesado sin retirar la cascara, el incremento en el CTF podría ser atribuido a la posible migración de compuestos fenólicos desde la cascara al puré. Sogi y col. [16], reportaron valores de 2032 a 3185 mg GAE/ 100 g de base seca, en cascara de mango, además cabe mencionar que al final del proceso, fue observado el agrietamiento de la semilla por efecto de la expansión.

Un comportamiento similar fue observado por Vargas-Ortiz y col. [7], quienes reportaron un incremento en el contenido de fenoles totales por efecto del proceso FD, el cual permite la liberación de compuestos fenólicos almacenados en la parte no comestibles del fruto, es decir, la cascara y semilla.

El CTF fue analizado al final de un almacenamiento de 24 días, de forma general el CTF disminuyó de forma significativa para todos los purés de mango “manila”, observándose un porcentaje de degradación de 91.25 ±1.16, 62.51 ± 9.6, 53.39 ± 1.12 y 35.68 ± 2.61%, para T0, T1, T2 y T3, respectivamente. Sin embargo, pudo ser apreciado el efecto del tiempo de exposición térmica sobre la estabilidad del CTF, un incremento en este parámetro permite la obtención de purés más estables, capaces de retener una mayor cantidad de compuestos funcionales durante mayor tiempo, lo cual fue atribuido a la actividad antioxidante de cada tratamiento, la cual aumenta con respecto al incremento en el tiempo de procesamiento, de acuerdo con un trabajo previamente presentado por Marín-Castro y col. [17], los autores reportaron 36.98 ± 0.65, 37.31 ± 0.55, 51.22 ± 1.53 and 62.34 ± 1.79% de inhibición del reactivo DPPH 0.1 M, para T0, T1, T2 y T3, respectivamente, lo cual explicaría el comportamiento observado durante la degradación del CTF.

Conclusiones

El proceso FD mostró tener un efecto significativo en el CTF en puré de mango “manila” atribuido a la liberación más efectiva de compuestos fenólicos debido al daño celular. El incremento en el CTF también fue relacionado con la posible migración de estos compuestos desde la cascara y semilla al puré final. Los purés FD mostraron una mayor estabilidad durante el almacenamiento debido a su actividad antioxidante, lo cual evita en cierta medida la oxidación de estas moléculas, siendo por lo tanto más estables, evidenciando así la efectividad del FD, como una tecnología emergente con potencial aplicación en el procesamiento de mango de la variedad “manila”.

Agradecimientos

Se le agradece al instituto CIRAD, en Montpellier, Francia, por la facilidad de sus instalaciones para la realización del presente trabajo, al Ing. Guillermo Palmeros Marín, presidente del consejo estatal de productores de mango de Veracruz, por el aporte de la materia prima. Así también a la alumna Teresita de Jesús Castillo Romero, estudiante de la Maestría en Ciencias en Procesos Biológicos de la Universidad Veracruzana, por su importante participación.

Referencias

[1] CAO, Jian-Hua, et al. Preparation and characterization of PVDF–HFP microporous flat membranes by supercritical CO2 induced phase separation. Journal of membrane science, vol. 266, no 1-2, p. 102-109, 2005.
[2] SIAP. (2018). Producción agrícola. Consultado en septiembre 11 de 2019. hppt//www.gob.mx/siap/acciones-y-programas/%0produccion-agricola-33119%0A.
[3] BRAT, Pierre, et al. (2001). Essential oils obtained by flash vacuum-expansion of peels from lemon, sweet orange, mandarin and grapefruit. Fruits, 56(6), p. 395-402.
[4] MOREL-SALMI, Cécile, et al. Effect of flash release treatment on phenolic extraction and wine composition. Journal of agricultural and food chemistry, vol. 54, no 12, p. 4270-4276, 2006.
[5] BRAT, Pierre, et al. Preparation of passion fruit puree by flash vacuum-expansion. Journal of food science, vol. 66, no 4, p. 542-547, 2001.

[6] VARGAS-ORTIZ, Manuel, et al. Minimally Processed Avocado Through Flash Vacuum-Expansion: Its Effect in Major Physicochemical Aspects of the Puree and Stability on Storage. *Journal of Food Processing and Preservation*, vol. 41, no 3, p. e12988, 2017.
[7] VARGAS-ORTIZ, Manuel, et al. Effect of thermal stage in the processing avocado by flash vacuum expansion: Effect on the antioxidant capacity and the qualitaty of the mash. *Journal of Food Processing and Preservation*, vol. 41, no 5, p. e13118, 2017.
[8] ROBLES-SÁNCHEZ, Rosario M., et al. Effect of minimal processing on bioactive compounds and antioxidant activity of fresh-cut 'Kent'mango (Mangifera indica L.). *Postharvest Biology and Technology*, vol. 51, no 3, p. 384-390, 2009.
[9] SAKANAKA, Senji; TACHIBANA, Yumi; OKADA, Yuki. Preparation and antioxidant properties of extracts of Japanese persimmon leaf tea (kakinoha-cha). *Food chemistry*, vol. 89, no 4, p. 569-575, 2005.
[10] PARANJPE, Shriram S.; FERRUZZI, Mario; MORGAN, Mark T. Effect of a flash vacuum expansion process on grape juice yield and quality. *LWT-Food Science and Technology*, vol. 48, no 2, p. 147-155, 2012.
[11] PÉREZ TRUEBA, Gilberto. Los flavonoides: antioxidantes o prooxidantes. *Revista Cubana de Investigaciones Biomédicas*, vol. 22, no 1, p. 0-0, 2003.
[12] SHIVASHANKARA, K. S., et al. Fruit antioxidant activity, ascorbic acid, total phenol, quercetin, and carotene of Irwin mango fruits stored at low temperature after high electric field pretreatment. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, vol. 52, no 5, p. 1281-1286, 2004.
[13] PIETTA, Pier-Giorgio. Flavonoids as antioxidants. *Journal of natural products*, vol. 63, no 7, p. 1035-1042, 2000.
[14] CORRALES-BERNAL, Andrea, et al. Mango de azúcar (Mangifera indica), variedad de Colombia: características antioxidantes, nutricionales y sensoriales. *Revista chilena de nutrición*, vol. 41, no 3, p. 312-318, 2014.
[15] MALDONADO-ASTUDILLO, Yanik I., et al. Propiedades físicas, químicas y antioxidantes de variedades de mango crecidas en la costa de Guerrero. *Revista fitotecnia mexicana*, vol. 39, no 3, p. 207-214, 2016.
[16] SOGI, Dalbir Singh, et al. Total phenolics, antioxidant activity, and functional properties of 'Tommy Atkins' mango peel and kernel as affected by drying methods. *Food chemistry*, vol. 141, no 3, p. 2649-2655, 2013.
[17] Marín-Castro, U.R., Salgado-Cervantes, M.A. García-Alvarado, M.A. Rodríguez-Jimenes, G.C., Servent, A., Pallet, D., Vargas-Ortiz, M.A. Presentación oral, Efecto del proceso de expansión ultra-rápida sobre la obtención de puré de mango manila (mangifera indica l.). AMIDIQ edición 40, Huatulco, México, 2018.

Análisis térmico y estructural de pectina aislada de cáscara de mango Ataulfo de desecho

M. A. Lorenzo-Santiago [1], J. R. Rendón-Villalobos [2], R. Olvera-Guerra [2]*

[1]Unidad de Ciencias de Desarrollo Regional, Doctorado en Ciencias Ambientales. Universidad Autónoma de Guerrero (UAGro). Calle Pino s/n, Col. El Roble, C.P. 39640, Acapulco, Guerrero, México
[2]Centro de Desarrollo de Productos Bióticos del IPN, Calle Ceprobi número 8, Col. San Isidro. C.P. 62731, Yautepec, Morelos, México
**malorenzos@uagro.mx*

Área de participación: *Ingeniería Química*

Resumen

México es uno de los países con mayor producción de mango a nivel mundial. Sin embargo, su actividad comercial no sostiene los grandes volúmenes generados. Por esa razón, después de la cosecha, se acumula una gran cantidad de residuos, los cuales no reciben un manejo y disposición final adecuados. El objetivo de este trabajo es obtener pectina a partir de cáscara de mango de desecho de la variedad Ataulfo y realizar un análisis comparativo con pectina comercial (PC). La pectina de mango de desecho (PMD) fue caracterizada por microscopia electrónica de barrido (MEB) y espectroscopia de infrarrojo por transformada de Fourier (FTIR) y la capacidad térmica se determinó utilizando un calorímetro diferencial de barrido (CDB). Las micrografías mostraron PC con superficie corrugada y la PMD se presentó en bloques misceláneos porosos. Los espectros infrarrojos presentaron señales características del anillo de furanosa, el área de las señales 1615 y 1725 cm^{-1}, determinó una esterificación de 52.41 % para PMD y la temperatura de degradación del biopolímero, se encontró en 251.5 °C. Las propiedades térmicas y estructurales de la PMD, pueden ser de gran utilidad en la industria alimentaria.

Palabras clave: *biopolímeros, mango de desecho, residuos agrícolas*

Abstract

Mexico is one of the countries with the highest mango production in the world. However, its commercial activity does not support the large volumes generated. For this reason, after the harvest, a large amount of waste accumulates, which does not receive proper handling and final disposal. The objective of this work is to obtain pectin from waste Ataulfo mango peel and determine its suitability in the food industry by performing a comparative analysis with commercial pectin (PC). Waste mango pectin (PMD) was characterized by scanning electron microscopy (SEM) and Fourier transform infrared spectroscopy (FTIR) and the thermal capacity was determined using a differential scanning calorimeter (CDB). The micrographs showed PC with a corrugated surface and PMD was presented in porous miscellaneous blocks. Infrared spectra showed characteristic signals from the furanose ring. The area of the signals 1615 and 1725 cm^{-1}, determined an esterification of 52.41 % for PMD and the degradation temperature of the biopolymer, was found at 251.5 °C. The thermal and structural properties of PMD could be used in the food industry.

Key words: *biopolymers, waste mango, agricultural waste*

Introducción

La pectina es un polímero natural importante en la industria de los alimentos. Su capacidad como espesante, gelificante y estabilizante, la hace una materia prima indispensable. Actualmente, la pectina comercial se obtiene de cáscara de cítricos y cáscara de manzana. Sin embargo, la demanda de pectina incrementa de manera considerable, provocando la búsqueda de alternativas a partir de fuentes no convencionales, y así poder cubrir las futuras necesidades.
La pectina se obtiene por una gran variedad de fuentes orgánicas. Por lo tanto, su estructura, el porciento de ácido galacturónico y su grado de esterificación, pueden variar dependiendo de la fuente de extracción y los métodos que se utilicen. Sin embargo, estas particularidades, les dan diferentes propiedades fisicoquímicas y biológicas, que pueden ser útiles en una amplia gama de aplicaciones industriales [1].

Las pectinas se clasifican de alto y bajo metoxilo, esto depende del grado de esterificación, según la cantidad de ácido galacturónico esterificado con etanol. Las pectinas de alto metoxilo están metiladas en más del 50 % de los grupos carboxilo y las pectinas de bajo metoxilo tienen menos del 50 % de los grupos carboxilo metilados [2]. Siendo las pectinas de alto grado de metoxilo las más utilizadas en la industria de alimentos, por su gran capacidad para gelificar.

El mango es una de las frutas tropicales más importantes en el mundo. En 2017, la producción de mango en México fue de 1,958,132 ton, de las cuales, el Estado de Guerrero contribuyó con 374,994 ton a la producción anual, ocupando el primer lugar, para ese año [3]. Se estima que, para ese mismo año, 35,400 ton de mango producido en Guerrero, no fueron comercializadas después de la cosecha. Miles de toneladas de mango no cumplen con los lineamientos para exportación, incluso, mucha de la producción no alcanza la calidad para venta en mercados locales. Las razones más comunes; malformaciones, frutos pequeños e infestación por la mosca de la fruta, lo que se traduce como un problema ambiental, debido a que esta merma no recibe una disposición final adecuada, provocando que los también llamados Residuos de Manejo Especial (RME), terminen principalmente en tiraderos a cielo abierto (TCA), cauces de ríos, sepultados o quemados en los huertos [4].

En el caso de las agroindustrias procesadoras de mango, la fruta se transforma en varios productos, y durante su procesamiento, se generan grandes cantidades de residuos. Después del proceso de extracción de la pulpa, se desecha de 30 a 65 % del fruto, entre ellos, la cáscara, que conforma alrededor del 15-20 % de la materia prima, y su eliminación es un problema ambiental importante. Se estima que, de los subproductos que se generan del procesamiento, se producen aproximadamente 228,096 ton de desechos de mango por año [5, 6, 7].

El objetivo principal de este trabajo, es aprovechar el mango de desecho variedad Ataulfo y obtener pectina a partir de su cáscara, aplicar un método ácido-térmico, examinar sus propiedades estructurales, morfológicas y térmicas y comparar las propiedades de las pectinas extraídas con una pectina comercial. Con este trabajo, se busca dar valor agregado a este tipo de residuos que está generando importantes problemas ambientales, debido a las malas prácticas de eliminación y su bajo aprovechamiento en el campo y en la industria.

Metodología

El mango Ataulfo de desecho, fue obtenido por un huerto ubicado en El Arenal, Municipio de Acapulco Guerrero, México. Los mangos recolectados fueron de postcosecha, sin un valor comercial. El fruto presentaba manchas blancas en su cáscara, condición común en el huerto, debido a lluvias atemporales y plagas. Asimismo, se utilizó pectina comercial de cáscara de cítricos, con un grado de esterificación de 75 %, denotada como pectina de alto nivel de metoxilo, Sigma-Aldrich Chemical Co. (St. Louis, MO, EE. UU.), como contraste para caracterizar la pectina aislada.

Extracción de pectina

La PMD se extrajo siguiendo la metodología de Wang [8] con algunas modificaciones. El Mango fue lavado, secado y pelado (Figura 1a). Se pesaron 100 g de cáscara y como solvente de extracción, se utilizaron dos litros de agua destilada con pH de 3, acidez alcanzada utilizando ácido cítrico en el medio.

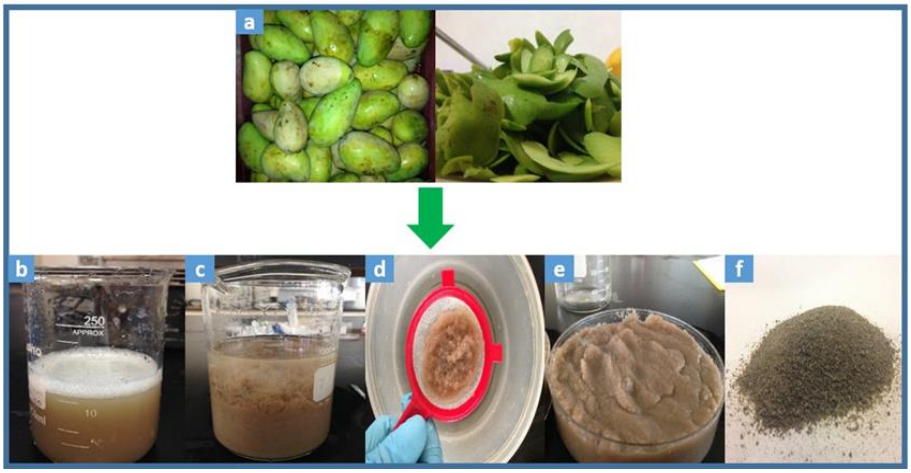


Figura 1. Cáscara de mango Ataulfo de desecho (a), solución después del tratamiento térmico (b), precipitación de pectina con etanol (c), centrifugación y separación de la muestra (d), pectina después de la sonicación (e) y pectina en polvo (f) para análisis

La mezcla de extracción se mantuvo a 80 °C por dos horas (Figura 1b). Después de la extracción, la mezcla se enfrió a temperatura controlada (25 °C) y centrifugado a 9000 rpm durante 20 min a 4 °C; el filtrado se coaguló y se lavó con etanol al 95 % tres veces (Figura 1c y 1d). Posteriormente, el sólido se secó a 40 °C en una estufa de flujo de aire continuo, para obtener pectina cruda. Una vez seca, fue disuelta en agua desionizada a 4 °C durante 48 h, después de esto, la muestra pasó a sonicación en un sonicador Branson 2510, por una hora con intervalos de descanso de 15 s cada 10 min a una potencia de 99 W. Posteriormente, la solución de pectina se secó a 40 °C en una estufa de flujo de aire continuo a 40 °C durante 24 h (Figura 1e). Por último, la muestra pasó a un proceso de molienda y el polvo se empacó en bolsa doble clic y almacenó a 25 °C (Figura 1f).

Caracterización estructural y térmica de la pectina

Microscopia Electrónica de Barrido (MEB)

La pectina en polvo se esparció sobre una cinta conductora de carbono de doble adhesión, la muestra se fijó en una base de aluminio del microscopio electrónico de barrido Carl Zeiss EVO LS 10. Consecutivamente, se corrieron a un voltaje de 20.0 kV, a temperatura ambiente, con una resolución de 3-10 nm. Las micrografías fueron tomadas a 500 aumentos [9].

Espectroscopia de Infrarrojo por Transformada de Fourier (FTIR)

Los espectros se tomaron en la región de infrarrojo, en un intervalo de 4000-650 cm^{-1} en el modo de transmitancia, con una resolución de 16 cm^{-1} y 8 barridos. Los análisis, se llevaron a cabo utilizando un espectrómetro de infrarrojo Perkin-Elmer (Spectrum 100 / 100 N FT-IR).
El grado de esterificación se estimó a partir de la curva de calibración estándar, utilizando la relación de intensidad del área del pico esterificado con metilo (COO-R), entre la suma del área del pico esterificado con metilo (COO-R) y el área del pico de ácido urónico libre (COO−) obtenido de los espectros FTIR [10].

$$Grado\ de\ esterificación = \frac{A\,(COO-R)}{A(COO-R)+A(COO-)}\,x\,100 \qquad (1)$$

Calorimetría Diferencial de Barrido (CDB)

La estabilidad térmica de la pectina se determinó utilizando un calorímetro diferencial de barrido marca TA modelo 2010 (TA instruments, New Castle, DE), calibrado con indio, a un punto de fusión de 156.4 °C, una entalpía de 6.8 cal/g) y una atmosfera de nitrógeno. Se utilizaron 3 mg de la muestra y una velocidad de calentamiento de 10 °C/min, en un rango de temperatura de 50 a 300 °C [9].

Resultados y discusión

Caracterización por MEB

La morfología de las pectinas se analizó mediante MEB a 500 aumentos. La superficie de PC, muestra partículas con tamaños que oscilaron entre 10 y 150 µm, estructura corrugada y aglomerada (Figura 2a). La Figura 2b corresponde a la PMD, la superficie muestra pequeñas fracturas, una apariencia porosa y una estructura laminar. La pectina extraída de cáscara de mango, muestra características morfológicas significativamente diferentes con la pectina comercial. Se consideran diferentes factores que pueden provocar la diferencia, entre ellos, la sonicación, el método y la fuente de extracción. Según lo reportado por Vinatoru y Minjares-Fuentes [11, 12], la sonicación desempeña un papel importante en la ruptura del tejido vegetal y la mejora de los rendimientos de extracción de material pectinoso. De igual manera, las vibraciones del sonicador, podrían explicar la porosidad y los filamentos presentes en la superficie de la PMD.
La PMD mostró una estructura similar a las reportadas por Yang [13], donde utilizaron pulpa de papa, de la cual la estructura de la pectina es filamentosa, muy delgada y dispersa en la superficie. De igual manera, presenta estructuras similares a la pectina de maracuyá, reportada por Liew [14], donde muestra micrografías de pectina con estructura compacta y escamosa, y a la pectina obtenida de cáscara de toronja, donde usaron ácido cítrico y sonicación para su extracción [15], similar al método utilizado en este trabajo.

 ISSN 2007-8102

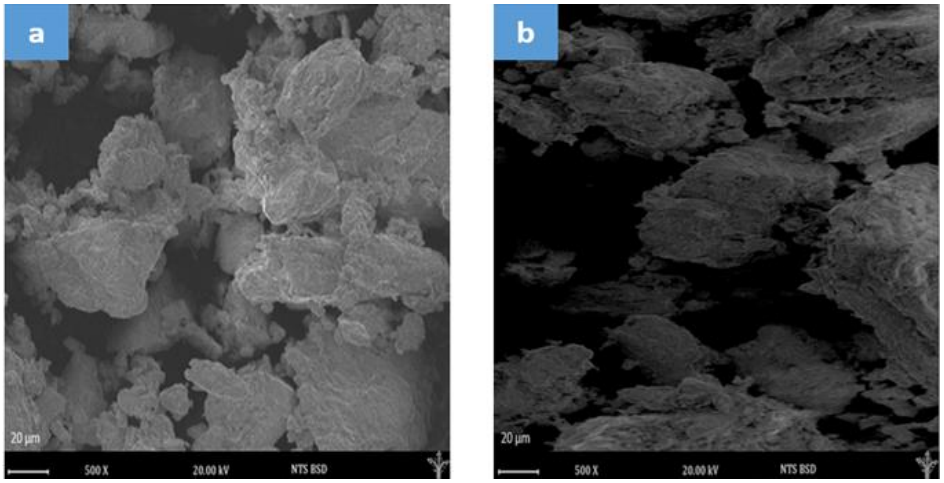


Figura 2. Microscopia de la estructura de pectina comercial (a) y pectina de cáscara de mango (b)

Caracterización por FTIR

La Figura 3 muestra los espectros obtenidos de PC y PMD. Para ambas muestras, las absorciones mayores en el pico de 3321 cm^{-1}, fueron causados por el estiramiento de los O-H. El pico de absorción se amplió debido a la formación de enlaces de hidrógeno intra e intermoleculares. La absorción a 2918 y 1223 cm^{-1}, fue correspondiente al estiramiento de C-H de los grupos CH, CH_2 y CH_3, y el pico en 1320 cm^{-1} corresponde a los C-O-C [16]. Los picos en el rango de 1010 - 1100 cm^{-1} indican la presencia de piranosa y el anillo de furanosa [17].
Los espectros presentaron dos bandas intensas, la primera en 1731 cm^{-1}, se atribuye a la vibración de estiramiento de los grupos carbonilo esterificados con metilo (C=O) y la segunda a 1617 cm^{-1}, característica de los grupos carboxilo [18]. Utilizando el área de estas señales, se puede determinar el grado de esterificación de la pectina.
El grado de esterificación se determinó a partir de la ecuación 1: $A_{1731} / (A_{1731} + A_{1617}) \times 100$, utilizando la relación de intensidad de la señal de las bandas, multiplicados por el área de los picos [10, 19]. La pectina con un grado de esterificación (> 50 %) se denota como pectina de alto nivel de metoxilo (HM) mientras que la pectina con un grado de esterificación (< 50 %) se denota como pectina de bajo nivel de metoxilo (LM) [20].

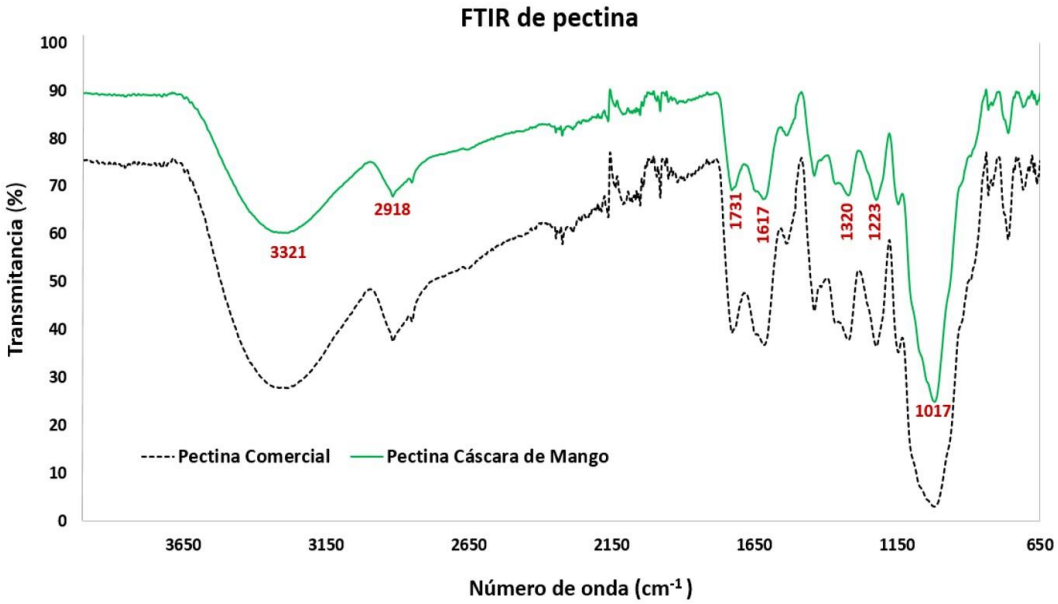


Figura 3. Espectros infrarrojos de transformada de Fourier (FT-IR) de pectina de cáscara de mango de desecho y pectina comercial

La pectina comercial se encuentra caracterizada con un grado de esterificación de 75 %. Con base a esta curva, se obtuvo el grado de esterificación de la PMD de 52.41%. Por lo tanto, a partir del uso de cáscara de mango de desecho y utilizando un método ácido-térmico, se obtienen pectinas de alto nivel de metoxilo, ya que su grado de esterificación es > 50. Mientras mayor sea el grado de esterificación, las propiedades gelificantes de las soluciones acuosas de pectina, mejoran, además, el tiempo requerido para la gelificación, disminuye [21].
Los resultados son similares a los reportados por Wang [15], en pectinas extraídas de cáscara de toronja por cavitación acústica, los grados de esterificación en estos residuos fueron de 48.5 a 50 %. De igual manera, un análisis de pectina de cáscara de mango de 8 cultivos de diferentes regiones, se determinó un grado de esterificación promedio de 65.21 %, siendo Guifei, una variedad de mango cultivado en China, el más similar al reportado en este trabajo, con 53.64 %. Además, esta variedad presentó la emulsión más estable y la elasticidad más sólida, características muy solicitadas en la industria de alimentos [16].

Calorimetría Diferencial de Barrido de pectina

Se realizó un análisis de calorimetría para determinar el comportamiento térmico de la pectina extraída de cáscara de mango y compararlo con la pectina comercial.
En la Tabla 1, se registran las temperaturas y entalpias de PC y PMD obtenidas durante el análisis térmico. Se observan tres temperaturas importantes para PDM, la primera es la de transición cristalina del biopolímero (T_g = 158.3 °C), la segunda representa la temperatura de cristalización (T_c = 216.35 °C) y la tercera es la temperatura de fusión (T_m = 251.5 °C).
La entalpia de fusión para PC fue de 59.67 J/g y la de PMD fue de 93.25 J/g, esta diferencia de entalpia, indica que la PMD necesita un mayor flujo de calor para que la muestra pueda ser degradada.

Tabla 1. Registros de temperaturas y entalpias de pectinas

	T_m °C	ΔH_m J/g	T_g °C	T_c °C	T_m °C	ΔH_m J/g
	Pico endotérmico		Pico exotérmico			
PMD	135.8	128.65	158.3	225.8	251.5	93.25
PC	115.3	135.7	145.6	218.1	241.2	59.67

En la Figura 4, se muestran los termogramas obtenidos. El análisis DSC de PC y PMD mostró una transición endotérmica a 115.3 y 135.8 °C, respectivamente, señal que se debe a la perdida de moléculas de agua [20].

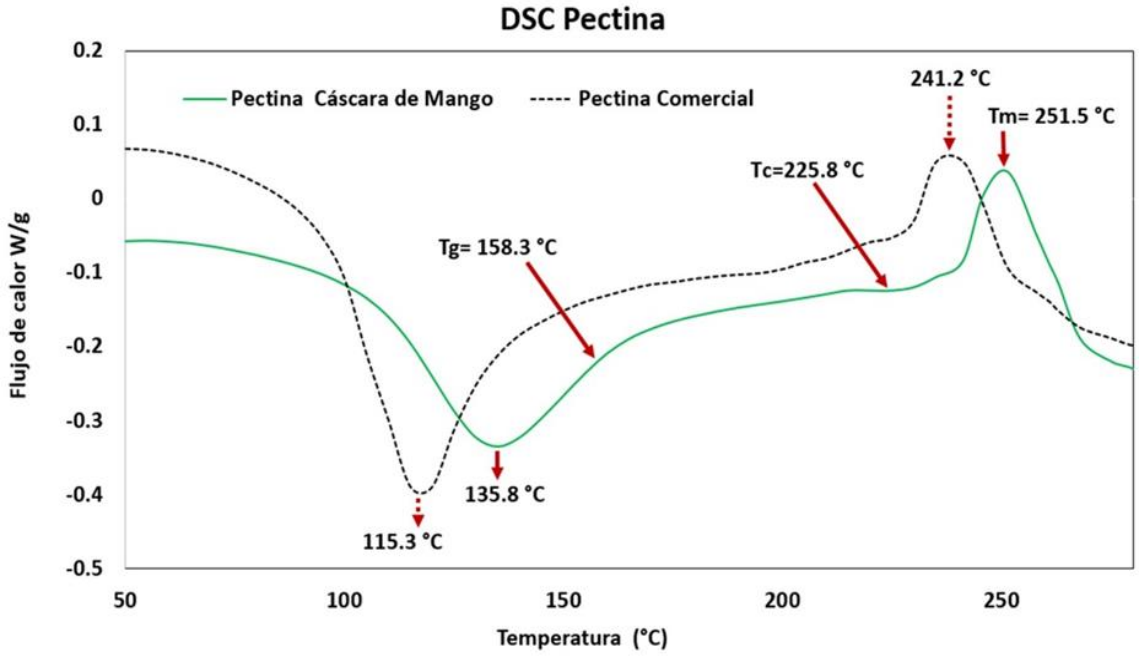


Figura 4. Calorimetría Diferencial de Barrido (CDB) de pectina de cáscara de mango de desecho y pectina comercial

En ambas muestras se puede observar una transición exotérmica aguda, esto indica que las muestras tienen amplio rango de fusión y una buena estabilidad térmica [16]. En la segunda señal, los picos para PC y PMD se mostraron en 241.2 °C y 251.5 °C, respectivamente. Las señales a esta temperatura, indican el flujo de calor necesario para la degradación de la pectina [22].
Los resultados indican que PMD es térmicamente más estable que PC, lo que significa que la muestra PMD, podría ser utilizada en procesos que impliquen mayor exposición al calor. La fuente de extracción de la pectina, puede variar sus propiedades térmicas. De igual manera, los métodos de extracción, y las condiciones ambientales influyen de manera considerable en la capacidad térmica del biopolímero.
Hosseini [23] reportó que la T_m de la cáscara de cereza agria es de 252.15 °C, otros estudios reportan que la cáscara de caquis presenta una T_m de 248.26 °C [24] y la morera negra una T_m de 251.82 °C [25]. Las propiedades térmicas de PMD, son similares a las fuentes mencionadas anteriormente e incluso, todas estas fuentes tuvieron mayor estabilidad térmica que la pectina comercial utilizada en este trabajo. Una de las características principales de las pectinas comerciales es su estabilidad térmica, esta particularidad les da valor agregado para su uso en la industria de alimentos, al encontrar una pectina de cáscara de mango de desecho con propiedades similares, abre una oportunidad para su aprovechamiento, producción y uso comercial.

Trabajo a futuro

Es necesario determinar los grados de ácido galacturónico, análisis de compuestos fenólicos y análisis reológicos. Esto con la finalidad de determinar la capacidad de esta pectina para su uso en la industria alimentaria, farmacéutica entre otras.

Conclusión

Se obtuvo pectina a partir de mango de desecho variedad Ataulfo, utilizando un método con ácido cítrico, temperaturas variables y sonicación. Los resultados de MEB muestran pectinas con estructura porosa y laminar, y un grado de esterificación de 52.41 %, que la denota como pectina de alto nivel de metoxilo y, con una buena estabilidad térmica (temperatura de degradación = 251.5 °C). La pectina de cáscara de mango presentó menor grado de esterificación, en comparación con la pectina comercial. Sin embargo, existen trabajos anteriores que indican que pectinas con grado de esterificación de 50 a 75 % pueden ser utilizadas en la industria de alimentos, por su buena capacidad para gelificar. Consecuentemente, es necesario seguir buscando alternativas que ayuden a proporcionar valor agregado a los residuos agrícolas y agroindustriales, y como secuela, la mitigación de los impactos ambientales que estos residuos generan en los ecosistemas.

Referencias

[1] J. Müller-Maatsch, M. Bencivenni, A. Caligiani, T. Tedeschi, G. Bruggeman, M. Bosch, and S. Sforza, “Pectin content and composition from different food waste streams,” *Food Chemistry*, Vol. 201, pp. 37-45, 2016.

[2] B. R. Sharma, L. Naresh, N. C. Dhuldhoya, S. U. Merchant, and U. C. Merchant, “An overview on pectins,” *Times Food Processing Journal*, vol. 23 no.2, pp. 44-51, 2006.

[3] SAGARPA-SIAP, Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural Pesca y Alimentación. Atlas agroalimentario, 2018, Available: http: siap.gob. mx/gobmx_publicaciones_siap/pag/2017/ Atlas Agroalimentario2017.

[4] M. A. Lorenzo-Santiago, A. L. Juárez-López, J. L. Rosas-Acevedo, J. R. Rendón-Villalobos, J. Toribio-Jiménez, and E. García-Hernández, “Management and Final Disposal of Mango Waste in the State of Guerrero, Mexico: A Brief Review,” *Journal of Agricultural Science*, vol.10, no. 12, pp.34-41, 2018.

[5] C. M. Ajila, M. Aalami, K. Leelavathi, and U. P. Rao, “Mango peel powder: A potential source of antioxidant and dietary fiber in macaroni preparations,” *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, vol.11 no.1, pp. 219-224, 2010.

[6] N. O'Shea, E. Arendt, and E. Gallagher, “Dietary fibre and phytochemical characteristics of fruit and vegetable by-products and their recent applications as novel ingredients in food products,” *Innovative Food Science & Emerging Technologies,* vol.16, pp.1-10, 2012.

[7] FAOSTAT, F. and A. Organization of the United Nations, FAO, 2017. Availeable: http://www.fao.org /faostat/es/#data/QC/visualize.

[8] W. Wang, X. Ma, P. Jiang, L. Hu, Z. Z. J. Chen, T. Ding, Y. Xingqian, and L. Donghong, “Characterization of pectin from grapefruit peel: A comparison of ultrasound-assisted and conventional heating extractions,” *Food Hydrocolloids,* vol. 61, pp.730-739, 2016.

[9] R., Rendón-Villalobos, E., García-Hernández, M., Güizado-Rodríguez, R., Salgado-Delgado, and N. A. Rangel-Vázquez, "Obtención y caracterización de almidón de plátano (*Musa paradisiaca* L.) acetilado a diferentes grados de sustitución," *AFINIDAD*, vol.67, no.547, pp. 294-300, 2010.

[10] C. S. Pappas, A. Malovikova, Z. Hromadkova, P. A. Tarantilis, A. Ebringerova, and M. G. Polissiou, "Determination of the degree of esterification of pectinates with decyl and benzyl ester groups by diffuse reflectance infrared Fourier transform spectroscopy (DRIFTS) and curve-fitting deconvolution method," *Carbohydrate Polymers*, vol. 56 no. 4, pp. 465-469, 2004.

[11] M. Vinatoru, "An overview of the ultrasonically assisted extraction of bioactive principles from herbs," *Ultrasonics sonochemistry*, vol. 8, no. 3, pp. 303-313, 2001.

[12] R. Minjares-Fuentes, A. Femenia, M. C. Garau, J. A. Meza-Velázquez, S. Simal, and C. Rosselló, "Ultrasound-assisted extraction of pectins from grape pomace using citric acid: a response surface methodology approach," *Carbohydrate Polymers*, vol.106, pp. 179-189, 2014.

[13] J. S. Yang, T. H. Mu, and M. M. Ma, "Extraction, structure, and emulsifying properties of pectin from potato pulp," *Food chemistry*, vol. 244, pp.197-205, 2018.

[14] S. Q. Liew, N. L. Chin, and Y. A. Yusof, "Extraction and characterization of pectin from passion fruit peels," *Agriculture and Agricultural Science Procedia*, vol. 2, pp. 231-236, 2014.

[15] W. Wang, X. Wu, T. Chantapakul, D. Wang, S. Zhang, X. Ma, and D. Liu, "Acoustic cavitation assisted extraction of pectin from waste grapefruit peels: A green two-stage approach and its general mechanism," *Food Research International*, vol. 102, pp. 101-110, 2017.

[16] Z. Deng, Y. Pan, W. Chen, W. Chen, Y. Yun, Q. Zhong, and H. Chen, "Effects of cultivar and growth region on the structural, emulsifying and rheological characteristic of mango peel pectin," *Food Hydrocolloids*, vol. *103*, pp.1-10, 2020.

[17] L. C. Vriesmann, and C. L. de Oliveira Petkowicz, "Polysaccharides from the pulp of cupuassu (Theobroma grandiflorum): Structural characterization of a pectic fraction," *Carbohydrate Polymers*, vol. 77 no.1, pp. 72-79, 2009.

[18] A. K. Chatjigakis, C. Pappas, N. Proxenia, O. Kalantzi, P. Rodis, and M. Polissiou, "FT-IR spectroscopic determination of the degree of esterification of cell wall pectins from stored peaches and correlation to textural changes," *Carbohydrate Polymers*, vol. 37, no.4, pp. 395-408,1998.

[19] F. Priyangini, S. G. Walde, and R. Chidambaram, "Extraction optimization of pectin from cocoa pod husks (Theobroma cacao L.) with ascorbic acid using response surface methodology," *Carbohydrate polymers*, vol. 202, pp. 497-503, 2018.

[20] U. Einhorn-Stoll, and H. Kunzek, "Thermoanalytical characterisation of processing-dependent structural changes and state transitions of citrus pectin," *Food Hydrocolloids*, vol. 23, no.1, pp. 40-52, 2009.

[21] I. Saldamli, "Gıda KimYası,". Hacettepe University Publications, Ankara, Turkey. 2005.

[22] Z. Qin, H. M. Liu, X. C. Cheng, and X. D. Wang, "Effect of drying pretreatment methods on structure and properties of pectins extracted from Chinese quince fruit," *International journal of biological macromolecules*, vol. 137, pp. 801-808, 2019.

[23] S. Hosseini, K. Parastouei, and F. Khodaiyan, "Simultaneous extraction optimization and characterization of pectin and phenolics from sour cherry pomace," *International Journal of Biological Macromolecules*, vol. 158, pp. 911-921, 2020.

[24] Y. Jiang, Y. Xu, F. Li, D. Li, and Q. Huang, "Pectin extracted from persimmon peel: A physicochemical characterization and emulsifying properties evaluation," *Food Hydrocolloids*, vol. 101, no.105561, 2020.

[25] F. Khodaiyan, and K. Parastouei, "Co-optimization of pectin and polyphenols extraction from black mulberry pomace using an eco-friendly technique: Simultaneous recovery and characterization of products," *International Journal of Biological Macromolecules*, vol. 164, pp.1025-1036, 2020.

Determinación de la capacidad exoelectrogénica de *Candida tropicalis y Chromobacterium rhizoryzae*

C. B. Fosados Osorio[1], A. Cruz Hernández[2], M. A. Pérez Vargas[2], L. Chaires Martínez[2],*
[1]Facultad de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, Universidad Veracruzana, km 7.5 Carretera Tuxpan-Tampico, Col. Universitaria, C.P. 92895, Tuxpan, Veracruz., México.
[2]Centro de Investigación en Alimentos y Ambiental. Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico Superior de Álamo Temapache, km 6.5 Carretera Potrero del Llano-Tuxpan, C.P. 92750, Álamo Temapache, Veracruz., México.
**leandrochaires@yahoo.com.mx*

***Área de participación**: Ingeniería Química*

Resumen

Se determinó la capacidad exoelectrogénica de *Candida tropicalis* y *Chromobacterium rhizoryzae* mediante un ensayo fotométrico basado en la reducción extracelular en medio líquido del colorante azoico naranja de metilo. Los resultados muestran que la cepa *C. rhizoryzae* posee los valores más altos de decoloración (>90%) a las 48 h de cultivo y por consiguiente se atribuye mayor actividad exoelectrogénica. Los resultados postulan a esta bacteria como biocatalizadores en celdas de combustible microbianas para aplicaciones diversas en el tratamiento de efluentes industriales y en la generación de energía eléctrica. Para el caso de *Candida tropicalis*, constituye el primer reporte de degradación de naranja de metilo y a pesar de los bajos valores de decoloración (<40% a las 96 h de cultivo) también diversifica sus aplicaciones en el campo de la biorremediación.

***Palabras clave**: Candida tropicalis, Chromobacterium rhizoryzae, capacidad exoelectrogénica*

Abstract

The exoelectrogenic ability of Candida tropicalis and Chromobacterium rhizoryzae was determined by means of a photometric assay based on the extracellular reduction in liquid medium of the azo dye methyl orange. The results show that C. rhizoryzae has the highest decolorization values (>90%) at 48 h of culture and consequently greater exoelectrogenic activity is attributed. The results postulate this bacterium for future uses in microbial fuel cells with diverse applications in the treatment of industrial effluents and in the generation of electrical energy. In the case of C. tropicalis, it constitutes the first report of degradation of methyl orange and despite the low decolorization values (<40% until 96 h of culture) it also diversifies its future applications in bioremediation.

***Key words**: Candida tropicalis, Chromobacterium rhizoryzae, exoelectrogenic ability*

Introducción

Las celdas de combustible microbianas (CCMs) convierten la energía química de la materia orgánica en electricidad mediante el uso de microorganismos que actúan como biocatalizadores. Los metabolitos microbianos juegan un papel importante en las reacciones electroquímicas involucradas en el transporte de electrones. Las CCMs se postulan como una tecnología prometedora que puede ser usada para el tratamiento de aguas residuales, procesos de biorremediación de metales pesados y/o compuestos tóxicos, y que a la par puede generar electricidad [1]. La actividad electroquímica de una cepa microbiana, está determinada por el flujo de una corriente eléctrica generada a partir de la transferencia extracelular de electrones, de esta manera conectando el metabolismo intracelular a un aceptor de electrones sólido externo (electrodo) mediante el mecanismo denominado como actividad exoelectrogénica (AEE) [2]. Los electrones pueden llegar al electrodo de forma directa o indirecta. La forma indirecta se da a través de mediadores electrónicos endógenos o con el uso de

mediadores artificiales adicionados intencionalmente (exógenos). La forma directa puede ocurrir mediante proteínas de transporte de electrones unidas a membrana celular [3]. La evaluación eficiente de la AEE es crucial para postular o no a un determinado microorganismo en ensayos de CCMs. Los métodos convencionales incluyen la reducción disimilatoria de algunos metales de transición, pero resultan costosos debido a los tiempos prolongados de los ensayos y a la cantidad excesiva de reactivos consumidos [4] y muchas veces los resultados no son confiables [5]. Por lo tanto, se han desarrollado métodos rapidos y económicos para evaluar la AEE. Xiao *et al* [6] desarrollaron un ensayo fotométrico simple pero eficiente basado en la reducción extracelular de colorantes altamente polares para evaluar la AEE microbiana. El naranja de metilo fue uno de los colorantes que mostró buenos resultados en dicho ensayo. Algunas bacterias tienen la capacidad de transferir electrones de manera extracelular a través de la oxidación de compuestos orgánicos. Por lo tanto, la electricidad generada esta directamente relacionada a la actividad metabólica de las bacterias anódicas [7]. Los reportes de literatura se han centrado en los organismos procariotas [8], mientras que existen pocos estudios sobre la capacidad exoelectrogénica de levaduras. Las levaduras también pueden convertirse en una excelente opción como biocatalizadores para las CCMs, ya que muchas de ellas tienen la capacidad de utilizar una amplia gama de sustratos, poseen robustez y facilidad de manejo [9]. Dentro de las levaduras utilizadas están *Saccharomyces cerevisiae* [10], *Arxula adeninivorans* [11], *Hansenula anomala* [8] y *Pichia fermentans* [12].

En el grupo de trabajo, la levadura *Candida tropicalis* ha mostrado excelentes resultados en la remoción de hidrocarburos, cromo hexavalente y plaguicidas. Además es de fácil manejo en cultivos líquidos y de proveer de altas densidades celulares [13], lo que la hace factible para su aplicación en CCMs. La hipótesis del presente trabajo se fundamenta precisamente en la gran versatilidad metabólica de *C. tropicalis* para degradar diversos contaminantes. Por todo lo anterior, el objetivo del presente proyecto fue determinar la capacidad exoelectrogénica de *Candida tropicalis* mediante un ensayo de decoloración de naranja de metilo, comparando los resultados contra la bacteria *Chromobacterium rhizoryzae*.

Metodología

Materiales

Se utilizaron: autoclave 406-80 de ETC Biosystems, incubadora 211DS de Labnet, centrifuga Z326 de Hermle, espectrofotómetro 1000 de Unico, Vortex MX-S de Scilogex, balanza analítica AR1140 de Ohaus, parrillas con agitación y calentamiento de Thermo Scientific. Reactivos: glucosa de Jalmek, peptona de Fluka Analytical, naranja de metilo de J. T. Baker.

Material biológico

Se trabajó con la levadura *Candida* tropicalis, aislada previamente e identificada molecularmente mediante la secuenciación de los espaciadores internos transcritos y/o dominios D1/D2 del gen ARNr 18S [13]. *Chromobacterium rhizoryzae* se aisló de una planta de tratamiento de lodos activados ubicada en la ciudad de Tuxpan, Veracruz. Se colectaron 500 mL de lodos activados y el aislamiento de algunas cepas se llevó a cabo por el método de enriquecimiento secuencial, en un medio sólido de glucosa y peptona. Mediante una prueba rápida de decoloración de naranja de metilo a 150 mg/L (resultados no mostrados), se seleccionó una cepa bacteriana y se mandó al servicio de identificación molecular en el Centro de Biotecnología Genómica del Instituto Politécnico Nacional. Las cepas se mantuvieron en refrigeración a 4 °C en medio de peptona/glucosa. Para la reactivación de las cepas, se inocularon 100 ml de medio de peptona y glucosa previamente esterilizado. Los matraces inoculados se colocaron en una incubadora orbital a 120 rpm y 30 °C durante 24 h hasta alcanzar la fase exponencial de crecimiento.

Preparación de la curva patrón de naranja de metilo

Se llevaron a cabo prepraciones de naranja de metilo en agua desionizada en concentraciones de 0, 1, 2, 3, 4 y 5 mg/L para elaborar una curva de calibración. Se midió la absorbancia de cada disolución a una longitud de onda de 466 nm [14]. A partir del gráfico de absorbancia contra concentración se calculó la ecuación de la recta mediante un ajuste de regresión lineal.

 ISSN 2007-8102

Evaluación de la decoloración de naranja de metilo

Se llevaron a cabo experimentos en lote en matraces de 250 mL con capacidad de trabajo de 100 mL colocados en una incubadora orbital a 150 rpm. Se adicionó naranja de metilo (a partir de una solución madre concentrada) a los cultivos que se encontraban en fase exponencial de crecimiento; las concentraciones para cada lote fueron de 200, 400, 600, 800 y 1000 mg/L, respectivamente para la bacteria y levadura. Para el seguimiento de la decoloración, se tomó una alícuota de 5 mL cada 24 h durante 96 h, se centrifugó a 3500 rpm, se recuperó el sobrenadante y se tomaron lecturas en un espectrofotómetro UV-Vis (Unico 1000) a 465 nm para determinar el colorante residual en el medio líquido [6]. La eficiencia de decoloración por cada cepa y en cada concentración de naranja de metilo se determinó mediante la siguiente ecuación:

$$\% \text{ decoloración} = \left(\frac{C1-C2}{C1}\right)(100) \qquad (1)$$

Donde C1 es la concentración de naranja de metilo (mg/L) al inicio de cada lote experimental y C2 la concentración al tiempo de la toma de muestra (absorbancia final). La concentración del naranja de metilo de muestras experimentales se determinó midiendo la absorbancia y substituyéndola en la ecuación de la recta de la curva de calibración. En el caso de que las absorbancias fueron mayores a 1, se realizaron las diluciones correspondientes para trabajar sobre la región lineal de la curva.

Análisis estadístico

Todos los experimentos se llevaron a cabo por triplicado reportando las medias y su desviación estándar. Así mismo, se compararon las medias mediante un análisis de varianza (ANOVA) a una vía y con prueba posterior de Tukey para ver diferencias significativas ($P<0.05$) entre ambos microorganismos con el programa IMB SPSS statistics 20 (USA).

Resultados y discusión

Curva patrón de naranja de metilo

En la Figura 1 se presenta la curva patrón de naranja de metilo. El coeficiente de correlación de Pearson fue cercano al valor de 1, lo cual valida la dependencia lineal de la concentración de naranja de metilo con la absorbancia en el rango ensayado. El naranja de metilo es un colorante azoico muy soluble en agua (hasta 5 g/L), el cual se prepara a bajas concentraciones para elaborar la curva patrón.

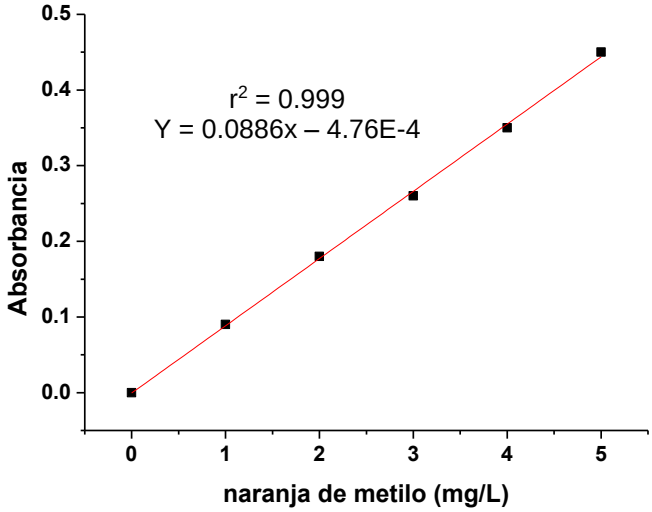


Figura 1. Curva patrón de naranja de metilo.

 ISSN 2007-8102

Evaluación de la actividad exoelectrogénica

El color del naranja de metilo desapareció gradualmente a través del tiempo en los medios de cultivo inoculados con *Candida tropicalis* y *Chromobacterium rhizoryzae* (Figura 2). La disminución del color se relacionó con la biodegradación extracelular del colorante y por consiguiente con una mayor actividad exoelectrogénica.

Candida tropicalis



0 h **24 h** **48 h** **72 h** **96 h**

Chromobacterium rhizoryzae



0 h **24 h** **48 h** **72 h** **96 h**

Figura 2. Aspecto visual de los cultivos de 0 a 96 h de *Candida tropicalis* y *Chromobacterium rhizoryzae* en presencia de 1000 mg/L de naranja de metilo.

En la tabla 1 se puede observar que *Chromobacterium rhizoryzae* significativamente ($P<0.05$) tuvo mayores porcentajes de degradación que *C. tropicalis*. *Chromobacterium rhizoryzae* presento valores superiores al 90% de decoloración de naranja de metilo en todas las concentraciones ensayadas. No existen reportes en literatura sobre degradación de colorantes por esta especie y solo se encuentra un reporte relacionado al género *Chromobacterium*, donde a partir de *C. violaceum* se aisló una azoreductasa y se probó en la degradación de naranja de metilo, rojo de metilo y color amaranto [15].

Por su parte, *Candida tropicalis* mostró bajos porcentajes de decoloración. En literatura se ha reportado que *C. tropicalis* puede remover colorantes azoicos a través de adsorción o degradación. Yang *et al* [16] confirmaron la degradación de negro reactivo 5 (100 mg/L) con la cepa *C. tropicalis* Y2-0814 y Arora *et al* [17] la del colorante amarillo disperso CI a una concentracion de 50 mg/L. Tan *et al* [18] reportaron que la cepa TL-F1 pudo degradar más del 90% el ácido escarlata brillante, ácido rojo B, ácido naranja II, ácido naranja G, tojo brillante K2-G y amarillo raectivo 3RS a una concentración de 20 mg/L cada uno y pudiendo tolerar hasta 500 mg/L. En estos antecedentes no se probó el naranja de metilo.

Con respecto a la actividad exoelectrogénica, autores como Xiao *et a*l., [6] han demostrado que especies que no poseen actividad excoelectrogénica (p. ej. *Pseudomonas aeruginosa* PAO1 y *Klebsiella oxytoca* GS-4-08), no disminuyen significativamente el color de las disoluciones de naranja de metilo. Esto se debe a que la estructura molecular del naranja de metilo exhibe una alta polaridad debido a la presencia de un grupo de ácido sulfónico, lo que provoca mayor dificultad para entrar a las células; por lo tanto, se puede degradar unicamente de manera extracelular [19]. Bajo el criterio anterior, los resultados demuestran que *C. rhizoryzae* posee una elevada actividad exoelectrogénica en comparación con *C. tropicalis*. Hartshorne [20] en un estudio para *Shewanella spp*. propone que una alta capacidad de degradación del colorante de manera extracelular se relaciona con una robusta actividad exoelectrogénica, debido a la presencia de un conducto de electrones transmembranal. *Chromobacterium rhizoryzae* es una bacteria anaeróbica facultativa [21], lo que le permite transferir electrones a su exterior; *Candida tropicalis* se ha reportado aerobia, pero estudios

recientes la han categorizado como anaerobia facultativa [22], de ahí que se hayan obtenido resultados positvos en cuanto a la degradación del naranja de metilo.

Tabla 1. Porcentaje de decoloración de naranja de metilo en los ensayos a diferentes concentraciones.

NM	24 horas	
	CT	CR
200	4.2±0.1[a]	56.6±0.2[b]
400	22±0.2[a]	48.2±0.5[b]
600	12.2±0.1[a]	58.4±0.1[b]
800	9.0±0.1[a]	68.8±0.1[b]
1000	10.9±0.2[a]	67.5±0.1[b]

NM	48 horas	
	CT	CR
200	11.7±0.2[a]	92.3±0.2[b]
400	28.5±0.1[a]	95.7±0.1[b]
600	8.4±0.1[a]	95.7±0.1[b]
800	19.9±0.4[a]	92.4±0.1[b]
1000	20.9±0.2[a]	98.2±0.3[b]

NM	72 horas	
	CT	CR
200	22.9±0.2[b]	94±0.1[b]
400	34.1±0.6[b]	95.7±0.5[b]
600	28.4±0.4[b]	97.5±0.3[b]
800	27.7±0.1[b]	97.8±0.3[b]
1000	22.2±0.5[b]	98.4±0.3[b]

NM	96 horas	
	CT	CR
200	38.8±0.2[a]	94.5±0.2[b]
400	40.7±0.2[a]	96.2±0.2[b]
600	33.4±0.1[a]	97.5±0.1[b]
800	33.9±0.1[a]	97.7±0.7[b]
1000	26.3±0.2[a]	98.4±0.3[b]

Notación: NM) Concentración de naranja de metilo expresada en mg/L, CT) *Candida tropicalis* y CR) *Chromobacterium rhizoryzae*. Letras diferentes (a-b) después de cada número por columna para cada tiempo de muestreo significa que existen diferencias significativas (*P<0.05*) entre las medias de los tratamientos.

Trabajo a futuro

El presente trabajo forma parte de un proyecto recientemente financiado por el TECNM al Instituto Tecnológico Superior de Álamo Temapache, en el cual se llevará a cabo la degradación de materia orgánica y producción de energía eléctrica en celdas de combustible microbianas. Queda pendiente llevar a cabo la instalación y operación de las CCMs, probando las cepas de *C. tropicalis* y *C. rhizoryzae*.

Conclusiones

Se demostró que *Chromobacterium rhizoryzae* significativamente degradó en mayor porcentaje el naranja de metilo, por lo que se evidencia que esta cepa tiene un potencial exoelectrogénico para su uso en celdas de combustible microbianas. Para el caso de *Candida tropicalis*, se rechaza la hipótesis planteada de su uso en CCMs, pero se recomienda seguir investigando su potencial metabólico para la degradación de otro tipo de colorantes, ya que los resultados evidencian que pudo degradar en bajo porcentaje un colorante azoico que propiamente es recalcitrante a la biodegradación.

Agradecimientos

Se agradece el financiamiento del proyecto 8306.20-PD por parte del Tecnológico Nacional de México.

Referencias

[1] R. Kumar, L. Sing, L. Zularisam and F. I. Hai, " Microbial fuel cell is emerging as a versatile technology: a review on its possible applications, challenges and strategies to improve the performances," *International Journal of Energy Research,* vol. 42, pp. 369-394, 2018.

[2] L. Zou, X. Wu, Y. Huang, H. Ni and Z. Long, "Promoting Shewanella bidirectional extracellular electron transfer for bioelectrocatalysis by electropolymerized riboflavin interface on carbon electrode," *Frontiers in Microbiology,* vol. 9, no. 1, pp. 1-9, 2019.

[3] L. Shi, H. Dong, G. Reguera, H. Beyenal, A. Lu, L. Liu, H. Q. Yu and J. K. Fredrickson, "Extracellular electron transfer mechanisms between microorganisms and minerals," Nature Reviews Microbiology, vol. 14, pp. 651-662, 2016.

[4] H. Richter, M. Lanthier, K. P. Nevin and D. R. Lovley, " Lack of electricity production by *Pelobacter carbinolicus* indicates that the capacity for Fe(III) oxide reduction does not necessarily confer electron transfer ability to fuel cell anodes," *Applied and Environmental Microbiology,* vol. 73, no. 16, pp. 5347-5353, 2007.

[5] S. J. Fuller, D. G. McMillan, M. B. Renz, M. Schmidt, I. T. Burke and D. I. Stewart, " Extracellular electron transport-mediated Fe(III) reduction by a community of alkaliphilic bacteria that use flavins as electron shuttles," *Applied and Environmental Microbiology Science,* vol. 80, no. 1, pp. 128-137, 2014.

[6] X. Xiao, Q. Y. Liu, T. T. Li, F. Zhang, W. W. Li, X. T. Zhou, M. Y. Xu, Q. LI and H. Q. Yu, " A High-Throughput Dye-Reducing Photometric Assay for Evaluating Microbial Exoelectrogenic Ability," *Bioresource Technology,* vol. 241, pp. 743-749, 2017.

[7] S. Choi, " Microscale microbial fuel cells: advances and challenges," *Biosensors and Bioelectronics,* vol. 69, no. 1, pp. 8-25, 2015.

[8] B. E. Logan, " Exoelectrogenic bacteria that power microbial fuel cells," *Nature Reviews Microbiology,* vol. 7, pp. 375-381, 2009.

[9] A. Walker and C. W. Walker, " Biological fuel cell and an application as a reserve power source," *Journal of Power Sources,* vol. 160, pp. 123-129, 2006.

[10] E. T. Sayed and N. Nakagawa, " Critical issues in the performance of yeast based microbial fuel cell," *Journal of Chemical Technology and Biotechnology,* vol. 93, pp. 1588-1594, 2018.

[11] N. D. Haslett, F. J. Rawson, F. Barrière, G. Kunze, N. Pasco, R. Gooneratne and K. H.. Baronian, " Characterisation of yeast microbial fuel cell with the yeast *Arxula adeninivorans* as the biocatalyst," *Biosensors and Bioelectronics,* vol. 26, pp. 3742-3747, 2011.

[12] M. Pal, and R. K.. Sharma, "Exoelectrogenic response of Pichia fermentans influenced by mediator and reactor design," *Journal of Bioscience and Bioengineering,* vol. 127, no. 6, pp. 714-720, 2019.

[13] L. Chaires-Martínez, H. A. Jiménez-Avalos and M. A. Pérez-Vargas, " Remoción de hidrocarburos alifáticos, plaguicidas y cromo (VI) mediante el uso de *Candida tropicalis* y *Stenotrophomonas maltophilia*," En: Investigación en el Sistema de Educación Superior Tecnológica del Estado de Veracruz. Luis Carlos Sandoval Herazo y María Angélica Cerdán. (Eds). Ed. Transferencia e Innovación Tecnológica del Instituto Tecnológico Superior de Xalapa. pp. 41-46, 2018.

[14] S. Mandal, D. Tichit, D. A. Lerner and N. Marcotte, " Azoic dye hosted in layered double hydroxide: Physicochemical characterization of the intercalated materials," *Langmuir,* vol. 25, no. 18, pp. 10980-10986, 2009.

[15] K. Verma, G. Saha, L. M. Kundu and V, Kumar, “Biochemical characterization of a stable azoreductase enzyme from e*Chromobacterium violaceum*: Application in industrial effluent dye degradation,” *International Journal of Biological Macromolecules*, vol. 121, pp. 1011-1018, 2019.

[16] Q. Yang, M. Yang, K. Yediler, A. Hagn, A. Schloter and A, Kettrup, “Decolorization of synthetic dyes and production of manganese-dependent peroxidase by new fungal isolates,” *Biotechno9logy Letters*, vol. 25, pp. 709-713, 2003.

[17] S. Arora, H. S. Saini and K, Singh, “Biological decolorization of industrial dyes by *Candida tropicalis* and *Bacillus firmus*,” *Water Science and Technology*, vol. 63, pp. 761-768, 2011.

[18] L. Tan, S. Ning, X. Zhang and S, Shi, “Aerobic decolorization and degradation of azo dyes by growing cells of a newly isolated yeast *Candida tropicalis* TL-F1,” *Bioresource Technology*, vol. 138, pp. 307-311, 2013.

[19] P. J. Cai, X. Xiao, Y. R. He, W. W. Li, J. Chu, C. Wu, M. X. He, Z. Zhang, G. P. Sheng and M. H. Lam, " Anaerobic biodecolorization mechanism of methyl orange by *Shewanella oneidensis* MR-1," *Applied Microbiology and Biotechnology,* vol. 93, no. 4, pp. 1769-1776, 2012.

[20] R. S. Hartshorne, C. L. Reardon, D. Ross, J. Nuester, T. A. Clarke, P. C. Mills, J. K. Fredrickson, J. M. Zachara ad L. Shi, " Characterization of an electron conduit between bacteria and the extracellular environment," *Proccedings of the National Academy of Sciences,* vol. 106, no. 52, pp. 22169-22174, 2009.

[21] S. Zhou, X. Guo, H. Wang, D. Kong, Y. Wang, J. Zhu, W. Dong, M. He, G. Hu, B. Zhao, B. Zhao and Z. Ruan, " Chromobacterium rhizoryzae sp. nov., isolated from rice roots," *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology,* vol. 66, pp. 3890-3896, 2016.

[22] Y. Ning, X. Hu, J. Ling, Y. Du, J. Liu, H. Liu and Z. Peng, " *Candida albicans* survival and biofilm formation under starvation conditions," *International Endodontic Journal,* vol. 46, pp. 62-70, 2013.

 ISSN 2007-8102

Simulación de procesos para optimizar variables aplicado a ventanas operativas para plantas endulzadoras de gas

A. Gómez-Ixmatlahua[1], N. Gutiérrez-Casiano[2], E. Hernández-Aguilar[2], L.M. Reyes-Grajales[2], R. Melo-González[2]*

[1]Ingeniero de Proceso Independiente, Córdoba, Veracruz, México.

[2]Facultad de Ciencias Químicas, Universidad Veracruzana, Oriente 6, Núm. 1009, Col. Rafael Alvarado, C.P. 94340, Orizaba, Veracruz, México

**lmelog@uv.mx*

***Área de participación**: Ingeniería Química*

Resumen

A través del simulador PRO/II v10.2 se determinaron los valores de las variables de operación del proceso: presión, temperatura y carga térmica. Con base a los resultados obtenidos, se generó la gráfica para encontrar la presión mínima de operación en el regenerador que maximice la temperatura en el rehervidor y minimice la carga térmica en el mismo para aplicar ventanas operativas e integridad, ante diferentes condiciones de la planta endulzadora de gas con amina. Como restricción, no se debe de operar el rehervidor a una temperatura mayor a 125°C, ya que se degrada la amina y se forman sales termoestables que disminuyen la vida de la planta por corrosión y pérdida de integridad mecánica. Además, mediante superficies de respuesta se analizaron las interacciones de dos factores, observando que la concentración en ppm de H_2S a la salida de gas dulce del absorbedor cumple con la calidad requerida por la NOM-001-SECRE-2010.

***Palabras clave**: Ventanas operativas, endulzamiento, simulación.*

Abstract

Through the PRO/II v10.2 simulator, the values of the process operating variables were determined: pressure, temperature and thermal load. Based on the results obtained, the graph was generated to find the minimum operating pressure in the regenerator that maximizes the temperature in the reboiler and minimizes the thermal load in it to apply operational windows and integrity, under different conditions of the sweetener plant. of gas with amine. As a restriction, the reboiler should not be operated at a temperature higher than 125°C, since the amine degrades and thermoset salts are formed that decrease the life of the plant due to corrosion and loss of mechanical integrity. In addition, through response surfaces, the interactions of two factors were analyzed, observing that the concentration in ppm of H_2S at the sweet gas outlet of the absorber meets the quality required by NOM-001-SECRE-2010.

***Key words**: Operation windows, sweetening, simulation*

Introducción

Existe trabajo colegiado realizado por el American Petroleum Institute (API, por sus siglas en inglés) [1] emitido a través de sus prácticas recomendadas (RP, por sus siglas en inglés), en el que mencionan que en el ambiente operativo actual no es suficiente asentar los planes de inspección solamente en los registros o historia de la condición de los equipos. Así, un entendimiento fundamental de las condiciones de proceso/operación y mecanismos de daño resultantes son requeridos a fin de establecer y mantener un programa de inspección que de la más alta probabilidad de detectar el mecanismo de daño potencial [2]. Un paso fundamental es frecuentemente racionalizar y alinear el desarrollo del conocimiento base de la degradación de los materiales de construcción con la operación del equipo, su historia de inspecciones, velocidades de corrosión medidas y problemas conocidos de esa industria.

Existen un conjunto de rangos de operación y límites de variables clave de proceso, que logran los resultados deseados en especificación de producto, operación segura, confiabilidad, disponibilidad, etc. Estos límites son generalmente llamados límites de operación o fronteras de operación. Se define como un conjunto específico denominado Ventana Operativa e Integridad (IOW, por sus siglas en inglés) a estos límites claves de operación que se centran solamente en mantener la integridad mecánica o confiabilidad del equipo de proceso [3]. Típicamente las IOW's se direccionan a variables de proceso que no son adecuadamente monitoreadas o controladas, que pueden impactar la probabilidad y velocidades de mecanismos de daño, que pueden resultar en una pérdida de integridad, con fugas y liberación de sustancias a la atmósfera.

El API RP 584 [4] trata las ventanas operativas asociadas a la integridad mecánica para relaciones de H_2S/CO_2 mayores o iguales a 1/19, esto es para evitar corrosión en las líneas de proceso y posible pérdida de integridad que propicien fugas, lo anterior garantiza regiones de operación asociadas a la confiabilidad del proceso y durabilidad o extensión de vida útil de la planta. El API RP 970 [5] proporciona a los usuarios los elementos básicos para desarrollar, implementar y mantener un documento de control de corrosión (CCD, por sus siglas en inglés) para refinación y plantas químicas. Un CCD es un documento u otro repositorio o sistema que contiene toda la información necesaria para comprender los problemas de susceptibilidad a daños materiales en un tipo específico de unidad de proceso operativo en una planta. Los CCD son una valiosa adición a un programa efectivo de integridad mecánica. Ayudan a identificar las susceptibilidades del mecanismo de daño de las tuberías y equipos que contienen presión, los factores que influyen en la susceptibilidad del mecanismo de daño y las acciones recomendadas para mitigar el riesgo de pérdida de contención o interrupciones no planificadas. Hernández y col. [6] y Melo y col. [7] determinaron las ventanas operativas de plantas endulzadoras de gas amargo empleando simuladores rigurosos de proceso.

La Dirección Corporativa de Operaciones emitió la "Guía técnica de confiabilidad operacional para la mejor práctica: Ventanas operativas (2008)" [8].
Marlin [9] trata 8 puntos sobre operabilidad y el primer punto es sobre ventanas operativas. La ventana operativa en este trabajo se aplica a una planta endulzadora de gas amargo, con proceso Girbortol, y como medio de absorción utiliza MDEA (metildietanolamina). La calidad del gas natural a la salida del absorbedor no debe sobre pasar las 6 ppm de H_2S de acuerdo con la NOM-001-SECRE-2010 [10].

Las ventanas operativas establecen intervalos de operación controlados en un proceso industrial, a través de una operación segura y responsable, optimizada económicamente, sin interrupciones al negocio o paros no planeados que permiten maximizar el ciclo de vida de los activos [4]. Un elemento clave de la seguridad de los procesos químicos es mantener la integridad mecánica, entendiendo que esto se alcanza cuando un activo se desempeña, opera y mantiene como fue especificado en el diseño, de tal forma que el riesgo a las personas, al medio ambiente y a otros activos se minimiza y mejora la imagen de la empresa. Las variables de proceso a considerar son:

- Proceso: Temperatura, presión, gravedad, viscosidad, contaminantes, etc.
- Servicio: Agua de enfriamiento, lavado, vapor, lubricación, etc.
- Aspectos físicos: Vibración, velocidad, amperaje, voltaje, temperatura, etc.

El contexto operacional de PEMEX Exploración Producción [11] es un factor importante en el establecimiento de las variables de operación de los equipos críticos, que proporcionen una operación segura y confiable. Se deben de considerar la variabilidad y la incertidumbre, las cuales están basadas en las especificaciones de diseño y un conocimiento de los modelos de diseño de proceso. Cuando se especifica un intervalo para los parámetros, se deberá usar el conocimiento y experiencia para entender el impacto de los valores empleados.

La alimentación a la planta es gas natural, que es un recurso no renovable formado por una mezcla de hidrocarburos: metano (alrededor de 80%), etano (6%), propano (4%), butano (2%), junto a algunas impurezas tales como vapor de agua, compuestos sulfurados, dióxido de carbono (CO_2),

nitrógeno (N_2) y trazas de hidrocarburos más pesados. Su composición varía de acuerdo al yacimiento de donde fue extraído. El proceso de endulzamiento del gas natural, es uno de los procesos de mayor importancia, al que debe ser sometido el gas natural, ya que el mismo implica la remoción de los gases ácidos de la corriente de gas (H_2S y CO_2), debido a que estos compuestos son gases ácidos que pueden ocasionar problemas en el manejo y procesamiento del gas, que causan corrosión, olores perniciosos, emisiones de compuestos causantes de lluvia ácida, entre otros. Esta remoción se puede realizar a través de varios procesos, como lo son la absorción de los gases ácidos, con solventes químicos, físicos y mixtos.

Este trabajo se enfoca en el proceso de endulzamiento de gas amargo empleando MDEA como medio de absorción, el diagrama de flujo se muestra en la Figura 1. El gas ácido se alimenta en la parte inferior del absorbedor y se pone en contacto a contracorriente con la solución de amina pobre, la cual es alimentada por el domo y fluye en sentido descendente. Los componentes ácidos (CO_2 y H_2S), son absorbidos con reacción química por la solución de amina pobre, mientras que el gas dulce sale por el domo el absorbedor, con un máximo de 6 ppm de H_2S. La solución de amina rica, obtenida por el fondo, se envía a un tanque flash, donde los hidrocarburos absorbidos se liberan en la fase gas. Posteriormente, la solución de amina rica pasa a través de un intercambiador de calor amina rica/amina pobre para incrementar su temperatura hasta los 90-110 °C. La amina rica calentada entra al regenerador, en donde se desprenden los gases ácidos, hidrocarburos disueltos y vapor de agua que pueda contener. La presión del regenerador debe ser mantenida para incrementar la temperatura del rehervidor y así lograr optimizar la operación. Sin embargo, como una restricción no debe exceder la temperatura de degradación de la amina, de 125^{o}C, porque se forman sales termoestables, las cuales son corrosivas [12]. La bomba en la línea de fondos del regenerador tiene la función de enviar la amina pobre al absorbedor. Un enfriador reduce la temperatura de la amina pobre al absorbedor.

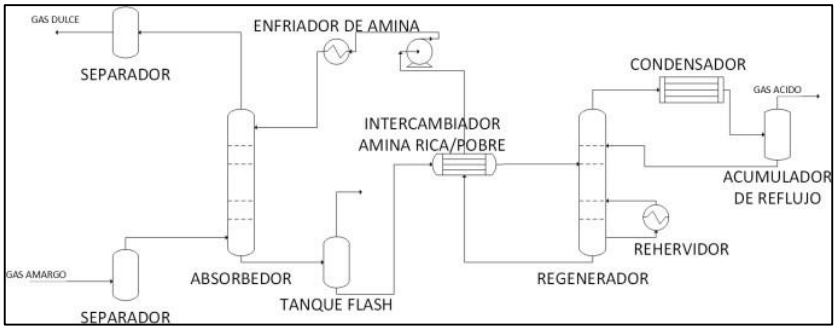


Figura 1. Esquema del proceso de una planta endulzadora de gas amargo

La simulación rigurosa de procesos es útil para la toma de decisiones [13], dado que minimiza los riesgos que implicarían realizar cambios en las condiciones de operación de una planta por prueba y error, permitiendo así conocer las respuestas del proceso al aplicar ¿qué pasa sí? [14]. Se pueden construir los modelos de las plantas de proceso con simuladores rigurosos, dado que se pueden manipular, al simular condiciones o intervalos normales de operación, inclusive, condiciones inseguras que pueden poner en riesgo la integridad mecánica de la planta.

Metodología.

Simulación en estado estacionario utilizando PRO/II v10.2.

El modelo de la simulación del proceso para una planta endulzadora de gas amargo, empleando MDEA como medio de absorción, se muestra en la Figura 2. El modelo termodinámico seleccionado para la simulación de la planta endulzadora de gas amargo fue el de Kent-Eisenberg, que está incluido en el paquete de aminas del simulador PRO/II v10.2 [15].

 ISSN 2007-8102

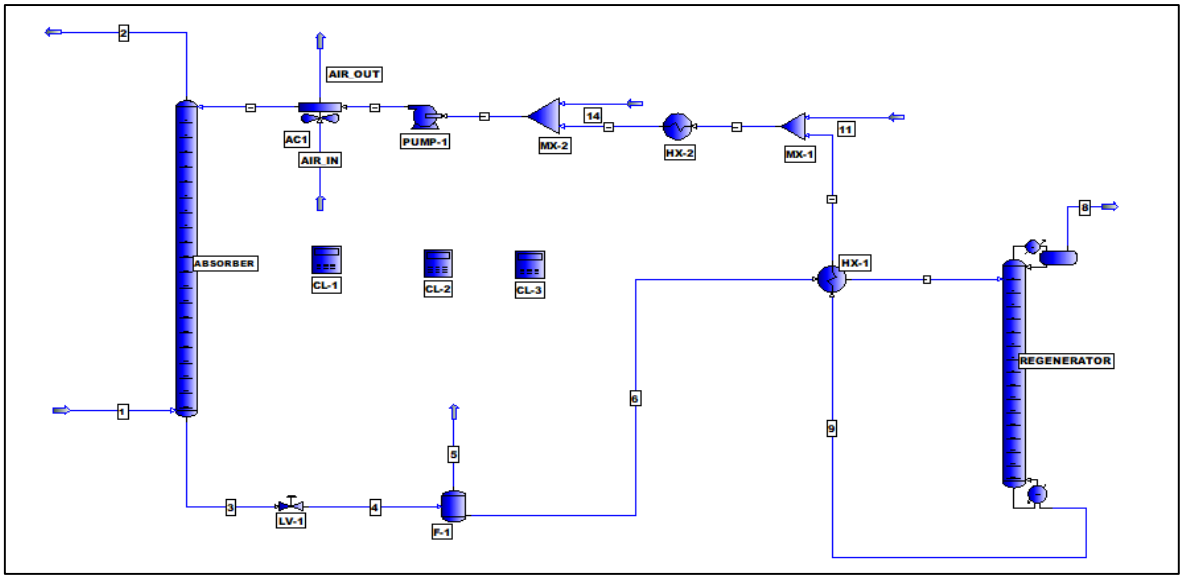


Figura 2. Modelo de la planta endulzadora de gas amargo

Variables de entrada del proceso

Las especificaciones de las condiciones de entrada y composición del gas amargo y del medio de absorción en la planta endulzadora de gas amargo usando MDEA se muestran en la Tabla 1:

Tabla 1 Condiciones de operación y composiciones de corrientes

Condiciones de entrada de la MDEA		**Composición gas amargo de entrada [=] fracción molar**	
Temperatura [=] °C	40	Nitrógeno	0.0261
Presión [=] Kg/cm^2	83	H_2S	0.0207
Flujo [=] Kg mol/h	9520	CO_2	0.011
Condiciones entrada del gas amargo.		Metano	0.6451
Temperatura [=] °C	35	Etano	0.1524
Presión [=] Kg/cm^2	84.1	Propano	0.0693
Flujo [=] Kg mol/h	4483	i-Butano	0.0083
Composición de la corriente de entrada [=] frac. mol		n-Butano	0.025
Agua	0.51	i-Pentano	0.0075
MDEA	0.49	n-Pentano	0.0127
		n-Hexano	0.0219

Resultados y discusión

En la Figura 3 la gráfica de superficie muestra la respuesta en la concentración de H_2S, en diferentes condiciones de flujo y de concentración de H_2S al absorbedor. El gas dulce aumenta de 0.418 a 0.421 ppm de H_2S cuando se incrementa el flujo de 4400 a 4700 kgmol/hr. También el gráfico muestra que los cambios en la concentración de alimentación en un rango de 0.02 a 0.035 ppm de H_2S están relacionados con incrementos en las concentraciones del producto final,

 ISSN 2007-8102

aumentando hasta 0.421 ppm, lo cual no es significativo para el valor de referencia de 6 ppm permitidos para el gas dulce indicado en la norma NOM-001-SECRE-2010 [10].

Para el caso de la Figura 4, un aumento de presión desde los 80 kg/cm^2 a 90 kg/cm^2 se aprecia un ligero aumento de las ppm de H_2S en gas dulce de 0.419 ppm en un flujo de 4400 kgmol/h hasta 0.421 ppm en un flujo de 4700 kgmol/h, sin ser significativo para el valor de referencia de las 6 ppm permitidos para el gas dulce.

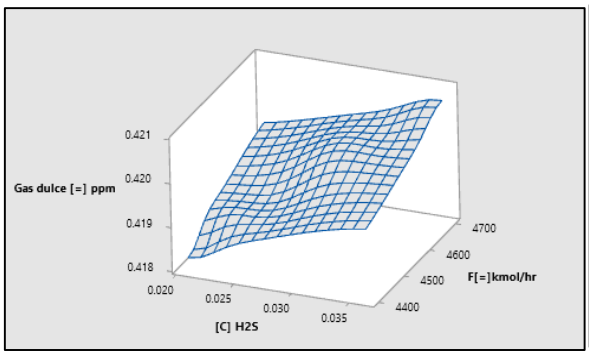


Figura 3. Superficie de respuesta de las ppm del H_2S en gas dulce con respecto al flujo y la concentración del H_2S en gas amargo.

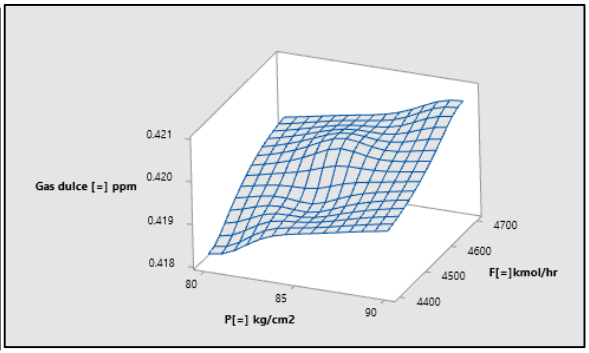


Figura 4. Superficie de respuesta de las ppm del H_2S en gas dulce con respecto al flujo y presión.

En la Figura 5, se observa que al aumentar la temperatura de alimentación de gas amargo de 30 a 45°C se presentan fluctuaciones descendentes de la concentración de H_2S en el gas dulce. Además, se observa que el flujo es el factor de mayor impacto sobre las ppm. En la figura 6 se observa que el H_2S en el gas dulce llega hasta 0.421 ppm cuando la presión aumenta a 90 kg/cm^2 y disminuye la temperatura a 30°C.

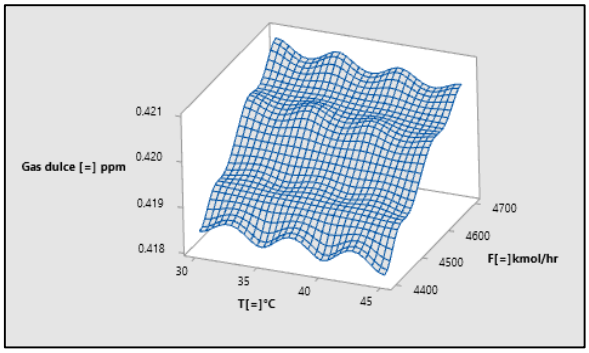


Figura 5. Superficie de respuesta de la ppm del H_2S en gas dulce con respecto al flujo y temperatura.

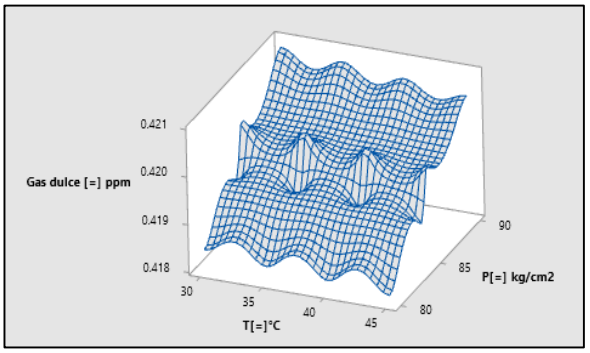


Figura *6*. Superficie de respuesta de las ppm del H_2S en gas dulce con respecto a la presión y temperatura.

Las cuatro superficies de respuesta muestran que los intervalos de operación propuestos en este trabajo hacen que se cumpla con la especificación requerida por la norma NOM-001-SECRE-2010, validando las ventanas operativas propuestas para el absorbedor.

En la Figura 7 se observa que, al mantener las condiciones de entrada al absorbedor, al tener una disminución de presión en la llegada de gas amargo, se ve un aumento de la concentración de partes por millón de H_2S hasta 2.5 ppm en condiciones de llegada hasta 15 kg/cm^2, lo cual, a pesar no ser significativo para el valor de referencia de 6 ppm es un indicativo en caso de una despresurización en el absorbedor, marque alarma por alto contenido de H_2S en la salida de gas dulce.

 ISSN 2007-8102

En la Figura 8 se observa que al variar la presión de operación en el regenerador desde 1.1 Kg/cm^2 hasta 2.0 Kg/cm^2, la temperatura en el rehervidor aumenta y su carga térmica disminuye, por lo que se encuentra un cruce para un valor mínimo de presión de 1.5 Kg/cm^2, con el valor máximo de temperatura de 117.69 ^{o}C y un mínimo para la carga térmica de 183'786,901 Btu/hr, que son los valores óptimos de operación con base a las condiciones de operación y composiciones mostradas en la Tabla 1. Dado que la temperatura de operación en el rehervidor es menor a 125^{o}C, que es la temperatura de degradación de la amina y formación de sales termoestables que reducen la vida de la planta al incidir la corrosión por formación de sales termoestables en la perdida de integridad mecánica de la misma entonces la temperatura de operación obtenida mediante la simulación de 117.685 ^{o}C garantiza la ventana operativa e integridad para las regiones de operación asociadas a la confiabilidad del proceso y durabilidad o extensión de vida útil de la planta [16] [17].

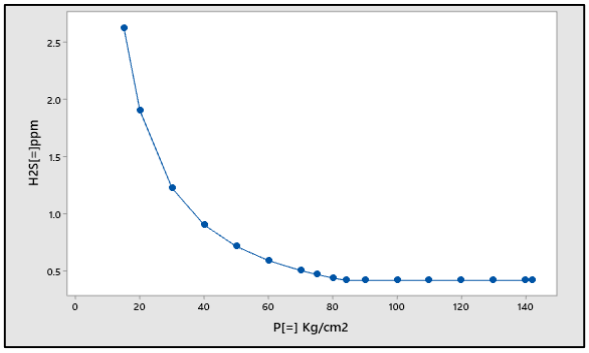


Figura 7. Relación entre el aumento de presión y la concentración en ppm del H_2S de la salida de gas dulce del regenerador.

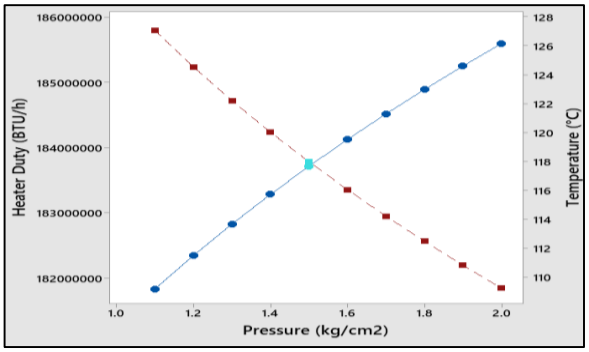


Figura 8. Relación entre presión mínima vs temperatura máxima y carga térmica mínima en el agotador.

Trabajo a futuro

Construir ventanas operativas e integridad para diferentes cargas y composiciones alimentadas a la planta, mediante simulaciones en estado dinámico empleando DYNSIM v6.0 o SimCentral, para determinar los diferentes valores mínimos de presión en absorbedores que maximicen las temperaturas de los rehervidores y minimicen sus cargas térmicas, para obtener regiones de operación menores a 125^{o}C, al evitar la degradación de diferentes tipos de aminas y la formación de sales termoestables, que por corrosión afecten la integridad mecánica de las plantas y extender la vida de los equipos.

A nivel industrial que, en la industria petrolera nacional e internacional, que se difunda de manera común y homogénea, el uso de los API RP 970 y API RP 580 para implementarse en los programas de corrosión y protección de equipos de proceso en diferentes plantas.

Conclusiones

Al generar los resultados por medio de simulaciones realizadas con el paquete de simulación de procesos PRO/II v10.2, se obtienen los datos para construir las cuatro superficies de respuesta para el absorbedor, mismas que muestran los intervalos de operación propuestos y analizados en este trabajo y, que hacen que en dichas regiones se cumpla con la especificación requerida por la norma NOM-001-SECRE-2010 de 6 ppm de H_2S, validando así las ventanas operativas propuestas. Dichas ventanas operativas también dan las especificaciones máximas y mínimas de operación a las que se puede someter una planta endulzadora, en caso de algún cambio en la corriente de llegada del gas amargo de alimentación al absorbedor.

Se concluye que el flujo es la variable de mayor impacto sobre el proceso, por lo que el tener un control sobre el flujo permitirá mantener la calidad del producto. Al mantener una temperatura fija y

al disminuir la presión, la concentración de H_2S aumenta, que confirma la heurística de que un absorbedor se debe de operar a alta presión y baja temperatura.

Una concentración mayor a 6 ppm de H_2S en el gas dulce a la salida del absorbedor, propicia una aceleración de la corrosión de los equipos, incluidos equipos de combustión.

Las gráficas obtenidas con los resultados de las series de simulaciones pueden servir como apoyo para la toma de decisiones, ya que muestra los valores óptimos de operación, sin recurrir a los métodos clásicos de optimización y, por ende, les sirve a los ingenieros de proceso que no están involucrados con dichos métodos.

La formación de sales termoestables inicia a una temperatura de 125°C, lo que reduce la vida de la planta al incidir en la corrosión por formación de sales termoestable y pérdida de integridad mecánica. Como la temperatura de operación del rehervidor obtenida mediante la simulación es de 117.69 °C, entonces no se alcanza la temperatura de degradación de la amina y formación de sales termoestables, que determina la optimización de la ventana operativa e integridad mecánica para estas regiones de operación, minimizando así la variable de proceso, que en este caso es la presión, al optimizar la ventana operativa con la temperatura y la carga térmica del rehervidor, que ahora pueden estar asociadas a la confiabilidad del proceso y durabilidad o extensión de vida útil de la planta al mantener la integridad mecánica del equipo.

Agradecimientos

Se agradece el apoyo a la compañía inglesa AVEVA por las Licencias suministradas a las FCQ´s de Universidad Veracruzana, al contar con las facilidades para realizar simulaciones rigurosas en estado estable y dinámico en la nube, durante el proceso de formación de los estudiantes de ingeniería química.

Referencias

[1] American Petroleum Institute, «About API,» 2020. [En línea]. Available: https://www.api.org/about.

[2] American Petroleum Institute, «API Standards,» 2020. [En línea]. Available: https://www.api.org/Standards/.

[3] R. Davis, «Implementing an Integrity Operanting Window Program,» 1 Mayo 2017. [En línea]. Available: https://www.chemengonline.com/implementing-integrity-operating-window-program/?printmode=1.

[4] American Petroleum Institute, «Integrity Operating Window,» *API Recommended Practice 584.,* 2014.

[5] American Petroleum Institute, «Corrosion Control Documents.,» *API Recommended Practice 970.,* 2018.

[6] I. Hernández Martínez, A. Osorio Mirón, L. Guin Morales, E. Hernández Aguilar y R. Melo-González, «Determinación de las Ventanas Operativas de una Planta Endulzadora de Gas Amargo Empleando Simuladores Rigurosos de Procesos,» *1er. Congreso Internacional de Energía.,* 2015.

[7] R. Melo González, L. M. Reyes Grajales, R. Gómez Rodríguez y A. Gómez Ixmatlahua, «entanas operativas y su determinación empleando simuladores rigurosos de proceso. Estudio de caso: Una planta endulzadora de gas amargo.,» *XVI Congreso de Confiabilidad.,* 2014.

[8] PEMEX Dirección Corporativa de Operaciones. SMC, Guía técnica de confiabilidad operacional para la mejor práctica: Ventanas operativas., Mexico, 2008.

[9] T. E. Marlin, «Teaching Operability in undergraduate chemical engineering education,» *Computers and Chemical Engenieering,* nº 34, pp. 1421-1431, 2010.

[10] Diario Oficial de la Federación., NOM-001-SECRE-10 "Especificaciones del gas natural", Mexico, 2010.

[11] PEMEX Exploración Producción, Sistema de Confiabilidad Operacional. Versión 3., México, 2012.

[12] N. Arora, F. Banat y E. Alhseinat, «Capacitive deionization performance of CNTs-Si-Ag based electrodes for the removal of heat stable salts from methyldiethanolamine (MDEA) solution in natural gas sweetening units,» *Chemical Engineering Journal,* nº 356, pp. 400-412, 2019.

[13] I. D. Gil Chaves, J. R. Guevara López, J. L. García Zapata, A. Leguizamón Robayo y G. Rodriguez Niño, Process Analysis and Simulation in Chemical Engineering, Springer International Publishing, 2016.

[14] R. Turton, J. A. Shaeiwitz, D. Bhattacharyya y W. B. Whiting, Analysis, Synthesis, and Design Of Chemical Processes, USA: Pearson Education, 2018.

[15] AVEVA Group plc., «AVEVA-Global Leader in Industrial Software,» 2020. [En línea]. Available: https://www.aveva.com/en/.

[16] C. A. San Martín Monsalve, Estudios de Corrosión y Degradación de Monoetanolamina en planta productora de Dióxido de Carbono, Santiago de Chile: Universidad de Chile, 2013.

[17] J. Cantrell, G. McIntyre, C. Daniels y E. Stewart, «Operational Considerations of Side Reactions in Gas Sweeteting Systems,» de *Laurance Reid Gas Conditioning Conference*, Norman, Oklahoma USA, 2017.

Análisis exergo-económico de una micro-turbina de gas

S. Castro Hernández[1], L. E. Méndez Cruz[2], A. Torres Aldaco[1], R. Lugo Leyte[1], H. D. Lugo Méndez[2]*

[1]Departamento de Ingeniería de Procesos e Hidráulica. Universidad Autónoma Metropolitana – Iztapalapa. Av. San Rafael Atlixco No. 186, Col. Vicentina, 09340, Iztapalapa, CDMX, México.
[2]Departamento de Procesos y Tecnología. Universidad Autónoma Metropolitana – Cuajimalpa. Av. Vasco de Quiroga No. 4871, Colonia Santa Fé, 05348, Cuajimalpa, CDMX, México.
e-mail: sergiohdz015@gmail.com

***Área de participación**: Ingeniería Industrial*

Resumen

En este trabajo se realiza un análisis exergo-económico a una microturbina de gas de 1MW a condiciones de operación y máxima eficiencia térmica, mediante la metodología del Análisis de Estructura Productiva Modificada (MOPSA), con el objetivo de estimar los costos exergo-económicos de cada corriente exergética y de la exergía destruida en cada equipo. Los resultados muestran que, el costo de la generación de energía eléctrica a las condiciones mencionadas fueron de 0.72 y 0.70 $/h y de la destrucción de exergía de 12.7 y 10.3 $/h, respectivamente.

***Palabras clave**: Exergo-económico, microturbina, costos.*

Abstract

In this work an economic analysis of a gas microturbine of 1 MW is carried out to the operating conditions and maximum thermal efficiency, through the use of Analysis of Modified Product Structure (MOPSA), with the objective of estimating the costs exergo-economic of the exergetic components and the exergy destroyed in each team. The results show that the cost of generating electricity in the prevailing conditions was 0.72 and 0.70 $/h and the destruction of the exergy of 12.7 and 10.3 $/h respectively.

***Key words**: exergo-economic, microturbine, costs.*

Introducción

Generalmente, el análisis exergético predice el desempeño termodinámico de un sistema de energía y la eficiencia de los componentes del mismo, al cuantificar con precisión la generación de entropía de los componentes [1]. Al combinar el análisis exergético con el análisis económico da origen al campo exergo-económico, éste es una herramienta de análisis de los costos basados en el concepto de exergía. La aplicación de esta metodología, a cualquier sistema, permite evaluar el costo de los productos generados en cada uno de sus componentes, así como, de los productos finales [2]. Además, proporciona una herramienta para diseñar y operar de manera óptima a los sistemas térmicos complejos muy útil, ya que la estimación adecuada de los costos de producción es esencial para que las empresas operen de manera rentable.
En la actualidad, existen varios métodos para calcular los costos de los productos [3-5]. El esquema utilizado en este trabajo, es para estimar el costo de exergía [6] y resulta similar al sugerido por Lozano y Valero [7] y se le denomina MOPSA (Análisis de Estructura Productiva Modificada). Este método se puede utilizar para cualquier planta de energía compleja de manera más sistemática y versátil.

 ISSN 2007-8102

En los sistemas de energía que producen un producto, por ejemplo, electricidad, el método de costo de exergía no se tiene que usar para obtener el costo de producción, C_e, ya que se puede obtener mediante la siguiente ecuación [8,10]

$$\dot{C}_e = \frac{C_o}{\eta_e}\left[1+\frac{\sum \dot{Z}_{(k)}}{C_o \dot{E}_X^{CHE}}\right] \quad (1)$$

donde η_e, representa la eficiencia exergética.
En esta ecuación, el costo de producción depende en gran medida del costo del combustible y de la eficiencia exergética del sistema, y se ve afectado por la relación entre el flujo monetario de los equipos y el flujo monetario del combustible utilizado. Sin embargo, no es una tarea fácil calcular los costos de producción, si el sistema de energía produce múltiples productos.
En este estudio, se realizaron análisis energéticos y exergo-económicos a una turbina de gas de 1MW. En este análisis se aplicaron las leyes de conservación de masa y energía a cada componente. La ecuación de equilibrio de exergía desarrollada por Oh et al. [11] y la ecuación correspondiente de exergía de costos desarrollada por Kim et al. [12] fueron utilizados en estos análisis. Sin embargo, las ecuaciones de equilibrio de exergía y de costo se modificaron para que los componentes no adiabáticos reflejen las pérdidas de exergía debidas a la transferencia de calor y los costos resultantes.

Caso de estudio

El diagrama esquemático de la microturbina de gas utilizada para el estudio exergo-económico se muestra en la Fig.1. La microturbina de gas de 1MW se compone de un compresor, un regenerador, una cámara de combustión y una turbina de gas. El flujo de aire que entra al sistema se encuentra a una temperatura y presión de 25°C y 1.013 bar, respectivamente; mientras que, el combustible se suministra a 25°C y 12 bar. El combustible utilizado es metano (CH_4), con un poder calorífico inferior de 47,576.13 kJ/kg_{comb}.

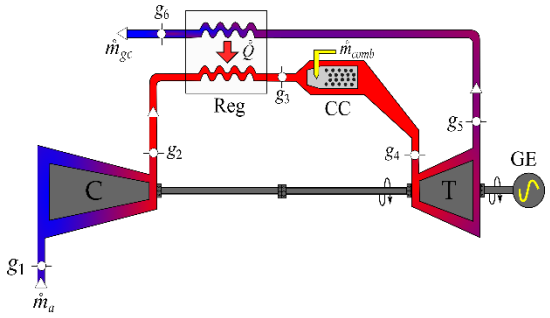


Figura 1. Diagrama esquemático de la microturbina de gas.

En la Tabla 1 se presentan los parámetros de diseño de la microturbina de gas de estudio.

Tabla 1. Parámetros de diseño.

η_{sic} (-)	0.86
η_{sit} (-)	0.86
π_c (-)	10
TET (K)	1150
$\dot{m}_a$ *(kg/s)*	4.67
$\dot{m}_{comb}$ *(kg/s)*	0.08
ε (-)	0.8

Metodología

A partir de la expresión de la exergía termo-mecánica para una corriente exergética, se obtiene las componentes térmicas y mecánicas de la exergía

$$\dot{E}_e^{Tm} - \dot{E}_s^{Tm} = \left(\dot{E}_e^{T} - \dot{E}_s^{T}\right) + \left(\dot{E}_e^{P} - \dot{E}_s^{P}\right) \tag{2}$$

Considerando al fluido de trabajo como gas perfecto, la corriente exergética de la componente térmica se expresa de la siguiente manera:

$$\dot{E}_i^{T} = \dot{m} c_p \left[T_i - T_{ref} - \ln\left(\frac{T_i}{T_{ref}}\right)\right] \tag{3}$$

Y la componente mecánica de la corriente exergética es

$$\dot{E}_i^{P} = \dot{m} R T_{ref} \ln \frac{P_i}{P_{ref}} \tag{4}$$

El balance de exergía a la turbina de gas, en la cual ya está incluida la expresión (2), se define de la siguiente manera

$$\dot{E}^{CHE} + \left(\sum_e \dot{E}^{T} - \sum_s \dot{E}^{T}\right) + \left(\sum_e \dot{E}^{P} - \sum_s \dot{E}^{P}\right) + T_0\left(\sum_e \dot{S} - \sum_s \dot{S} + \dot{Q}_{VC}/T_0\right) = \dot{E}^{W} \tag{5}$$

El término $\dot{E}^{CHE}$ representa el flujo de exergía del combustible que se suministra al sistema y $\dot{Q}_{vc}$ representa los efectos de transferencia de calor entre el componente y el medio ambiente.
Asignando un costo de exergía unitario a cada flujo de exergía de la ec. (5) se obtiene la ecuación de balance de costos exergéticos

$$\dot{E}^{CHE} C_0 + \left(\sum_e \dot{E}^{T} - \sum_s \dot{E}^{T}\right) C_T + \left(\sum_e \dot{E}^{P} - \sum_s \dot{E}^{P}\right) C_P + T_0\left(\sum_e \dot{S} - \sum_s \dot{S} + \dot{Q}_{VC}/T_0\right) C_s + \dot{Z}_k = \dot{E}^{W} C_W \tag{6}$$

El término $\dot{Z}_{(k)}$ incluye todos los cargos financieros asociados con la operación y mantenimiento del k_{th} componente del sistema.
El método de costo de exergía basado en estas ecuaciones se le denomina como MOPSA.

Ecuaciones de balances de costos para la microturbina de gas

Compresor (1)

$$\left(\dot{E}_1^{T} - \dot{E}_2^{T}\right) C_T + \left(\dot{E}_1^{P} - \dot{E}_2^{P}\right) C_{1P} + T_0\left(\dot{S}_1 - \dot{S}_2\right) C_s - \dot{E}^{W_C} C_W = -\dot{Z}_C \tag{7}$$

o bien

$$K_{[1,2]}^{T} C_T + K_{[1,2]}^{P} C_{1P} + \dot{E}_{D[1,2]} C_s - \dot{E}^{W_C} C_W = -\dot{Z}_C \tag{8}$$

Regenerador (2)

$$\left(\dot{E}_2^{T} - \dot{E}_3^{T}\right) C_{2T} + \left(\dot{E}_5^{T} - \dot{E}_6^{T}\right) C_T + \left(\dot{E}_2^{P} - \dot{E}_3^{P} + \dot{E}_5^{P} - \dot{E}_6^{P}\right) C_P + T_0\left(\dot{S}_2 - \dot{S}_3 + \dot{S}_5 - \dot{S}_6 + \frac{\dot{Q}_{Reg}}{T_0}\right) C_s = -\dot{Z}_{IC} \tag{9}$$

Cámara de combustión (3)

$$E^{CHE}C_0+\left(\dot{E}_3^T+\dot{E}_{comb}^T-\dot{E}_4^T\right)C_{3T}+\left(\dot{E}_3^P+\dot{E}_{comb}^P-\dot{E}_4^P\right)C_P+T_0\left(\dot{S}_3+\dot{S}_{comb}-\dot{S}_4+\frac{\dot{Q}_{CC}}{T_0}\right)C_s=-\dot{Z}_{CC} \quad (10)$$

Turbina de gas (4)

$$\left(\dot{E}_4^T-\dot{E}_5^T\right)C_T+\left(\dot{E}_4^P-\dot{E}_5^P\right)C_P+T_0\left(\dot{S}_4-\dot{S}_5\right)C_s-\dot{E}^{W_{TG}}C_W=-\dot{Z}_{TG} \quad (11)$$

A partir del balance de los costos térmicos y mecánicos se obtiene dos ecuaciones más:
La primera es la unión de exergía térmica, (5)

$$\left(\dot{E}_2^T+\dot{E}_{comb}^T-\dot{E}_4^T\right)C_T-\left(\dot{E}_2^T-\dot{E}_3^T\right)C_{2T}-\left(\dot{E}_3^T+\dot{E}_{comb}^T-\dot{E}_4^T\right)C_{3T}=0 \quad (12)$$

Y la segunda es la unión de exergía mecánica, (6)

$$C_P-C_{1P}=0 \quad (13)$$

La última ecuación de balances de costos exergéticos se obtiene a través de un balance en la superficie de control del sistema. La exergía desechada de los gases de combustión se contempla en la producción de la entropía total de la planta, por lo tanto, la ecuación está dada por el:
Límite del sistema (7)

$$\left(\dot{E}_1^T+\dot{E}_{comb}^T-\dot{E}_6^T\right)C_T+\left(\dot{E}_1^P+\dot{E}_{comb}^P-\dot{E}_6^T\right)C_P+T_0\left(\dot{S}_1+\dot{S}_{comb}+\dot{S}_6\right)C_s=-\dot{Z}_{\lim} \quad (14)$$

Por lo tanto, el sistema de ecuaciones a resolver para obtener los costos unitarios correspondientes a la parte térmica, mecánica, de generación de entropía y generación de potencia, se muestran en la siguiente matriz.

$$\begin{bmatrix} K_{[1,2]}^T & 0 & 0 & 0 & K_{[1,2]}^P & -\dot{E}^{W_C} & \dot{E}_{D[1,2]} \\ K_{[5,6]}^T & K_{[2,3]}^T & 0 & K_{[2,3,5,6]}^P & 0 & 0 & \dot{E}_{D[2,3,5,6]} \\ 0 & 0 & K_{[3,comb,4]}^T & K_{[3,comb,4]}^P & 0 & 0 & \dot{E}_{D[3,comb,4]} \\ K_{[4,5]}^T & 0 & 0 & K_{[4,5]}^P & 0 & -\dot{E}^{W_{TG}} & \dot{E}_{D[4,5]} \\ K_{[2,comb,4]}^T & -K_{[2,3]}^T & -K_{[3,comb,4]}^T & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & -1 & 0 & 0 \\ K_{[1,comb,6]}^T & 0 & 0 & K_{[1,comb,6]}^P & 0 & 0 & \dot{E}_{D[1,comb,6]} \end{bmatrix} \begin{pmatrix} C_T \\ C_{2T} \\ C_{3T} \\ C_P \\ C_{1P} \\ C_W \\ C_S \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} -\dot{Z}_C \\ -\dot{Z}_{IC} \\ -\dot{Z}_{CC}-\dot{E}^{CHE}C_0 \\ -\dot{Z}_{TG} \\ 0 \\ 0 \\ -\dot{Z}_{\lim} \end{pmatrix}$$

El costo exergético unitario del combustible C_o, que se muestra en la matriz tiene un valor de $5.82x10^{-6}$ \$/kJ, para el combustible utilizado en este estudio (CH_4) [3]. En la Tabla 2 se presentan los flujos de costo capital de los equipos que conforman a la microturbina de gas

Tabla 2. Flujo de costo capital de cada equipo [3].

Equipo	Ż ($/hr)
C	2.406
Reg	0.321
CC	1.283
TG	5.614
Total	9.624

Para el costo de la producción de energía eléctrica se utiliza la ecuación (1) ya antes mencionada.

 ISSN 2007-8102

Resultados y discusión

El estudio exergo-económico de la micro turbina de gas se realiza a dos condiciones, condición de operación (π_c=10) y condición de máxima eficiencia (π_c=7). En la Figura 2 se muestra el comportamiento de la eficiencia térmica en función de la relación de presiones del compresor; así mismo, muestra que la eficiencia térmica máxima se tiene a una relación de presiones del compresor de 7, en la cual el flujo de combustible requerido para generar 1MW es de 2.38% menor al requerido al operar a la relación de presiones de diseño.

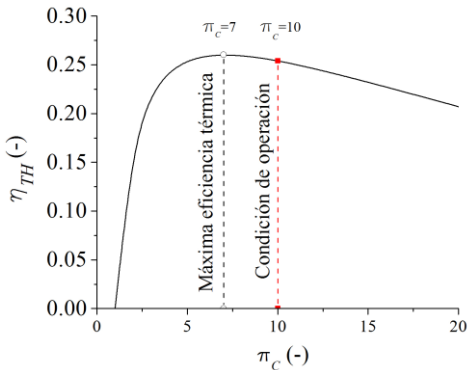


Figura 2. Eficiencia térmica en función de la relación de presiones del compresor.

Para las condiciones de la de operación y máxima eficiencia, el valor de la eficiencia exergética es de 30.84% y 31.40 %, respectivamente.

En la Tabla 3 se presentan los resultados de las componentes exergética de cada corriente termodinámica involucrada en la generación de la potencia útil para la condición de operación. Para este estudio sólo se consideró la exergía química del combustible. En la tabla también se muestra que la componente térmica y mecánica de la exergía con mayor contribución en el ciclo termodinámico se tiene en la corriente 4, que corresponde a los gases de combustión que salen de la cámara de combustión, lo que concuerda con el objetivo útil de este equipo. Mientras que la componente mecánica se debe a que en este corriente se tiene la mayor presión del ciclo. Por otra parte, la mayor producción de entropía se tiene en la corriente 5, ésta corresponde a los gases de escape de la turbina

Tabla 3. Exergías de las corrientes termodinámicas.

Corriente	$\dot{E}^{CHE}$ (MW)	$\dot{E}^{T}$ (MW)	$\dot{E}^{P}$ (MW)	$\dot{S}$ (kW/K)
0	0	0	0	0
1	0	0	0	0
2	0	0.487	0.918	0.353
3	0	0.772	0.918	1.113
Comb	68.206	0	0.031	-0.106
4	0	2.925	0.981	5.495
5	0	1.180	0	6.069
6	0	0.771	0	5.054

En la Tabla 4 se presentan las componentes exergéticas de cada equipo, además, de las componentes ya mencionadas, en esta tabla se presentan la componente exergética asociada a la potencia, la cual sólo tiene su contribución en el compresor y en la turbina de gas. El sigo negativo en la exergía de la potencia generada en la turbina, se debe a que la potencia sale del equipo, caso

contrario de lo que ocurre con el la potencia suministrada al compresor. Por otra parte, la exergía destruida $\dot{E}^D$ está asociada a la producción de entropía y la temperatura del medio ambiente.

Tabla 4. Componentes exergéticos de los equipos de la microturbina de gas.

Equipo	$\dot{E}^W$ (MW)	$\dot{E}^{CHE}$ (MW)	$\dot{E}^T$ (MW)	$\dot{E}^P$ (MW)	$\dot{E}^D$ (MW)
C	1.511	0.000	-0.487	-0.919	-0.105
Reg	0.000	0.000	0.124	0.000	-0.124
CC	0.000	68.207	-2.153	-0.031	-66.022
TG	-2.556	0.000	1.745	0.982	-0.171
Lím	0.000	0.000	-0.771	0.032	0.740
T	-1.045	68.207	-0.771	0.032	-66.422

En la Figura 3 se muestran los costos unitarios de las componentes térmicas, mecánicas, de potencia y de la generación de entropía para las condiciones de operación y de máxima eficiencia térmica. Así mismo, muestra como los costos para las componentes térmicas, mecánico y la de potencia, a las condiciones de máxima eficiencia térmica, son mayores que los obtenidos a las condiciones de operación. Por lo cual, se muestra que, para obtener una mayor eficiencia en el sistema, se tienen mayores costos unitarios. Por otra parte, el costo unitario de la generación de entropía tiene una reducción en su costo de 0.58%, a condiciones de máxima eficiencia en comparación con la condición de operación, lo cual refleja una menor generación de entropía y por lo tanto una mayor utilización de la energía suministrada.

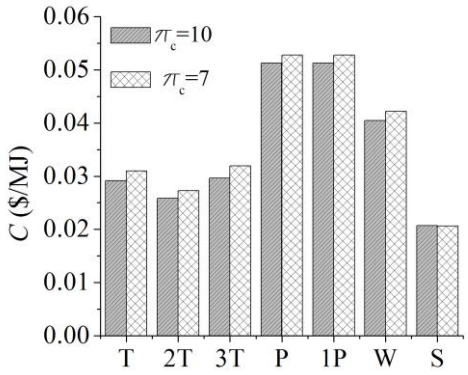


Figura 3. Costos unitarios de las corrientes.

En las Tablas 5 y 6 se presentan los resultados de los flujos de costos de cada componente exergético de los equipos que integran a la micro turbina de gas, así como de la frontera del sistema. Para el caso del compresor y la turbina, en los cuales sólo aplica el componente exergético de la potencia, se muestra que el costo de la potencia generada en la turbina es mayor que el del compresor, para ambas condiciones de operación. Por otra parte, se muestra cómo, al operar a las condiciones de máxima eficiencia, el costo de la corriente química de combustible es 2.38% menor que a las condiciones de operación, debido al menor consumo de combustible en el sistema. Así mismo, el costo de la corriente de exergía destruida que sale de sistema ($\dot{E}_D$ Lím), la cual está dada por la corriente g6, es decir, la corriente de los gases de escape que salen del sistema, tiene un menor costo a condiciones de máxima eficiencia con respecto al de operación, lo cual refleja el mejor aprovechamiento de la energía suministrada al sistema; y también está asociada al menor consumo de combustible.

Tabla 5. Flujos de costos de las componentes exergéticas de cada equipo a condiciones de operación.

Equipo	$\dot{E}^W$ ($/h)	$\dot{E}^{CHE}$ ($/h)	$\dot{E}^T$ ($/h)	$\dot{E}^P$ ($/h)	$\dot{E}^D$ ($/h)
C	61.1	0.0	-14.2	-47.1	-2.2
Reg	0.0	0.0	2.2	0.0	-2.6
CC	0.0	1429.1	-63.8	-1.6	-1365.0
TG	-103.3	0.0	50.9	50.3	-3.5
Lím	0.0	0.0	-22.5	1.6	15.3

Tabla 6. Flujos de costos de las componentes exergéticas de cada equipo a condición de máxima eficiencia.

Equipo	$\dot{E}^W$ ($/h)	$\dot{E}^{CHE}$ ($/h)	$\dot{E}^T$ ($/h)	$\dot{E}^P$ ($/h)	$\dot{E}^D$ ($/h)
C	51.3	0.0	-10.5	-41.3	-1.9
R_{EG}	0.0	0.0	4.7	0.0	-5.0
CC	0.0	1395.0	-66.9	-1.2	-1328.2
TG	-95.2	0.0	48.4	44.1	-2.9
Lím	0.0	0.0	-19.6	1.6	12.4

La Figura 4 muestra los flujos de costos de la generación de electricidad a las dos condiciones de estudio utilizando la ec. (1). Así mismo, muestra como a la condición de máxima eficiencia el flujo de costo es menor que a la condición de operación; es decir, 2.35% menor.

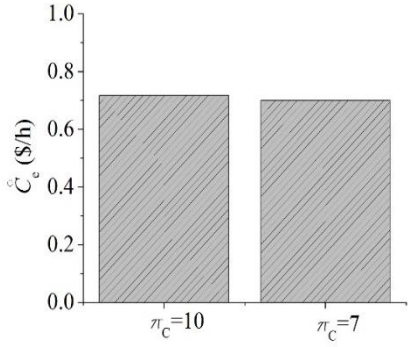


Figura 4. Costo de la electricidad producida en el sistema.

Conclusiones

El estudio exergo-económico aplicado a los sistemas de energía es una herramienta poderosa, ya que con ésta se estiman los costos de los productos útiles. Su implementación mediante la metodología MOPSA, además de lo ya mencionado, permite obtener los costos asociados a la exergía destruida en el proceso de manera práctica, como ya se mostró en este estudio. El costo de la generación de electricidad de acuerdo a la metodología ya citada tiene un valor de 0.71 $/h, a las condiciones de operación; pero éste disminuye al operar a la relación de presiones donde se tiene la máxima eficiencia térmica. Lo cual refleja como la generación de energía eléctrica tiene una dependencia clara del consumo de combustible y de su costo unitario. Lo mismo ocurre al tratar con la exergía destruida en el sistema.

Agradecimientos

Los autores agradecen a la Universidad Autónoma Metropolitana, al Posgrado de Energía y Medio Ambiente y a la Planta Piloto 2 de la unidad Iztapalapa por el apoyo brindado.

Referencias

[1] A. Lazzaretto and G. Tsatsaronis, “On the quest for objective equations in exergy costing,” *In Proceedings of the ASME advanced energy systems division*, vol. 37, pp. 197-210, 1997.

[2] D. Kim, H. Lee, H. Kwak and J. Hong, “Thermoeconomic analysis of power plants with integrated exergy stream,” *Proceedings of the ASME Advanced Energy Systems Division*, vol. 40, New York: American Society of Mechanical Engineers, pp. 393–404, 2000.
[3] G. Tsatsaronis and J. Pisa, “Energy Systems - Application To the Cgam Problem,” *Energy*, vol. 19, no. 3, pp. 287–321, 1994.
[4] C. A. FRANGOPOULOS, “Thermo-economic functional optimization,” *Energy*, vol. 12, no. 7, pp. 563–571, 1987.
[5] M. A. Lozano and A. Valero, “Thermoeconomic analysis of gas turbine cogeneration systems,” *Am. Soc. Mech. Eng.*, pp. 311–320, 1993.
[6] I. Dincer and M. A. Rosen, “Exergeoconomic Analysis of Thermal Systems,” *Exergy*, vol. 23, no. 5, pp. 335–362, 2007, doi: 10.1016/b978-008044529-8.50020-3.
[7] M. A. Lozano and A. Valero, “Theory of the exergetic cost,” *Energy*, vol. 18, pp. 939–960, 1993.
[8] J. Moran, “Availability analysis: a guide to efficient energy use,” *Englewood Cliffs,* NJ: Prentice-Hall, 1982.
[9] J. Sarkar and S. Bhattacharyya, “Application of graphene and graphene-based materials in clean energy-related devices Minghui,” *Arch. Thermodyn.*, vol. 33, no. 4, pp. 23–40, 2012, doi: 10.1002/er.
[10] A. Piacentino and M. Talamo, “Critical analysis of conventional thermoeconomic approaches to the diagnosis of multiple faults in air conditioning units: Capabilities, drawbacks and improvement directions. A case study for an air-cooled system with 120 kW capacity,” *Int. J. Refrig.*, vol. 36, no. 1, pp. 24–44, 2013, doi: 10.1016/j.ijrefrig.2012.09.014.
[11] H. Y. Kwak, D. J. Kim, and J. S. Jeon, “Exergetic and thermoeconomic analyses of power plants,” *Energy*, vol. 28, no. 4, pp. 343–360, 2003, doi: 10.1016/S0360-5442(02)00138-X.
[12] S. Oh, H. Pang, S. Kim, and H. Kwak, “Exergy analysis for a gas turbine cogeneration system,” *Journal of Engineering for Gas Turbines and Power*, vol. 118, no. 4, pp. 782-791, 1996.

Nomenclatura

$\dot{Q}$	calor [kW],
$\dot{z}$	costo de operación y mantenimiento; [$/h]
C	costo unitario; [$/MJ],
$\dot{E}$	Flujo de exergía; [kW],
$\dot{C}$	flujo de costo; [$/h],
$\dot{S}$	flujo de entropía; [kW/K],
$\dot{m}$	flujo másico; [kg/s],
P	presión; [bar],
T	temperatura; [K].

Letras griegas

ε	eficacia,
η	eficiencia,
π	relación de presiones.

Abreviaciones

C	compresor,
CC	cámara de combustión,
GE	generador eléctrico,
Reg	regenerador,
TET	temperatura de entrada a la turbina,
T	turbina.

Subíndices

a	aire,
0	ambiente,
comb	combustible,
i	corriente,
e	entrada, exergética
k	equipo,
gc	gases de combustión,
P	mecánica,
ref	Referencia,
s	salida, isoentrópica,
T	térmica,
VC	volume de control,
$\dot{W}$	potencia.

Superíndices

P	mecánica,
CHE	química,
T	térmica.

 ISSN 2007-8102

Obtención de nanopartículas de óxido de zinc sintetizadas por métodos de vía húmeda y seca

A.R. López Guemez[1], F. del C. Gómez Torres [2] L. C Rodríguez López[1], H. Pérez Vidal[1] y L. L Díaz Flores[2]*

[1] División Académica de Ciencias Básicas, Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, Km. 1, Carretera Cunduacán-Jalpa de Méndez, C.P. 86690, Cunduacán, Tabasco, México.

[2] División Académica de Ingeniería y Arquitectura, Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, Km. 1, Carretera Cunduacán-Jalpa de Méndez, C.P. 86690, Cunduacán, Tabasco, México.

**laura.diaz@ujat.mx*

***Área de participación**: Ingeniería Química*

Resumen

En este trabajo, se reporta el efecto de utilizar un método de síntesis por vía húmeda y seca para la obtención de nanopartículas (NP´s) de ZnO. Las tres rutas químicas evaluadas fueron dos en fase húmeda: el método de reactor hidrotermal (RHT) y el de sol gel (SG) modificado; y una en fase seca la de mecanoquímica (MQ). Los precursores utilizados y con diferentes concentraciones, según el método de síntesis propuesto y desarrollado fueron el nitrato de zinc hexahidratado, el acetato de zinc dihidratado y el cloruro de zinc. Los resultados muestran que las nanopartículas de ZnO obtenidas tienen tamaños de cristalito que van desde 39 hasta 143 nm y difiere al ser sintetizado por un método de vía húmeda o uno de vía seca. El análisis estructural indica que la fase cristalina en todos los casos es hexagonal wurtzita, con orientación preferencial en la dirección (002).

***Palabras clave**: Crecimiento hidrotermal, sol gel, mecanoquímica, química verde*

Abstract

The effect of dry/wet phase synthesis method for obtaining ZnO nanoparticles (NP's) is reported. Three chemical routes were evaluated: two in wet phase, the hydrothermal reactor method (RHT) and the modified sol gel method (SG); only one was carried out in dry phase, the mechanochemistry method (MQ). Hexahydrated zinc nitrate, dihydrated zinc acetate and zinc chloride in different concentrations were used as precursors, according to the proposed method and experimental synthesis. Results show that the nanoparticles of ZnO obtained have crystallite sizes ranging from 39 to 143 nm and differ when this is synthesized by a wet method or a dry method. Structural analysis indicates that the crystalline phase in all cases is hexagonal wurtzite, with preferential orientation in (002) direction.

***Key words**: Hydrothermal growth, sol gel, mechanochemistry, green chemistry*

Introducción

El óxido de zinc (ZnO), es un semiconductor con propiedades catalíticas, eléctricas, optoelectrónicas y piezoeléctricas, que le dan la posibilidad de tener estas aplicaciones tecnológicas mediante nanoestructuras unidimensionales (1D) [1]. Con las nuevas tecnologías y el incremento de uso de los materiales optoelectrónicos en objetos cada vez más pequeños, hoy en día, se realiza investigación en crear materiales con ancho de banda prohibida entre 5.5 a 3.0 eV, que sean útiles en sensores eléctricos, piezoeléctricos y fotocatalizadores en condiciones de temperatura ambiente. Debido, a los avances en este tipo de tecnologías amigables con el medio ambiente las técnicas de

activación fisicoquímica tales como microondas, biotransformación y fotocatálisis son consideradas como métodos de síntesis de química verde [2]. Ya que se considera que estos métodos son más eficientes en los procesos de síntesis de los nanomateriales funcionales, al utilizar disolventes menos tóxicos, reducir las etapas de las rutas sintéticas y minimizar los residuos en la medida de lo posible [3]. Por otro lado, en las transformaciones de estado sólido, se ha documentado la mecanoquímica, como un método de síntesis de química verde eficiente y respetuoso con el medio ambiente, que se diferencia de la química convencional dependiente de reactivos y solventes en solución [4]. De los materiales funcionales, en la literatura se reporta el uso del ZnO como material piezoeléctrico [5], generador de energía en la biomedicina [6], sensor de gases en equipos personales portátiles [7] y sensores inalámbricos [8], así como también puede ser utilizado en los procesos catalíticos de la industria química como catalizadores y soportes catalíticos [9].

De los métodos de síntesis, estos materiales pueden ser sintetizadas por diversas técnicas, para el caso de este estudio, se consideran el proceso sol gel (SG), el de síntesis hidrotermal (HRT) [10] y mecanoquímica. El proceso sol gel, presenta las ventajas en la obtención de ZnO, por ser un proceso de bajo costo, baja temperatura de síntesis (60-90°C) y facilidad de dopaje, entre otras [11]. Sin embargo, se reporta que los métodos más utilizados de síntesis de nanocables y nanobarras de ZnO (nanoestructura unidimensional 1D) se encuentra el método hidrotermal, ya que permite el crecimiento del ZnO a baja temperatura [12]. De acuerdo a este método de química húmeda, la obtención de nanobarras de ZnO requiere de una capa semilla (CS) que recubre el sustrato con una solución precursora sintetizada por sol gel, el reactivo más utilizado es el acetato de zinc dihidratado [13] disuelto en un solvente como el propanol [14] o metoxietanol [15]. Un factor importante en la síntesis de nanobarras de ZnO, es la concentración de la solución para la capa semilla y la solución hidrotermal para el crecimiento de la nanoestructura del ZnO [16]. Los reactivos utilizados para la solución hidrotermal son nitrato de zinc hexahidratado en soluciones con concentraciones que van desde 10 hasta 320 mM. Contrario a estos métodos de vía húmeda, existe el método de síntesis de mecanoquímica (MQ), el cual es un proceso libre de solventes en el que se emplean mezclas secas de precursores inorgánicos que son sometidos a molienda de alta energía en contenedores cerrados de acero inoxidable. En este caso, los procesos de reacción ocurren por la energía cinética que se trasmite entre las partículas de los reactantes [17].

Con base en lo anterior, en este trabajo se reporta la obtención de nanopartículas de ZnO, por tres rutas sol gel (SG), reactor hidrotermal (HRT) y mecanoquímica (MQ), que implican el uso de diferentes precursores orgánicos e inorgánicos, temperaturas de síntesis y se compara el efecto de las tres diferentes rutas de síntesis (SG, HRT y MQ) en el tamaño de cristalito de ZnO obtenido.

Metodología

Materiales

Todos los reactivos utilizados en esta metodología son de la marca Baker ® ACS. Las nanopartículas de ZnO, fueron obtenidas por los tres métodos mencionados, cuyos procesos de síntesis se presentan a detalle en los siguientes diagramas esquemáticos. En el método de sol gel (SG), los reactivos precursores se mezclan en un sistema cerrado a presión ambiental y en agitación constante en una parrilla Thermo Scientific donde se controlan la temperatura y tiempo de síntesis (Figura 1). Por el método de hidrólisis térmica (HRT), los reactivos y solventes se mezclan y se colocan en un reactor hidrotermal marca Welljoin de 100 ml, el cual debe contener la capa semilla, una vez sellado trabaja a 1.1 atm de presión y se somete a calentamiento por un tiempo determinado en un horno Kodiak Heat Technology (Figura 2). Por último, en el método de mecanoquímica (MQ), se mezclan los reactivos precursores y solventes sólidos en un contendedor cerrado con $\frac{1}{3}$ del volumen en carga de medios de molienda, que se someten a agitación en un molino de alta energía MILL8000 (Figura 3). Las condiciones de síntesis propuestas en este caso de estudio, se resumen en la Tabla 1, donde se enlistan tanto los reactivos precursores del ZnO, los solventes de las mezclas de reacción, las concentraciones y condiciones de procesamiento, las temperaturas de síntesis y el tratamiento térmico, así como la forma de las muestras analizadas. Las mediciones de difracción de rayos X (DRX) de las nanopartículas de ZnO, fueron realizadas en un rango de medición de 30 a 70 ° en escala 2θ grados, para todas las muestras se usó un difractómetro Siemens D5000, usando radiación CuKα a 34 kV**,** 25 mA con una longitud de onda λ= 1.54056 Å.

 ISSN 2007-8102

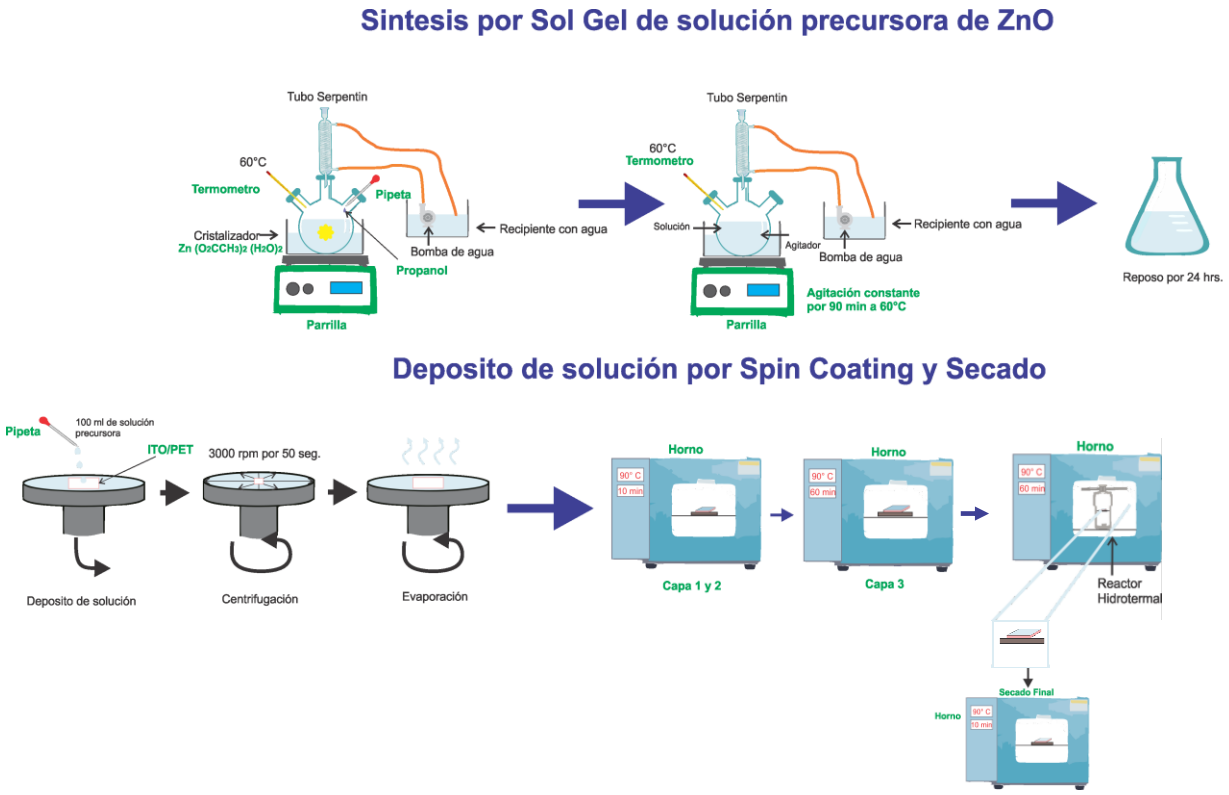


Figura 1. Esquema general para la síntesis del ZnO utilizando el método de sol gel (SG).

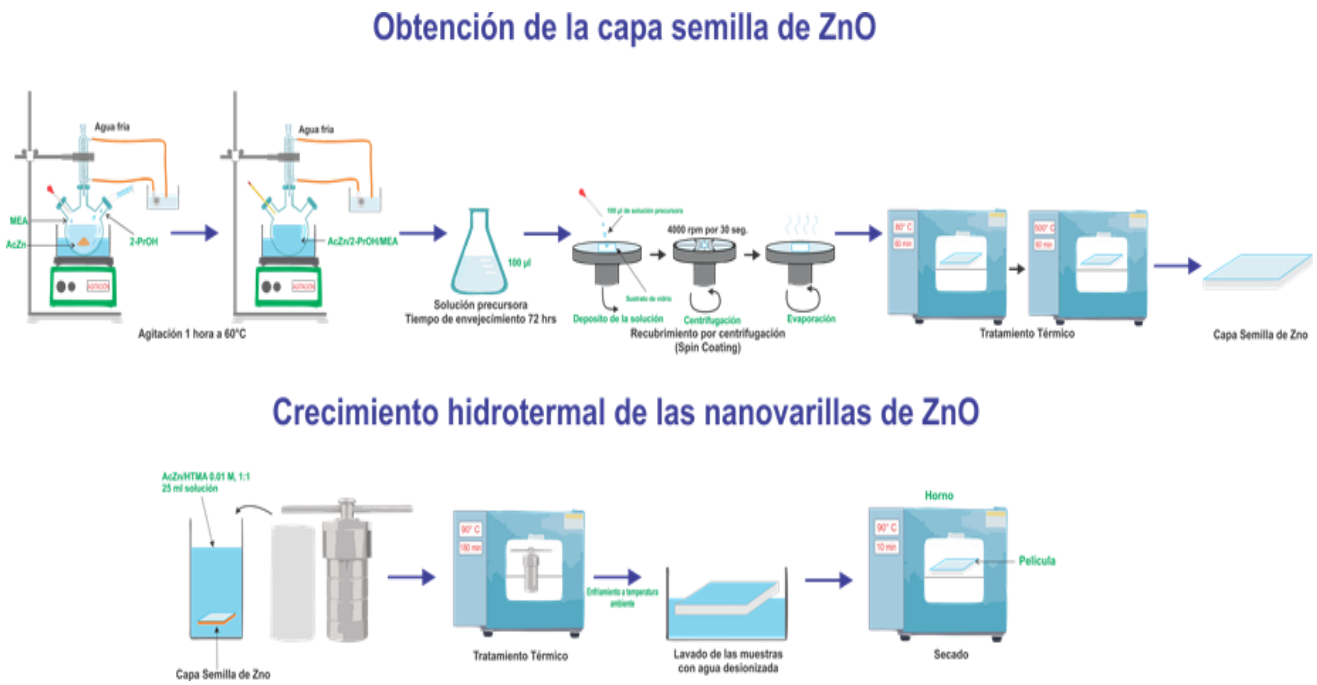


Figura 2. Esquema general para la síntesis del ZnO utilizando el método de hidrotermal (HRT).

 ISSN 2007-8102

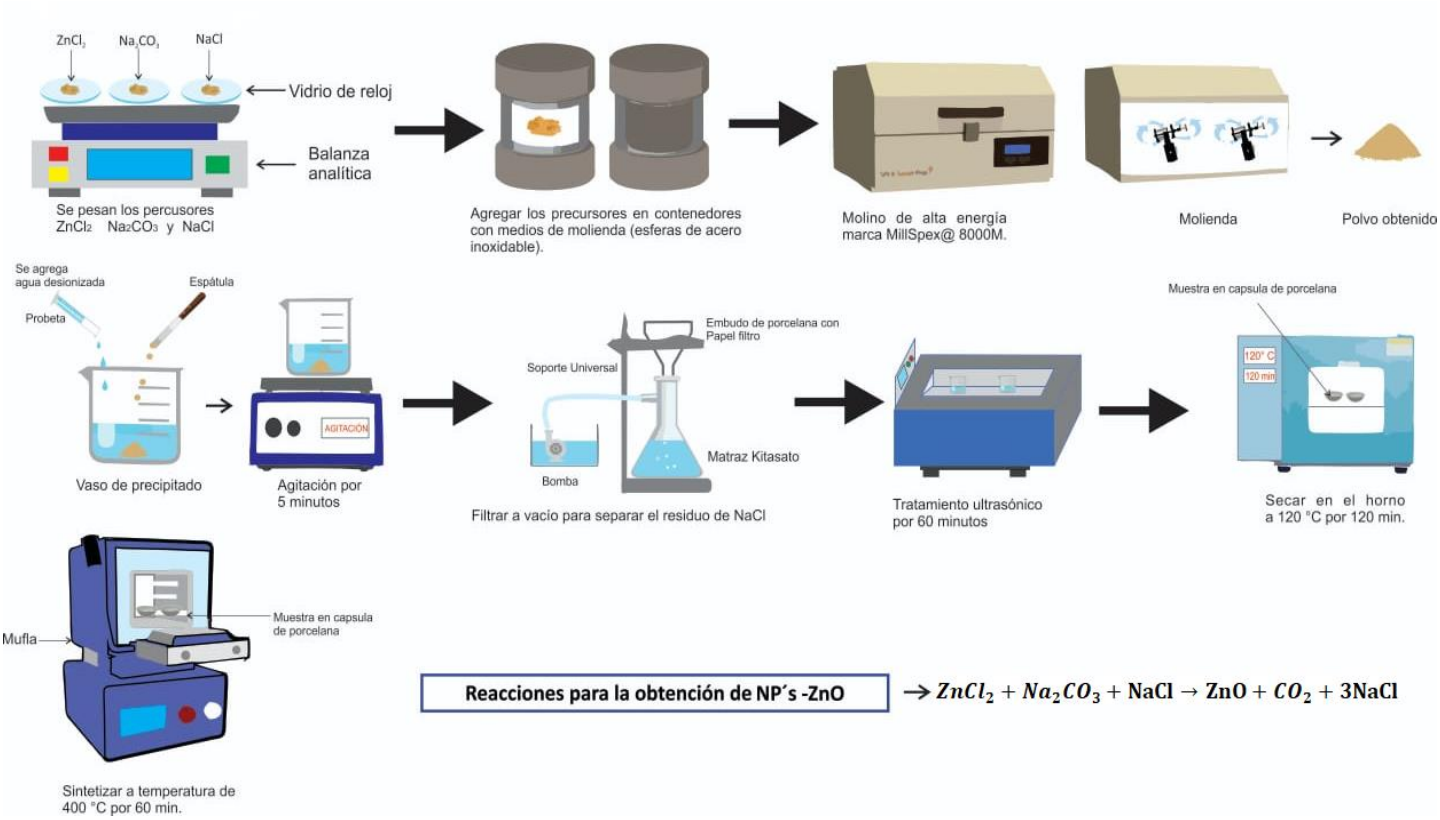


Figura 3. Esquema general para la síntesis del ZnO utilizando el método de mecanoquímica (MQ).

Tabla 1. Condiciones específicas de trabajo para cada ruta de síntesis.

Método síntesis	Reactivos utilizados	Condiciones clave	Temperatura de síntesis	Forma de la muestra
SG	Acetato de zinc dihidratado 2-Propanol (2-PrOH) Monoetanolamina (MEA)	0.28 M 1, 2 y 3 capas	1 h 80 ºC 1 h 500 ºC 1 h 90 ºC	Película sobre vidrio
HRT	Acetato de zinc dihidratado (AcZn) Nitrato de zinc hexahidratado Hexametilentetramina (HMTA)	10, 15 y 20 Mm De concentración del AcZn	90 ºC	Película sobre ITO/ PET
MQ	Cloruro de zinc ($ZnCl_2$), Carbonato de sodio (Na_2CO_3) Cloruro de sodio (NaCl	20, 40 y 60 min De molienda	400 ºC	Polvos

 ISSN 2007-8102

Análisis Rietveld de las nanopartículas obtenidas por SG, HRT y MQ

Se utilizó la herramienta del método de Refinamiento Rietveld para el análisis estructural de los materiales cristalinos, ya que es posible obtener con mayor precisión parámetros de red, posiciones atómicas, tamaño de cristal, microdeformaciones, así como cuantificar las fases cristalinas presentes en la muestra aunque haya superposición de picos de difracción [18]. En la Figura 4, se presenta el análisis Rietveld, que corresponde a las muestras de ZnO, obtenidas por SG de 1 capa, HRT a 10 mM y MQ con 20 minutos de molienda. En éste, se refinaron los parámetros de línea base y escala, los parámetros de textura y todos los parámetros básicos de la estructura cristalina. En el difractograma de Rayos X, se observan picos de difracción con la presencia de los picos (100), (002), (101), (102), (110), (103) y (112) para las muestras obtenidas por SG y MQ. Mientras que la muestra obtenida por HRT presenta picos en el plano (002), de acuerdo con la carta cristalográfica JCPDS 000361451, que corresponden a la estructura cristalina de ZnO en su fase hexagonal wurtzita. Lo observado indica una mayor cantidad de material orientado en el plano (002) para SG y HRT, lo que puede deberse al crecimiento preferencial del material, mientras que la muestra MQ presenta mayor intensidad en el pico (101) [19]. Los picos que se observan en 46.50 y 53.85 ° para la muestra por HRT corresponden al sustrato de ITO/PET sobre el que se depositó el ZnO. Las abreviaturas RSG, RHRT y RMQ se refieren a los Refinamientos Rietveld obtenidos para cada medición de la difracción de Rayos X.

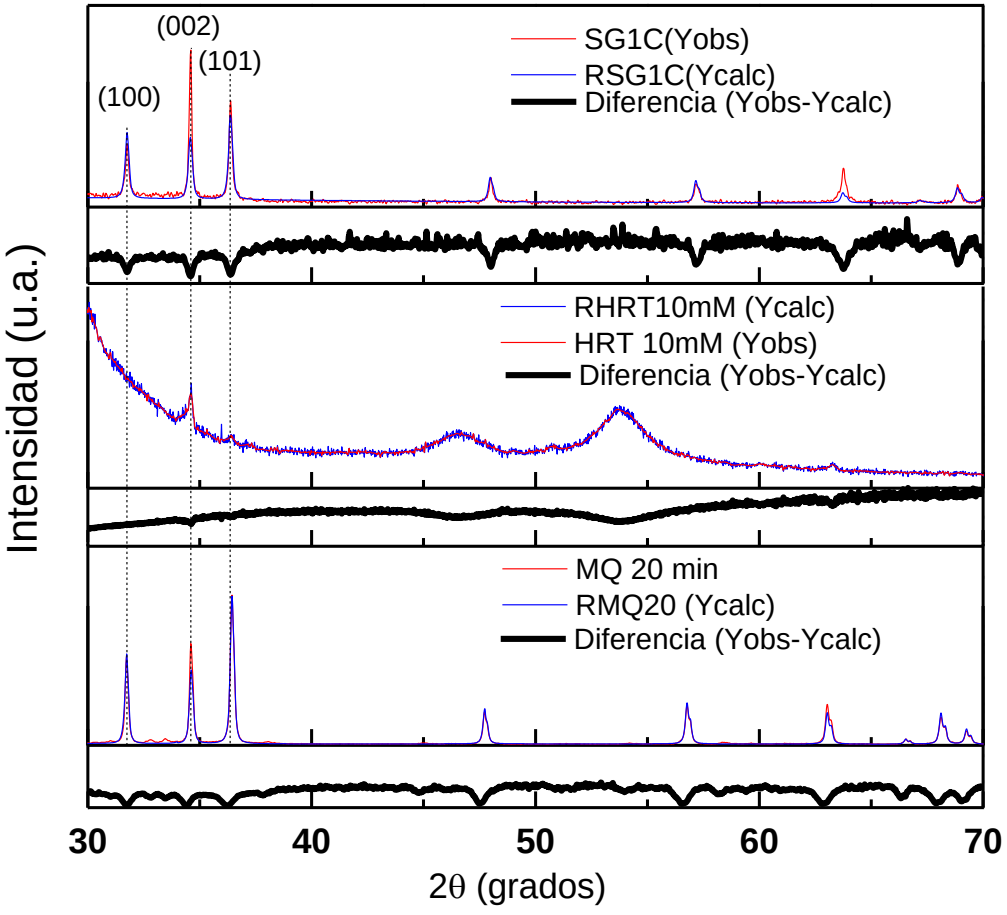


Figura 4. Refinamiento Rietveld de ZnO obtenido por SG, HRT y MQ.

 ISSN 2007-8102

Discusión

La calidad de la orientación de las muestras de ZnO se calculó por el coeficiente de textura relativo (TC), que mide el grado relativo de orientación preferida durante el crecimiento del cristal (del material) a través de la ecuación 1 [20].

$$TC_{002} = \frac{\left(\frac{I_{002}}{I^0_{002}}\right)}{\left(\frac{I_{002}}{I^0_{002}} + \frac{I_{100}}{I^0_{100}} + \frac{I_{101}}{I^0_{101}}\right)} \qquad (1)$$

Donde TC_{002} es el coeficiente de textura relativo de los picos de difracción (002). Los términos I_{002}, I_{101} y I_{100} son intensidades de difracción medidas debido a los planos (002), (101) y (100), respectivamente, mientras que I^0_{002}, I^0_{101} y I^0_{100} son las intensidades estándar de la carta cristalográfica JCPDS 000361451. En la Tabla 2, se resumen los valores calculados de coeficiente de textura (TC) para las muestras de ZnO obtenidas por los tres métodos propuestos SG, HRT y MQ. Se observa que los valores de TC de las nanopartículas de ZnO cristalino en la dirección (002) son mayores, lo que significa que las nanoestructuras prefieren crecer en esta dirección. En este pico cristalino, se determinó el tamaño de cristalito, por lo que se asume que los diferentes tipos de síntesis generan diferentes tamaños de nucleación. Es decir, con los métodos de vía húmeda SG y HRT, se obtienen tamaños de cristalito similares, contrario al de vía seca MQ, con tamaños que exceden los 100 nm.

Tabla 2. Calidad de la orientación de las estructuras del ZnO los tres métodos de síntesis

Método de Síntesis		Pico de difracción			Tamaño de cristalito (nm)
		100	002	101	
Sol-gel (SG)	SG1C	0.20	0.62	0.19	54
	SG2C	0.38	0.32	0.30	51
	SG3C	0.44	0.19	0.37	49
Horno Hidrotérmico (HRT)	10 mM	0.26	0.65	0.09	50
	15 mM	0.30	0.56	0.15	39
	20 mM	0.30	0.53	0.17	51
Mecanoquímica (MQ)	20 min	0.29	0.43	0.28	143
	40 min	0.36	0.33	0.31	115
	60 min	0.32	0.39	0.29	135

Trabajo a futuro

Realizar las evaluaciones de posibles aplicaciones tecnológicas que pueden ser susceptibles este tipo de nanopartículas así sintetizadas. Para el caso de las nano partículas obtenidas por sol gel, probar en ensayos de fotocatálisis de componentes orgánicos, las obtenidas por hidrólisis hidrotermal, evaluar sus propiedades eléctricas para probarlo como un nanosensor optoelectrónico y en el caso de las obtenidas por mecanoquímica, adicionarlas en mezclas de fluidos de perforación, para probar su actividad catalítica.

Conclusiones

Fue posible la síntesis de nanopartículas de ZnO, por los tres métodos propuestos en este trabajo. Para el caso de los métodos de vía húmeda, se utilizaron bajas concentraciones de los reactivos precursores para la síntesis del ZnO. Comparando ambos métodos, en el método de sol gel se tuvo que realizar el tratamiento térmico a 500 ºC, para obtener la estructura cristalina, contrario al de

reactor hidrotermal, que, aunque requiere más pasos de síntesis con 90 ºC es posible obtener nanopartículas de ZnO, con orientación preferencial. Con respecto al método alterno de vía seca, los reactivos inorgánicos por mecanoquímica generaron las nanopartículas de ZnO y aunque éstas sean de mayor tamaño y mayor dispersión en la textura, este método también es versátil porque solo requiere de 20 min de molienda en alta energía para obtener la nanopartícula de ZnO.

Agradecimientos

La realización de este trabajo fue posible con el apoyo del proyecto de CONACYT CB 2015-01-256221 y las becas tesis CONACYT 722545 y PISA DAIA-01 UJAT PROFESOR/2018. Al Dr. José Luis Cervantes López Postdoctorado de PRODEP-UJAT-2019-15094 por su asesoría en los cálculos de los refinamientos. Los análisis fueron realizados en el Laboratorio Nacional de nano y Biomateriales, CINVESTAV-IPN-Mérida financiado FOMIX-Yucatán 2008-108160, CONACYT LAB-2009-01-123913, 292692, 294643, 188345 y 204822. Se agradece a la Dra. Patricia Quintana por el acceso a LANNBIO, al M.C. Daniel Aguilar Treviño por la obtención de los difractogramas.

Referencias

[1] F. K. Konan, J. S. N'cho, H. J. T. Nkuissi, B. Hartiti, and A. Boko, "Influence of the precursor concentration on the morphological and structural properties of zinc oxide (ZnO)," *Mater. Chem. Phys.*, vol. 229, no. January, pp. 330–333, 2019.

[2] M. S. I. Veitía and C. Ferroud, "New activation methods used in green chemistry for the synthesis of high added value molecules," *Int. J. Energy Environ. Eng.*, vol. 6, no. 1, pp. 37–46, 2015.

[3] J. Nayak, C. Devi, and L. Vidyapeeth, "Microwave assisted synthesis : a green chemistry approach," *Int. Res. J. Pharm. Appl. Sci.*, vol. 3, no. 5, pp. 278–285, 2016

[4] J I. Huskić, I. Halasz, and T. FriščićC, "Mechanosynthesis of nitrosobenzenes: a proof-of-principle study in combining solvent-free synthesis with solvent-free separations," *Green Chemistry.*, vol. 14, no. 6, pp. 1597–1600, 2012.

[5] J. Briscoe and S. Dunn, "Piezoelectric nanogenerators - a review of nanostructured piezoelectric energy harvesters," *Nano Energy*, vol. 14, pp. 15–29, 2014.

[6] F. Ali, W. Raza, X. Li, H. Gul, and K. H. Kim, "Piezoelectric energy harvesters for biomedical applications," *Nano Energy*, vol. 57, no. December 2018, pp. 879–902, 2019.

[7] M. Kim, Y. S. Wu, E. C. Kan, and J. Fan, "Breathable and flexible piezoelectric ZnO@PVDF fibrous nanogenerator for wearable applications," *Polymers (Basel).*, vol. 10, no. 7, 2018.

[8] A. Nechibvute, A. Chawanda, and P. Luhanga, "Piezoelectric Energy Harvesting Devices: An Alternative Energy Source for Wireless Sensors," *Smart Mater. Res.*, vo 2012, pp. 1–13, 2012.

[9] R. Zhang, C. Huang, L. Zong, K. Lu, X. Wang, and J. Cai, "Hydrogen production from methanol steam reforming over TiO2 and CeO2 pillared clay supported Au catalysts," *Appl. Sci.*, vol. 8, no. 2, pp. 1–12, 2018.

10] M. S. Al-ruqeishi, T. Mohiuddin, B. Al-habsi, F. Al-ruqeishi, A. Al-fahdi, and A. Al-khusaibi, "Piezoelectric Nanogenerator Based on ZnO Nanorods," *Arab. J. Chem.*, no. December, 2016.

[11] G. J. Owens *et al.*, "Sol-gel based materials for biomedical applications," *Prog. Mater. Sci.*, vol. 77, pp. 1–79, 2016.

[12] T. Zhao, Y. Fu, Y. Zhao, L. Xing, and X. Xue, "Ga-doped ZnO nanowire nanogenerator as self-powered/active humidity sensor with high sensitivity and fast response," *J. Alloys Compd.*, vol. 648, pp. 571–576, 2015.

[13] P. Rajagopalan, V. Singh, and I. A. Palani, "Enhancement of ZnO-based flexible nano generators via a sol–gel technique for sensing and energy harvesting applications," *Nanotechnology*, vol. 29, no. 10, p. 105406, Mar. 2018.

[14] X. Li, X. Chen, Z. Yi, Z. Zhou, Y. Tang, and Y. Yi, "Fabriction of ZnO nanorods with strong UV absorption and different hydrophobicity on foamed nickel under different hydrothermal conditions," *Micromachines*, vol. 10, no. 3, 2019.

[15] P. Obreja, D. Cristea, A. Dinescu, and C. Romaniţan, "Influence of surface substrates on the properties of ZnO nanowires synthesized by hydrothermal method," *Appl. Surf. Sci.*, vol. 463, pp. 1117–1123, 2019.

[16] H. Guo, R. Ding, N. Li, K. Hong, L. Liu, and H. Zhang, “Defects controllable ZnO nanowire arrays by a hydrothermal growth method for dye-sensitized solar cells,” *Phys. E Low-Dimensional Syst. Nanostructures*, vol. 105, pp. 156–161, 2019.
[17] J. Andersen and J. Mack, “Mechanochemistry and organic synthesis: From mystical to practical,” *Green Chem.*, vol. 20, no. 7, pp. 1435–1443, 2018.
[18] M. L. Ramón García and M. Ramón, “Introducción al Método de Rietveld,” *Cent. Investig. en Energía, Univ. Nac. Autónoma México*, p. 34, 2007.
[19] C. Opoku *et al.*, “Fabrication of ZnO Nanowire Based Piezoelectric Generators and Related Structures,” *Phys. Procedia*, vol. 70, pp. 858–862, 2015.
[20] A. A. Akl, S. A. Mahmoud, S. M. AL-Shomar, and A. S. Hassanien, “Improving microstructural properties and minimizing crystal imperfections of nanocrystalline Cu2O thin films of different solution molarities for solar cell applications,” *Mater. Sci. Semicond. Process.*, vol. 74, pp. 183–192, 2018.

Evaluación físicoquímica de una infusión de nopal a diferentes temperaturas

M. Rivera Rivera [1*] , *M. P. Valencia Perez* [1], *M. A. Godínez Ruiz*[1], *A. Ortega Galeana*[1], *A, Ángeles Hernández*[1]
[1*] *Departamento de Ingeniería Química y Bioquímica. Instituto Tecnológico de Tuxtepec.Tecnológico Nacional México. Calzada Dr. Víctor Bravo Ahuja No. 561. Col. Predio el Paraíso. C.P. 68350. Tuxtepec, Oaxaca, México*
**monica_ri_ri@hotmail.com*

***Área de participación**: Ingeniería Química*

Resumen

El objetivo de este proyecto fue analizar los cambios fisicoquímicos que ocurren en una infusión a base de nopal combinada con hojas de yerbabuena, limón y naranja en una proporción 90:10 respectivamente a diferentes temperaturas (60ºC, 70ºC y 80ºC). Se realizó por triplicado el análisis químico proximal a las muestras. Los resultados demostraron variaciones significativas en las muestras, atribuible a la naturaleza de las mismas, sin embargo un aumento en la temperatura demuestra disminución significativa del contenido de humedad repercutiendo en la retención de volátiles. Con los resultados obtenidos se confirma que la temperatura a 60º es la mas adecuada para conservar las características sensoriales de las infusiónes, además de utilizar los residuos agroindustriales de las hojas de naranja y limón.

***Palabras clave**: Nopal, Diabetes, Infusión, Hipoglucemiante.*

Abstract

The objective of this project was to analyze the physicochemical changes that occur in an infusion based on nopal combined with peppermint, lemon and orange leaves in a 90:10 ratio respectively at different temperatures (60ºC, 70ºC and 80ºC). It was performed in triplicate chemical analysis proximal to the samples. The results showed significant variations in the samples, attributable to their nature, however an increase in temperature shows a significant decrease in moisture content, affecting the retention of volatiles. With the results obtained, it is confirmed that the temperature at 60º is the most suitable to preserve the sensory characteristics of the infusions, in addition to using the agro-industrial residues of the orange and lemon leaves.

***Key words**: Nopal, Diabetes, Infusion, Hypoglycemic.*

Introducción

A nivel mundial se ha incrementado las enfermedades crónico degenerativas, provocando el deterioro de la salud pública. México no se ha quedado fuera de este problema, debido a que, aunque se ha visto una disminución en las enfermedades infectocontagiosas, se han incrementado enfermedades como la diabetes mellitus, la obesidad y la hipertensión.

De acuerdo a la Organización para la Cooperación y Desarrollo Económico OCDE, a partir de 2017, el 13% de la población adulta en México es diabética, lo que corresponde al doble del promedio de la OCDE y el más alto entre los países miembros, lo que ocasiona que los ingresos hospitalarios por diabetes (249 por cada 100,000 habitantes), este también muy por encima del promedio de la OCDE (129 por cada 100, 000 habitantes).

La diabetes mellitus es una enfermedad que afecta el metabolismo adecuado de los alimentos, especialmente los carbohidratos que crean glucosa, la cual no puede entrar a las células sin la ayuda de la insulina. Este

padecimiento se caracteriza por presentar hiperglucemia, al existir una secreción defectuosa de insulina en el páncreas, afectando diferentes órganos del cuerpo.

La diabetes, no es curable, solo puede ser controlada, por lo cual es importante que la persona que la padezca, debe estar consciente de que requiere cambiar algunos hábitos como: hacer ejercicio, tener una buena alimentación y mantenerse en el peso adecuado. [1]. Según la Encuesta Nacional de Salud y Nutrición 2012, advierte que en México existe a nivel nacional el 9.2% de personas con diabetes Mellitus [2].

Los métodos de salud alternativos a la medicina alópata están adquiriendo recientemente una mayor aceptación en la población, así como las plantas, derivados de animales y otras sustancias de origen natural por muchos años se han utilizado por el hombre para la prevención, el alivio y curación de diversas enfermedades [3]

La herbolaria (del latín herba, 'hierba') es la ciencia que aprovecha los principios activos de las plantas medicinales, cuyo propósito es prevenir y restablecer la salud. [4]. Las plantas medicinales se han utilizado como materia prima para la elaboración de algunas medicinas de la industria farmacéutica.[5].

En México, hay una variedad de plantas que ayudan a controlar los niveles de glucosa en la sangre, el nopal es uno de ellos, el cual por su propiedad hiploglucemiante ha resultado útil en el tratamiento complementario de la diabetes, además de tener un precio accesible. El nopal pertenece a la familia de las cactáceas, que son plantas carnosas engrosadas y espinosas, y al género *Opuntia*, que se caracteriza por presentar tépalos extendidos con tallo articulado. [6]. La producción de nopal en el estado de Oaxaca en 2010 fue de 1351.81 ton de un total de 723 815.42 Ton. a nivel nacional. [7]

Las hierbas aromáticas cada día están cobrando mas auge en la industria alimentaria, debido al creciente aumento de los consumidores por la demanda de alimentos de origen natural y orgánicos. [8].

El 80% de la población mexicana consume infusiones. [9]. Entre las infusiones más consumidas se encuentran la de anís (*Pimpinella anisum*), canela (*Cinnamomum verum*), manzanilla (*Matricaria chamomilla*), menta (*Mentha*), hierbabuena (Mentha piperita), Jamaica (*Hibiscus sabdariffa*), té verde y negro (*Camellia sinensis*), limón (*Cymbopogon citratus*) y azahar (*Citrus aurantiifolia*) [10].

Una de las infusiones más populares por su bajo costo y los beneficios a la salud es la de hierbabuena (*Mentha piperita*) en presentación de bolsa para té [11]. A la hierbabuena se le atribuyen efectos benéficos a la salud como antiinflamatorio, antiséptico, digestivo y antioxidante. [12]. Las bebidas a base de infusiones listas para beber, tales como los tés helados, son altamente comercializados en nuestro país, por su sabor y su practicidad [13].

Las hojas de los cítricos como limón, naranja y mandarina emanan aromas y no son aprovechados, por la falta de información y poca importancia del aprovechamiento que se le puede dar a esta materia prima.

El Limón (*Citrus limón*) es un árbol pequeño , generalmente de hoja perenne , brillante y coriácea. Los principales estados productores de limón durante el 2016 fueron: Veracruz con 717,014 toneladas ; Michoacán con 619, 612 toneladas y Oaxaca con 263,448 toneladas.[7]

El naranjo (*Citrus sinencis*) tiene hojas no coriáceas, brillantes y verde oscuras. [14]. Las principales estados productores de este cítrico en 2017 fueron: Veracruz, con 44.5 por ciento del volumen nacional; Tamaulipas con el 14.6 por ciento y San Luis Potosí con el 8.8 por ciento. [7]

Por lo anterior el objetivo del presente proyecto es analizar los cambios fisicoquímicos que ocurren en tres formulaciones de infusiones a base de nopal a diferentes temperaturas así como aprovechar los residuos agroindustriales de la naranja y el limón y sus propiedades sensoriales en la elaboración de la infusión.

Metodología

Material vegetal. Se recolectaron las muestras de nopal (*Opuntia ficus indica*) en fresco, en la región de la Cuenca del Papaloapan, las hojas de naranja (*Citrus sinencis*) y hojas de limón (*Citrus limon*) y Yerbabuena

(*Mentha piperita*) en el Municipio de María Lombardo proporcionada por la Organización Fruticultora de Cotzocón; las cuales se trasladaron al Laboratorio de Alimentos del Instituto Tecnológico de Tuxtepec para retirar todo tipo de material extraño presente, seleccionando las mejores muestras.

Materiales

Charolas de acero inoxidable, balanza analítica marca Velab modelo Ve-300 fabricado en E.U.A, cuchillos, horno secador por convección marca Yamato, modelo DX402C, fabricado en Japón, triturador maca Oster , modelo FPSTFP355 fabricado en E.U.A, materiales de laboratorio y reactivos químicos.

Método

Para la obtención de la materia prima se seleccionaron los cladodios de nopal con un grado de maduración medio y las hojas de las plantas elegidas (naranja, limón y yerbabuena) para mejorar el aroma y sabor del producto. Posteriormente se eliminaron las impurezas presentes y se desinfectaron por inmersión en una solución de hipoclorito de sodio (NaOCl) equivalente a 15 ppm de cloro. El nopal se introdujo a un horno de secado por convección marca Yamato modelo DX402C fabricado en Japón a 60ºC por 2 horas, para evitar perdida del líquido durante el segmentado. Luego, se realizó la reducción de tamaño de los vegetales utilizando un juego de cuchillas con una separación de 0.7 cm, una vez picados, se introdujeron en charolas de acero inoxidable por separado a un horno secador por convección marca Yamato modelo DX402C fabricado en Japón a diferentes temperaturas (60ºC, 70ºC y 80ºC) hasta obtener una humedad del 12%. Ya seca la materia prima se realizaron las mezclas, y por ser el nopal el que posee la capacidad hipoglucemiante, se evaluó en una proporción 90:10 (Nopal : Otro).

Otro= Limón , Naranja y Yerbabuena

Análisis químico proximal

La composición química proximal de las infusiones, se determinó por triplicado de acuerdo a los métodos de la AOAC [15]: humedad (925.10), cenizas (923.03), grasas (920.39) y proteínas (920.87). El contenido de fibra cruda se determinó por digestión ácido-alcalina (925.08).

Análisis estadístico

Los resultados obtenidos de la caracterización químico proximal se analizaron mediante un Análisis de Varianza (ANDEVA) de una vía, utilizando el programa estadístico Statistica versión 10.

Resultados y discusión

Las Tabla 1, 2, y 3 presentan diferencias significativas entre sus componentes, sin embargo la infusión nopal-limón y nopal-yerbabuena a 60°C no presenta diferencia significativa con respecto al contenido de humedad. Los valores de humedad de las diferentes infusiones de nopal son más bajos que los presentados por Vargas Corrales [16] de 9.76. El contenido de humedad es importante ya que un contenido de humedad mayor del 15% favorece el crecimiento de microorganismos, reduciendo la vida de anaquel del producto.[17]. Algunos autores indican que estas variaciones en contenido de humedad entre extractos o entre las distintas partes de la planta pueden deberse al tratamiento de secado usado durante su procesamiento y las condiciones de almacenamiento. [18].

De acuerdo a las Tablas 1, 2 y 3 los valores de cenizas obtenidos de las diferentes infusiones de nopal a diferentes temperaturas son mayores en comparación a los presentados por Vargas Corrales[16] de 10.62. Es fundamental dar a conocer que el análisis de cenizas es muy importante, pues esto determina los minerales existentes en el producto. En relación al contenido de fibra cruda los valores obtenidos fueron altos, esto probablemente a que nopal se caracteriza por un nivel alto de fibra cruda.

En la Tabla 1 se puede observar que la infusión Nopal-Naranja a 60º C fue la muestra con mayor porcentaje de grasa (9.02+ 0.01) característica que favorece la retención de volátiles. Demiray y Tulek [19] evaluaron el efecto del secado en los ingredientes activos, el contenido de fitoquímicos y la calidad de los frutos, vegetales, hierbas

y plantas medicinales, a bajas temperaturas mayor retención de volátiles. La mayor parte de la pérdida de aceite se observó al principio del proceso de secado y fue proporcional a la temperatura de secado. Mujumdar [20] reportó que la velocidad de secado depende en gran medida de las condiciones del aire, el tiempo de secado y el tamaño del material, porque un aumento en la temperatura disminuye significativamente el contenido de humedad, mientras que tamaños de partícula más grandes aumentan significativamente el contenido de humedad, debido a una menor área superficial especifica para un tamaño de partícula mayor.

Tabla 1. Análisis químico proximal de las infusiones (Nopal-Naranja, Nopal- Limón y Nopal-Yerbabuena a 60ºC

	Humedad	Cenizas	Grasas	Fibra Cruda	Proteínas
Nopal-Naranja	6.28+0.03a	18.63+ 0.46a	9.02+ 0.01a	7.98+0.00a	4.23 +0.03a
Nopal-Limón	1.25+0.01c	15.54+0.02b	4.77+ 0.01b	8.41+0.01b	1.80+0.00b
Nopal-Yerbabuena	6.40+0.01c	17.36+0.43c	7.33 + 0.11c	4.16+0.15c	1.65+0.01c

Valores promedio de tres repeticiones ± desviación estándar. T_1= 60ºC

Tabla 2. Análisis químico proximal de las infusiones (Nopal-Naranja, Nopal- Limón y Nopal-Yerbabuena a 70ºC

	Humedad	Cenizas	Grasas	Fibra Cruda	Proteínas
Nopal-Naranja	1.24+0.02a	21.03+ 0.49a	7.27+ 0.56a	11.59+0.60a	0.87+0.00a
Nopal-Limón	2.20+0.01b	27.90+0.10b	4.77+ 0.00b	8.36+0.11b	3.76+0.01b
Nopal-Yerbabuena	1.47+0.02c	27.90+0.12c	7.14 + 0.12c	4.16+0.15c	2.29+0.00c

Valores promedio de tres repeticiones ± desviación estándar. T_1= 70ºC

En la tabla 3 los valores de proteínas obtenidos de las diferentes infusiones se encuentran dentro de los rangos reportados por Juan Ramón Guevara Medina y Moisés Germán Rovira Quintero [18] de 23.92. Estas variaciones entre extractos en cuanto a contenidos proteicos pueden deberse a las condiciones edafológicas y climáticas en las que fueron crecidas las plantas. El estado vegetativo o la madurez fisiológica de las mismas y también a la fracción de la planta de donde fue obtenido el extracto llegan a variar la composición química de

los extractos. Es decir, un alto contenido de nitrógeno en el suelo producto de la adición de estiércol, aumenta el contenido proteico a nivel de las hojas y demás partes de la planta [18]

Tabla 3. Análisis químico proximal de las infusiones (Nopal-Naranja, Nopal- Limón y Nopal-Yerbabuena a 80ºC

	Humedad	Cenizas	Grasas	Fibra Cruda	Proteínas
Nopal-Naranja	1.04+0.02a	24.03+ 0.11a	2.46+ 0.01a	12.08+0.02a	3.05+0.01a
Nopal-Limón	1.20+0.00b	25.55+0.04b	2.12+ 0.00b	13.44+0.04b	0.84+0.02b
Nopal-Yerbabuena	1.25+0.01c	23.11+0.19c	2.07 + 0.06c	10.90+0.10c	3.91+0.01c

Valores promedio de tres repeticiones ± desviación estándar. T_1= 80ºC

Trabajo a futuro

Determinar a través de una prueba sensorial hedónica la mejor formulación de diferentes combinaciones de las infusiones propuestas, además de evaluar el efecto de la infusión en personas diabéticas.

Conclusiones

En nuestro país, la diabetes ocupa el primer lugar dentro de las principales causas de mortalidad y presenta un incremento ascendente, por lo que la medicina alópata puede ser una alternativa para el control de esta enfermedad.

Actualmente, se busca conservar las características sensoriales de alimentos de origen natural aprovechando sus propiedades terapéuticas o medicinales y una de la maneras tradicionales es mediante las infusiones de frutas y hierbas, siendo una opción en control de enfermedades.

Es importante elegir un apropiado método de secado que proporcione una mayor retención de compuestos volátiles beneficiando el aroma y sabor de la infusión, pero que asegure un contenido de humedad lo suficientemente bajo para la conservación del producto.

Las hojas de naranja y limón consideradas como residuos agroindustriales fueron sometidas a procesos de transformación para darle un valor agregado convirtiéndolos en un producto útil.

Agradecimientos

Reconocimiento a la Organización Fruticultora de Cotzocón de María Lombardo de Caso, Oaxaca en la realización de esta investigación, así como al Tecnológico Nacional de México (TecNM) y al Instituto Tecnológico de Tuxtepec, Oaxaca (I.T.Tuxtepec) por el apoyo económico y las facilidades prestadas.

Referencias

[1] S. Ojanguren. Dieta y hiervas contra la diabetes. En línea. México.2005.

http://www.elporvenir.com.mx/notas.asp?nota_id=8526
[2] ENSANUT Encuesta Nacional de Salud y Nutrición 2012. Secretaria de Salud. México. 2012
[3] E. Nuñez. Plantas medicinales de Costa Rica y su folcore. 2 ed. San José: Universidad de Costa Rica. 1978.
[4] C. Garibay Bagnis, E. San Martin Martínez, Estudio del efecto hipoglucémico de algunas plantas utilizadas en México para el control de la diabetes. Rev. Salud Publica y Nutrición. Vol. No. 11.p.p 1-6. México. 2006
[5] S. Vargas. Plantas Medicinales. 3a ed. San José: Grafo Print S.A. Vol. No.1. p.p 61. 1993.
[6] J. L. López. Use of Opuntia Cactus as a Hypoglycemic Agent in Managing Type 2 Diabetes Mellitus among Mexican American Patients. Nutrition Bytes. Vol. 12. No.1. Junio 2007. https://escholarship.org/uc/item/555845bf
[7] SAGARPA. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. Planeación Agrícola 2017-2030. 1ª edición. México.2017.
[8] M.B.Hossain, C. Barry Ryan, A.B.Martin Diana and N.P.Brunton. Effect of drying method on theantioxidant capacity of six Lamiaceae herbs. Food Chemistry Vol. 123. No. 1. p.p 85-91. Noviembre,2010.
[9] G. M. Guzmán. El mercado de las infusiones y las tisanas en México. En línea Consejería Agrícola de Chile en México. 2011. http://www.consejagri.mx/images/boletininteligenciapdf/tes%20y%20tizanas%2 02011.pdf. Acceso el. 27 de abril 20016
[10] ENGASTO- Encuesta Nacional de Gastos de los Hogares. Catálogo de bienes y servicios de consumo. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. México. 2013.
[11] Profeco. Procuraduría Federal del Consumidor. Bebidas que reaniman: Té o café (comparativo de precios). México. 2008 http://www.profeco.gob.mx/encuesta/brujula/pdf- 2008/Bebidas%20que%20reaniman.pdf .
[12] D. L. McKay, & J. B. Blumberg, A review of the bioactivity and potential health benefits of peppermint tea (Mentha piperita L.).Phytotherapy Research. Vol. 20 No. 8 p.p 619-633. 2006.
[13] C. Hurtado Garay, J. Meneses Garibay y J. Reséndiz Castellanos. Proyecto de investigación: Tés e infusiones. Facultad de Contaduría y Administración. Universidad Autónoma de México. México.2012.
[14] T.Y.L. Franco. Tesis de Licenciatura Ingeniería Agroindustrial. “Evaluación del proceso de extracción de aceites escenciales de hojas de (*Citrus curantizolia*) Limon sutil,(*Citrus Sinensis*) Naranja y (*Citrus nobilis*) Mandarina mediante hidrodestilación. Universidad Técnica Estatal de Quévedo. Quévedo, Ecuador. 2015
[15] AOAC. Official Methods of Analysis of AOAC. 18th ed. Association of Official Analytical Chemists. Gathersburg, MD, USA. 2005.
[16] V. Varga Corrales. Elaboración de té aromático a base de plantas cedrón (aloysiacitrodora) y toronjil (mellisaofficinalis) procesado con stevia (steviarebaudiana bertoni) endulzante natural, utilizando el método de deshidatacion Tesis de Licenciatura Universidad Técnica de Cotopaxi 2012.
[17] Boeri P., Piñuel, L., Sharry S., Barrio, D. (2017).Caracterización nutricional de la harina integral de algarroba (Prosopis alpataco) de la norpatagonia Argentina. Revista Facultad de Agronomía, 116 (1), 129-140
[18] Juan Ramón Guevara Medina Moisés Germán Rovira Quintero Caracterización de tres extractos de Moringa oleífera y evaluación de sus condiciones de infusión en sus características fisicoquímicas.Tesis Licenciatura Zamorano Honduras.
[19] E. Demirayand y Y. Tulek.. Degradation kinetics of b-carotene in carrot slices during convective drying. Int. J. Food Prop. Vol. 20. No. 1. pp.151-156. 2016.
[20] A. S. Mujumdar Principles, classification, and selection of dryers. In: Mujumdar, A. S. (ed). Handbook of Industrial Drying. CRC Press, Boca Raton, FL. pp: 4-30. 2014

Síntesis de compuestos pirimidínicos trisustituidos como potenciales inhibidores de la "Spleen Tyrosine Kinase (Syk)"

I. Flores-Barojas[1], D.C. Castillo-Cruz[1], J. Pinto-Espinoza[1], A.M. Bello[*1],*
[1]Departamento de Ingeniería Química y Bioquímica, Tecnológico Nacional de Mëxico Campus Orizaba, Avenida Oriente 9 No. 852, Col Emiliano Zapara, C.P. 94320, Orizaba,, Ver., México
**abellor@orizaba.tecnm.mx*

***Área de participación**: Ingeniería Química*

Resumen

La Tyrosine-protein kinase, también conocida como Spleen tyrosine kinase (Syk), es una enzima citosólica funcional en diversos procesos celulares. Por ejemplo, la Syk es conocida por su capacidad para acoplar receptores celulares inmunológicos a vías de señalización intracelular. Estas funciones son de gran importancia para el desarrollo de procesos inflamatorios agudos y crónicos, así como en la supervivencia de células cancerígenas de diferente estirpe. Este proyecto tuvo como objetivo sintetizar, a partir de un modelo farmacóforo, moléculas de bajo peso molecular que puedan actuar como inhibidores de la actividad de la Syk como potenciales anticancerígenos. Analizando los resultados obtenidos, la molécula que mayor rendimiento presentó (~72%), está compuesta por tres grupos funcionales diferentes: nitrilometileno (CN-CH_2-), isopropanoxilo (C_3H_7O-, *i*-PrO-) y etoxilo (C_2H_5O-, EtO-).

***Palabras clave**: SYK, pirimidina trisustituida, farmacóforo*

Abstract

Tyrosine-protein kinase Syk, also known as Spleen tyrosine kinase (Syk), is a type of cytosolic non-receptor tyrosine kinase, plays a critical role in a variety of cellular processes. For example, Syk is known for its ability to couple immune cell receptors to intracellular signaling pathways. These functions are key in acute and chronic inflammatory processes as well as in the survival of cancer cell. The main goal of this work was to synthesize small molecules as potential anticancer agents, based on a pharmacophore model that can act as Syk inhibitors. Synthesis results shown the highest yield of synthesis (~ 72%) for a trisubstituted molecule with three different fragments: nitrometilene (CN CH_2-), isopropanoxyl (C_3H_7O-, i-PrO-), and etoxyl (C_2H_5O-, EtO-) substituents.

***Key words**: SYK, trisubstituted pyrimidine, pharmacore*

Introducción

La Spleen tirosina kinasa (Syk), es un tipo de tirosina kinasa citosólica no acoplada a receptor que desempeña un papel crítico en la propagación de señales intracelulares por ejemplo en las células hematopoyéticas [1-3]. La Syk se ha descrito como una tirosina kinasa proteica con propiedades duales de oncogén y supresor tumoral [4], y tiene un mecanismo único que afecta negativamente a la división celular.

El papel importante de la Syk en la vía del receptor de células B (BCR) respalda la importancia de su modulación en la proliferación y supervivencia tumoral. El Fostamatinib disódico es un inhibidor potente y selectivo de la Syk y fue el primero en mostrar una inhibición prometedora de la señalización de BCR en células neoplásicas de pacientes con linfoma de células del manto altamente pre-tratadas [5]. Recientemente se ha demostrado que la pérdida de la isofoma larga (L) de la Syk

 ISSN 2007-8102

se asocia con tumorigénesis en múltiples tipos de cáncer. Por ejemplo, la Syk (L) es un sustrato de la Checkpoint Kinase 1 (CHK1) en células tumorales, por lo que se ha sugerido usar como blanco de ataque la ruta CHK1/Syk(L) como una estrategia prometedora para tratar el carcinoma hepatocelular [6].
La Syk también interviene en la señalización de los inmunoreceptores en numerosos tipos de células incluidos los linfocitos B, los mastocitos y los macrófagos. La Syk consta de dos dominios Src- de homología 2 (SH2) seguidos por una región enlazante y un dominio catalítico de kinasa terminal-C.9 La fosforilación de segmentos de activación basados en tirosina de los inmunoreceptores (ITAM) por parte de las kinasas de la familia Src ascendente provoca que la Syk se enlace a través de su dominio terminal-N a los ITAM dando como resultado la activación de la Syk. La Syk fosforila posteriormente los blancos descendentes que desencadenan la proliferación y el crecimiento de las células tumorales. Por lo tanto, la inhibición de Syk por fármacos de bajo peso molecular representa una estrategia atractiva para la terapia del cáncer [5-7]. Debido al posible valor terapéutico de los inhibidores de Syk en la terapia del cáncer, las compañías farmacéuticas como Novartis, Sanofi-Aventis, Boehringer Ingelheim y GSK están interesadas en su desarrollo a gran escala.
Recientemente se ha desarrollado un modelo farmacóforo para Syk empleando los inhibidores previamente conocidos de la enzima kinasa [7,8]. Para llevar a cabo esta propuesta, en un estudio previo se escogieron un conjunto de 23 inhibidores basados en el principio de diversidad estructural y cubriendo un amplio rango de actividad. Se identificaron las características químicas comunes necesarias que poseen los inhibidores más potentes de la Syk. La hipótesis del mejor modelo generado contiene cuatro características químicas: donadores de puentes de hidrógeno (D), aceptores de puentes de hidrógeno (A) anillos aromáticos (R) y centros hidrofóbicos aromáticos (Y), más tres volúmenes excluidos (Figura 1).
En base a este modelo se propone la síntesis de diferentes estructuras trisubstituídas derivadas de la tricloropirimidina. Este estudio preliminar permitirá determinar la reactividad y las condiciones de reacción óptimas que nos lleven a la preparación de compuestos trisubstituídos con diferentes grupos funcionales. El primer paso es la síntesis de derivados con sustituyentes hidrofóbicos, aromáticos y alifáticos con diferente polaridad, tamaño y densidad electrónica que permitan diferentes interacciones con el receptor.

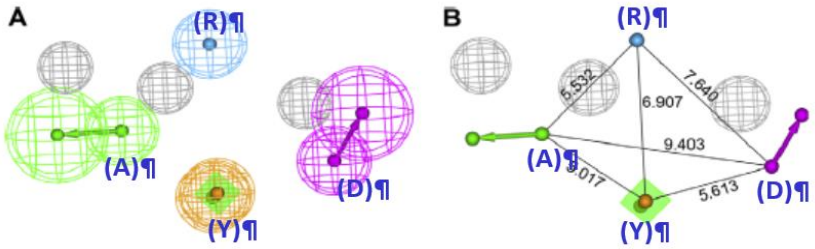


Figura 1. Modelo farmacóforo generado de inhibidores de Syk (R) aromático, (D) Donador de Puente de Hidrógeno, (A) Aceptor de puente de Hidrógeno, (Y) Aromático Hidrofóbico

Metodología

Datos Generales

Todos los reactivos y disolventes empleados fueron adquiridos de fuentes comerciales marca Sigma-Aldrich y/o AlfaAesar. Los disolventes se secaron utilizando procedimientos generales comunes. El desarrollo de las reacciones se siguió a través de cromatografía en capa fina (TLC), empleando cromatofolios en aluminio Merck sílica 60 con indicador F_{254}. La purificación se llevó a cabo en cromatografía de columna utilizando silica gel de 60 Á (70-230 mesh) empleando gradiente cloroformo-metanol.

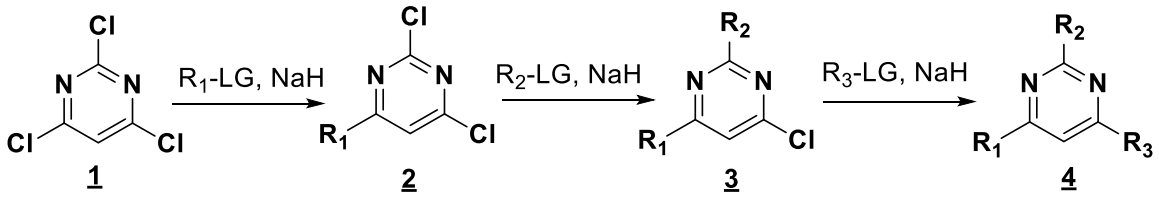
 ISSN 2007-8102

Los espectros de RMN se obtuvieron en un equipo Varian Mercury 400MHz para ^1H empleando cloroformo deuterado ($CDCl_3$) como disolvente. Los desplazamientos químicos están reportados en δ (ppm) utilizando cloroformo como referencia en δ=7.23 ppm.

Se sintetizaron derivados mono-, di- y trisustituidos de la tricloropirimidina en donde los diferentes sustituyentes provienen del acetonitrilo, alcoholes alifáticos lineales y ramificados y aminas aromáticas [9].

Síntesis general de compuestos derivados de la Tricloropirimidina

La Figura 2 representa el proceso que se siguió para obtener las reacciones finales, sustituyendo la tricloropirimidina (TCP) sistemáticamente utilizando seis reactivos diferentes (acetonitrilo, anilina, anisidina, isopropanol, etanol y sec-butanol) dando origen a diversos compuestos que contienen propiedades diferentes de acuerdo al orden de sustitución. Se emplearon diferentes condiciones de reacción como temperatura ambiente y reflujo de acuerdo al sustituyente a incorporar en la pirimidina base.



R_1 = -OEt, -O-iPr, $-CH_2CN$, -NH-Ph, $-NH-C_6H_4-OMe$

R_2 = -OEt, -O-iPr, -NH-Ph

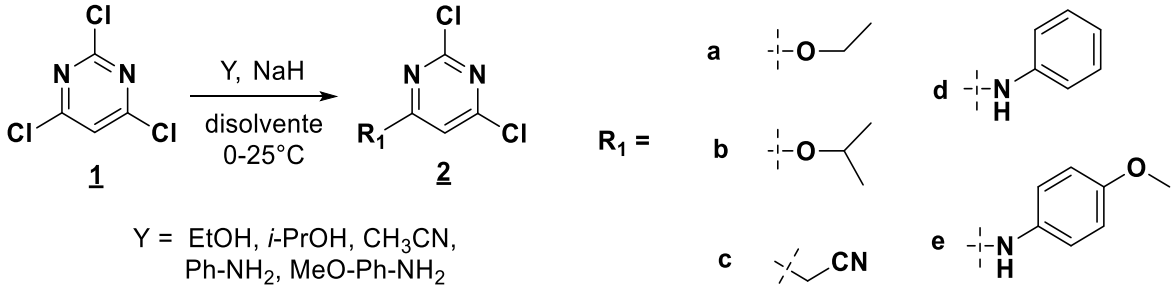
R_3 = $-NH-C_6H_4-OMe$, $-CH_2-CN$, -O-*i*Pr, -OEt, -O-*sec*Bu

Figura 2. Esquema de reacción general para la síntesis de pirimidinas sustituidas

Resultados y discusión

Derivados monosustituídos

Conforme a las condiciones de reacción de la tricloropirimidina (TCP) con acetonitrilo, anilina, anisidina, isopropanol y etanol se logró la obtención de 5 compuestos monosustituidos mismos que se presentan en Figura 3. En el caso de los alcoholes se empleó el alcohol correspondiente como reactivo, en el caso de las aminas aromáticas el disolvente fue tetrahidrofurano anhidro (THF) El progreso de cada reacción se siguió por cromatografía en placa fina. Los productos crudos se purificaron por cromatografía flash utilizando mezcla en gradiente de hexano-cloruro de metileno como disolvente. La caracterización de cada compuesto obtenido se realizó mediante espectrometría de masas de baja resolución y resonancia magnética de protón (RMN 1H).



Y = EtOH, *i*-PrOH, CH_3CN, $Ph-NH_2$, $MeO-Ph-NH_2$

Figura 3. Esquema de síntesis de compuestos monosustituidos

 ISSN 2007-8102

Derivados disustituidos

Se prepararon 7 derivados disustituidos (**3a-g)** a partir de los compuestos (**2a-e)**, empleando etanol, isopropanol y anilina como reactivos de acuerdo al esquema en la Figura 4. En el caso de anilina se empleó THF anhidro como disolvente de reacción. De la misma forma, el progreso de cada reacción se siguió por cromatografía en placa fina. Los productos crudos se purificaron por cromatografía flash utilizando mezcla en gradiente de hexano-cloruro de metileno como disolvente. La caracterización de cada compuesto obtenido se realizó mediante espectrometría de masas de baja resolución y resonancia magnética de protón (RMN 1H).

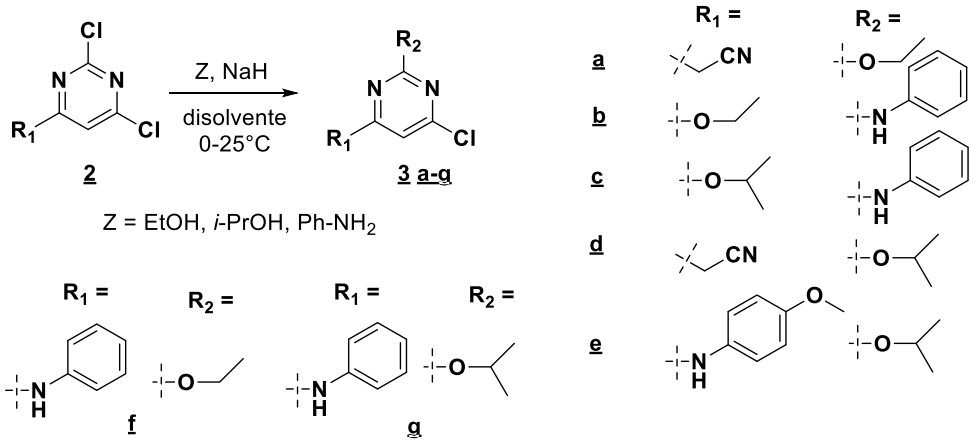


Figura 4. Esquema de síntesis de compuestos disustituidos

Derivados trisustituidos

Se sintetizaron 20 pirimidinas trisultituidos (**4a-t)** a partir de los compuestos (**3a-g)**, empleando etanol, isopropanol, sec-butanol, anilina y anisidina como reactivos de acuerdo al esquema en la Figura 5. En el caso de anilina y anisidina se empleó THF anhidro como disolvente de reacción. De la misma forma, el progreso de cada reacción se siguió por cromatografía en placa fina. Los productos crudos se purificaron por cromatografía flash utilizando mezcla en gradiente de hexano-cloruro de metileno como disolvente. La caracterización de cada compuesto obtenido se realizó mediante espectrometría de masas de baja resolución y resonancia magnética de protón (RMN 1H).

La primera substitución de la tricloropirimidina implica un control cinético a baja temperatura. Si se permite que la reacción alcance temperatura ambiente desde el inicio, la substitución produce dos isómeros: sustitución en la posición 2 y 6, mientras que a baja temperatura se puede obtener la regioselectividad a la posición 6. La substitución de la tricloropirimidina involucra fundamentalmente un mecanismo de adición-eliminación.

Parte Experimental

Como ejemplo se presenta la síntesis y caracterización del compuesto monosustituido **2b**, disustituido **3c** y trisustituido **4b**. La Tabla 1 muestra los desplazamientos químicos de los compuestos finales trisultituidos. En la Figura 6 (A, B y C) se muestran los espectros de RMN de 1H de un compuesto mono- di- y trisustituido respectivamente

2,4-dicloro-6-isopropoxypirimidina 2b. En un matraz de 50 mL se pesó NaH (suspensión en parafina 60%, 19 mg, 0.791 mmol) en atmósfera anhidra con nitrógeno y se llevó a 0°C empleando un baño de hielo. En seguida se agregó isopropanol (65.39 mmol) y se dejó en agitación a 0°C durante 5 min. Posteriormente se retiró el baño de hielo y continuó la agitación a temperatura ambiente por 30 min más. La mezcla de reacción se llevó nuevamente a 0°C y se agregó la TCP (150 mg, 0.094 mL, 0.817 mmol) dejando agitar a la misma temperatura durante 1 hora y se continuó

 ISSN 2007-8102

la agitación a temperatura ambiente. La mezcla de reacción se monitoreó por TLC hasta la desaparición total de la materia prima (fase móvil hexano-cloroformo 90:10). Una vez completada, la reacción se detuvo agregando 10 mL de cloroformo y 10 de salmuera. La capa orgánica se lavó con salmuera (3x5 mL) y se secó con Na_2SO_4 anhidro y se evaporó el disolvente a vacío para obtener el producto crudo el cual fue purificado por cromatografía flash (gradiente DCM-MeOH) produciendo **2b** como cristales blancos en un 83% de rendimiento (140mg 0.676 mmol).

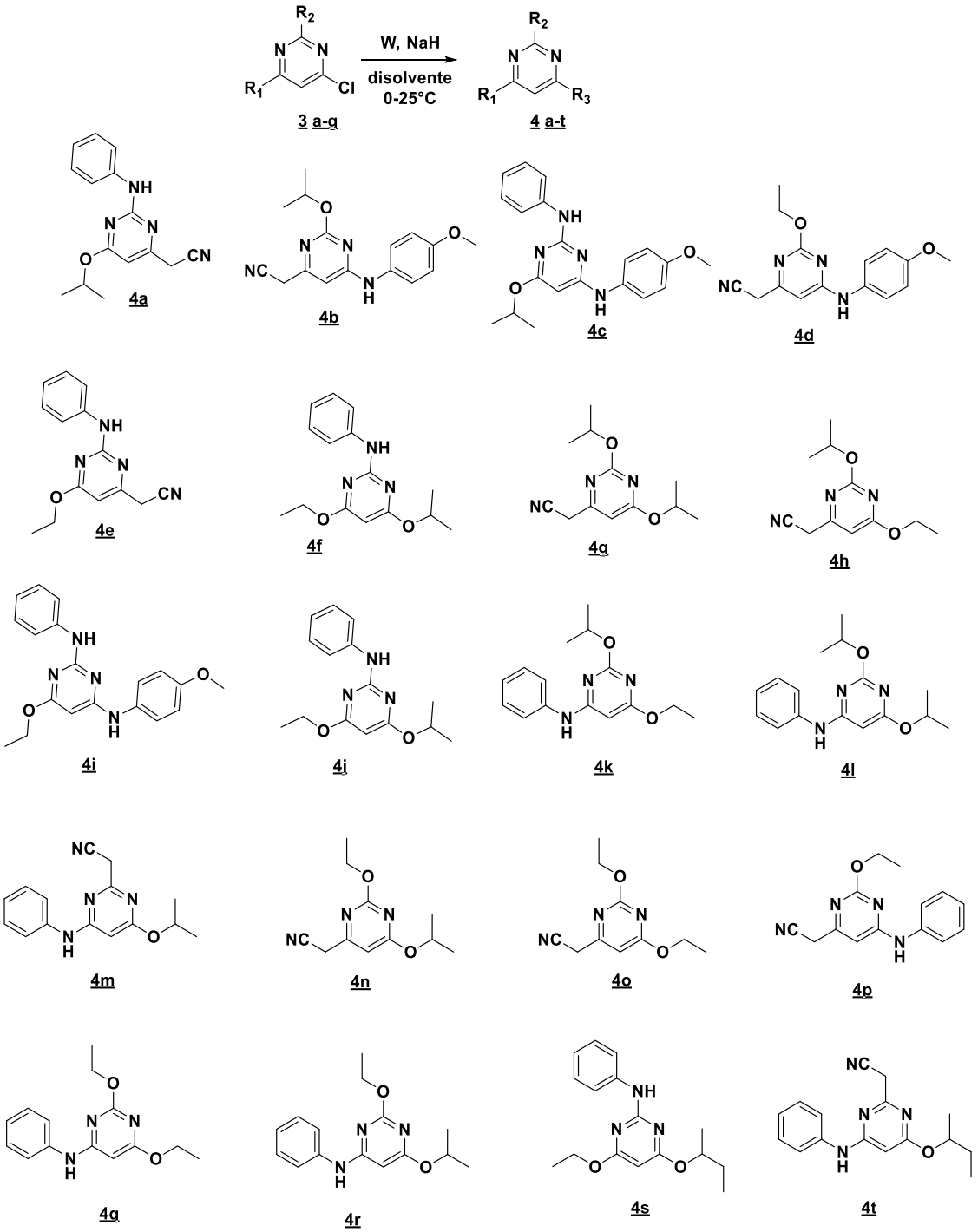


Figura 5. Esquema de síntesis de compuestos trisultituidos

 ISSN 2007-8102

Tabla 1. Caracterización de los compuestos trisultituidos derivados de la TCP.

No.	RMN 1H ($CDCl_3$, δ = ppm)	m/z [MH^+] (uma)	% rend.
4a	7.72 (2H, d), 7.30 (2H, t), 6.92 (1H, t), 5.82 (1H, bs), 5.52 (1H, s), 4.71 (1H, m), 3.32 (2H, s), 1.33 (6H, d)	269.28 (enc), 269.14 (calc)	66
4b	7.53 (2H, d), 7.01 (2H, d), 6.31 (1H, s), 5.80 (1H, bs), 5.21 (1H, m), 3.81 (3H, s), 3.63 (2H, s), 1.31 (6H, d)	299.31 (enc), 299.15 (calc)	53
4c	7.72 (2H, d), 7.54 (2H, d), 7.29 (2H, t), 7.03 (2H, d), 6.91 (1H, t), 5.82 (1H, bs), 5.42 (1H, s), 4.71 (1H, m), 3.80 (3H, s), 1.32 (6H, d)	351.22 (enc), 351.18 (calc)	51
4d	7.55 (2H, d), 7.02 (2H, d), 6.24 (1H, s), 5.08 (1H, bs), 4.29 (2H, q), 3.80 (3H, s), 3.67 (2H, s), 1.29 (3H, t)	285.01 (enc), 285.14 (calc)	58
4e	7.74 (2H, d), 7.30 (2H, t), 6.92 (1H, t), 5.80 (1H, bs), 5.52 (1H, s), 4.41 (2H, q), 3.67 (2H, s), 1.36 (3H, t)	255.29 (enc), 255.12 (calc)	61
4f	7.53(2H, d), 7.29 (2H, t), 6.93 (1H, m), 5.76 (1H, bs), 5.71 (1H, s), 4.69 (1H, m), 4.40 (2H, q), 1.33 (8H, m)	274.27 (enc), 274.16 (calc)	67
4g	5.92 (1H, s), 5.31 (1H, m), 4.67 (1H, m), 3.62 (2H, s), 1.336H, d)	236.33 (enc), 236.14 (calc)	68
4h	5.92 (1H, s), 5.21 (1H, m), 4.30 (2H, q), 3.63 (2H, s), 1.33 (9H, m)	222.23 (enc), 222.12 (calc)	72
4i	7.70 (2H, d), 7.55 (2H, d), 7.28 (2H, t), 7.02 (2H, d), 6.89 (1H, t), 5.78 (2H, bs), 5.45 (1H, s), 4.38 (2H, q), 3.81 (3H, s), 1.37 (3H, t)	337.32 (enc), 337.17 (calc)	71
4j	7.71 (2H, d), 7.32 (2H, t), 6.90 (1H, t), 5.83 (1H, bs), 5.71 (1H, s), 4.70 (1H, m), 4.11 (2H, q), 1.35 (3H, t)	274.39 (enc), 274.16 (calc)	62
4k	7.53 (2H, d), 7.29 (2H, t), 6.91 (1H,, m), 5.83 (1H, s), 5.81 (1H, bs), 5.21 (1H, m), 4.39 (2H, q), 1.33 9H, m)	274.33 (enc), 274.16 (calc)	60
4l	7.53 (2H, d), 7.29 (2H, t), 6.91 (1H, t), 5.83 (1H, s), 5.80 (1H, bs), 5.21 (1H, m), 4.70 (1H, m), 1.32 (12H, d)	288.39 (enc), 288.17 (calc)	64
4m	7.54 (d, 2H), 7.31 (t, 2H), 6.91 (t, 1H), 6.02 (s, 1H), 5.89 (bs, 1H), 4.63 (m, 1H), 3.88 (s, 2H), 1.49 (d, 3H)	269.21 (enc), 269.14 (calc)	51
4n	5.94 (1H, s), 4.70 (1H, m), 4.29 (2H, q), 3.66 (2H, s), 1.34 (6H, d), 1.28 (3H, t)	222.21 (enc), 222.12 (calc)	56
4o	5.94 (1H, s), 4.41 (2H, q), 4.29 (2H, q), 3.69 (2H, s), 1.36 (3H, t), 1.27 (3H, t)	208.28 (enc) 208.11 (calc)	60
4p	7.50 (d, 2H), 7.245 (t, 2H), 6.92 (t, 1H), 6.21 (s, 1H), 5.80 (bs, 1H), 4.26 (q, 2H), 3.70 (s, 1H), 1.41 (t, 3H)	255.15 (enc), 255.12 (calc)	58
4q	7.55 (2H, d), 7.29 (2H, t), 6.90 (1H, t), 5.87 (1H, s), 5.83 (1H bs), 4.40 (2H, q), 4.26 (2H, q), 1.34 (3H, t), 1.27 (3H, t)	260.31 (enc), 260.14 (calc)	56
4r	7.51 (2H, d), 7.30 (2H, t), 6.88 (1H, t), 5.84 (1H, s), 5.82 (1H, bs), 4.72 (1H, m), 4.26 (2H, q), 1.34 (6H, d), 1.28 (3 H, t)	274.23 (enc), 274.16 (calc)	56
4s	7.79 (d, 2H), 7.26 (t, 2H), 6.80 (t, 2H), 5.73 (bs, 1H), 5.69 (s, 1H), 4.36 (q, 2H), 3.61 (m, 1H), 1.71 (m, 2H), 1.51 (d, 3H), 1.43 (t, 3H), 0.98 (t, 3H)	288.21 (enc.), 288.17 (calc)	66
4t	7.71 (d, 2H), 7.46 (t, 2H), 6.82 (t, 1H), 5.96 (s, 1H), 5.73 (bs, 1H), 3.73 (m, 1H), 3.72 (s, 2H), 1.62 (m, 2H), 1.39 (d, 2H), 0.96 (t, 3H)	283.20 (enc), 283.16 (calc)	64

4-Cloro-6-isopropoxi-2-aminofenilpirimidina 3c. En un matraz de 100 mL provisto con un equipo de reflujo se coloca 3c (140 mg, 0.676 mmol), se adicionó anilina (90 mg, 0.088mL, 0.966 mmol), isopropanol (261.56 mmol) y se deja a reflujo alrededor de 6 horas, monitoreando el progreso de la reacción a través de TLC (hexano-cloroformo 80:20). Una vez consumida toda la materia prima, la reacción se trabajó de la misma manera que el compuesto **2b**, obteniéndose **3c** como un sólido café en 67% de rendimiento (120 mg, 0.445 mmol).

 ISSN 2007-8102

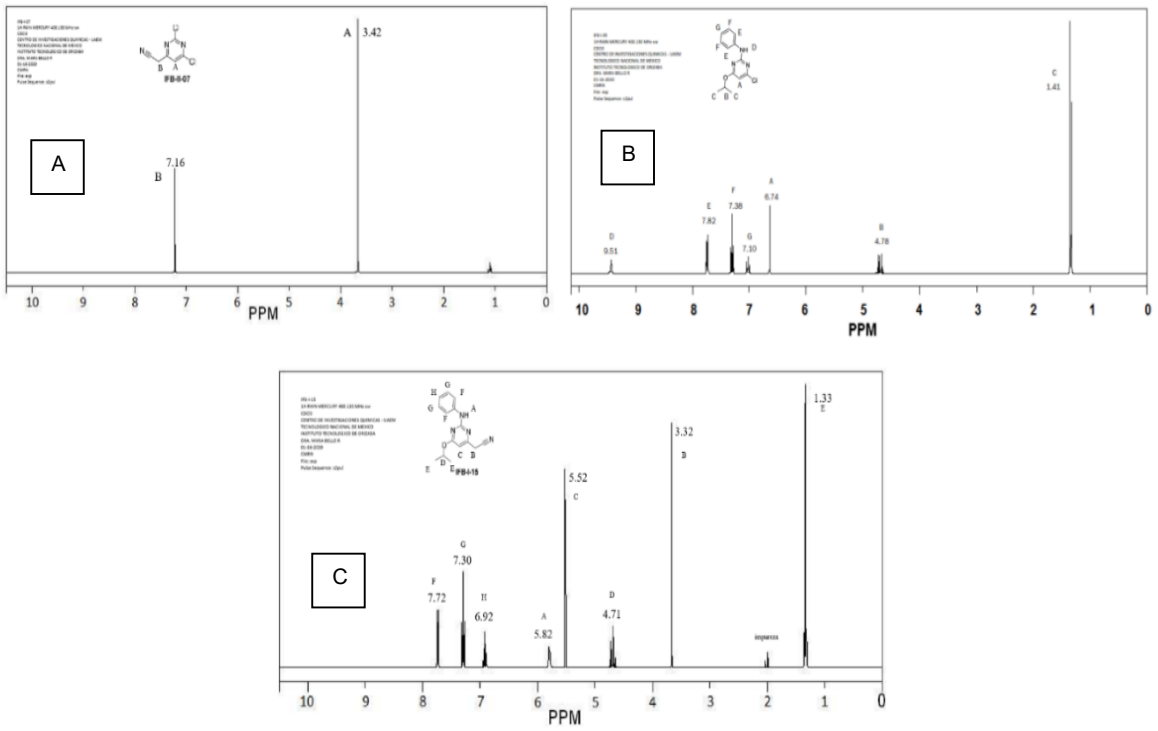


Figura 6. Espectros de RMN de 1H de un derivado monosustituido (A), uno disustituido (B) y uno trisustituido (C).

2-isoPropoxy-4-paramethoxyphenylamino-6-nitrilometilenpirimidina 4b. En un matraz de 50 mL se pesó NaH (suspensión en parafina 60%, 20 mg, 0.833 mmol) en atmósfera anhidra con nitrógeno y se llevó a 0°C empleando un baño de hielo. Posteriormente se adicionó anisidina (308 mg, 0.250 mmol), isopropanol (261.56 mmol) y se continuó la agitación a temperatura ambiente por 30 min más. La mezcla de reacción se llevó nuevamente a 0°C y se agregó el compuesto **3a** (1.65 mmol) dejando agitar a la misma temperatura durante 1 hora y continuando la agitación a temperatura ambiente. El desarrollo de la reacción se monitoreó por TLC hasta la desaparición total de la materia prima (fase móvil hexano-cloroformo 90:10). Una vez completada, la reacción se detuvo agregando 10 mL de cloroformo y 10 de salmuera. La capa orgánica se lavó con salmuera (3×5 mL), se secó con Na_2SO_4 anh y se evaporó el disolvente a vacío para obtener el producto crudo el cual fue purificado por cromatografía flash (gradiente DCM-MeOH) produciendo **4c** como semilíquido color rojo con un rendimiento del 53% (1.17 mmol)

Trabajo a futuro

La siguiente etapa de este proyecto es transformar los derivados con función nitrilo en derivados con función amida, ácido carboxílico o amina primaria. Esta modificación permitirá incorporar a la molécula una función hidrofílica capaz de formar puentes de hidrógeno (aceptor y/o donador). La función incorporada también permitirá extender la molécula hacia otros grupos funcionales más voluminosos con diferentes características a través de diversos acoplamientos de grupos funcionales.

Conclusiones

Se sintetizaron y caracterizaron 12 intermediarios derivados de la tricloropirimidina y 20 compuestos finales con diferentes sustituyentes en la posición 2,4 y 6 de la tricloropirimidina. Los sustituyentes

poseen diferentes características electrónicas y estéricas tales como fragmentos aromáticos, alifáticos lineales y ramificados y sustituyentes ricos en electrones π. Estos sustituyentes pueden interaccionar con el sitio activo de la Spleen tyrosine kinese (Syk) y actuar como inhibidores de la misma.

Agradecimientos

A.M. Bello-Ramírez agradece al Tecnológico Nacional de México el financiamiento de este proyecto (6782.18-P).

Referencias

[1] E. Mazuc, B. O. Villoutreix, O. Malbec, T. Roumier, S. Fleury, J-P. Leonetti, D. Dombrowicz, M. Daëron, P. Martineu and P. Dariavach, “A novel druglike spleen tyrosine kinase binder prevents anaphylactic shock when administered orally,” *Journal of Allergy and Clinical Immunology*, vol. 122, no. 1, pp.188-194, 2008.

[2] S. Dauvillier, P- Mérida, M. Visintin, A. Cattaneo, C. Bonnerot and P Dariavach, “Intracellular single-chain variable fragments directed to the Src homology 2 domains of Syk partially inhibit Fc epsilon RI signaling in the RBL-2H3 cell line,” *The Jounal of Immunololy,* vol. 169, no. 5, pp. 2274-2283, 2002.

[3] A. Mócsai, M. Zhou, F. Meng, V.L. Tybulewicz and C. A. Lowell, “Syk is required for integrin signaling in neutrophils,” *Immunity*, vol. 16, no. 4, pp 547-558, 2002.

[4] L. Xue, W-H. Wang, A. Iliuk, L. Hu, J. A. Galan, S. Yu, M. Hans, R.L. Geahlen and W. A. Tao, “Sensitive kinase assay linked with phosphoproteomics for identifying direct kinase substrates,” *Proceedings of the National Academy of Sciences,* vol. 109, no. 15, pp. 5615-5620, 2012.

[5] M.S. Noel, J. W. Friedberg and P.M. Barr, “Novel agents in mantle cell lymphoma,” *Best Practice and Research Clininical Haematology* vol. 25, no. 2, pp 191–200, 2012.

[6] J. Hong, K. Hu, Y. Yuang, Y. Sang, Q. Bu, G. Chen, L. Yang, B. Li, P. Huang, D. Chen, Y. Liang, R. Zhang, J. Pan, Y-X. Zeng and T. Kang, “CHK1 targets spleen tyrosine kinase (L) for proteolysis in hepatocellular carcinoma,” *The Journal of Clinical Investigation, v*ol. 122, no. 6, pp. 2165–2175, 2012.

[7] A.G. Villaseñor, R. Kondru, H. Ho, S. Wang, E. Papp, D. Shaw, J. W. Barnett, M. F. Browner and A. Kuglstatter, “Structural insights for design of potent Spleen Tyrosine Kinase inhibitors from crystallographic analysis of three inhibitor complexes,” *Chemical Biology and Drug Design, v*ol. 73, no. 4, pp. 466-470, 2009.

[8] S. Atwell, J. M. Adams, J. Badger, M.D. Buchanan, I.K. Feil, K.J. Froning, X. Gao, J. Hendle, K. Keegan, B.C. Leon, H. J. Müller-Dieckmann, V. L. Nienaber, B. W. Noland, K. Post, K. R. Rajashankar, A. Ramos, M. Russell, S. K. Burley and S. G. Buchanan, “A novel mode of Gleevec binding is revealed by the structure of spleen tyrosine kinase,” *The Journal of Biological Chemistry,* vol 279, pp. 55827-55832, 2004.

[9] A.M. Bello, T. Bende, L. Wei, X. Wang, B. Majchrzak-Kita, E. N. Fish and L. P. Kotra, “De novo design of nonpeptidic compounds targeting the interactions between interferon-α and its cognate cell surface receptor,” *Journal of Medicinal Chemistry,* vol. 51, no. 9, pp. 2734–2743, 2008.

Influencia del almacenamiento sobre las propiedades fisicoquímicas y sensoriales del mezcal tobalá

E. Mejía-Rosales, I. Sánchez-Bazán[1], J.A Del Ángel-Zumaya, J. Jiménez-Guzmán, F.E. González-Jiménez[*1]*

[1] Facultad de Ciencias Químicas, Universidad Veracruzana, Av. Oriente 6 1009, Colonia Rafael Alvarado, C.P. 94340, Orizaba, Veracruz., México

**franciscogonzalez02@uv.mx*

***Área de participación**: Ingeniería Química*

Resumen

El mezcal es una de las bebidas alcohólicas más importantes a nivel nacional y su estudio es tema de interés tanto científico como económico. En el presente trabajo se estudió el efecto de diversas condiciones de llenado y tiempo de almacenamiento sobre las propiedades fisicoquímicas y sensoriales del mezcal tobalá (agave *potatorum Zucc*). La metodología utilizada se basó en las pruebas establecidas en las normas mexicanas. Los resultados indicaron que, aunque existen variaciones de algunos compuestos químicos (furfural, aldehídos, ésteres), no son cambios significativos ($p<0.05$), mientras que la evaluación sensorial (color, aroma, sabor y textura) mostró una aceptabilidad del producto durante los 100 días de almacenamiento, por lo cual las diferentes condiciones de llenado y el tiempo de almacenamiento (100 días), no afectan los parámetros sensoriales y fisicoquímicos evaluados en el producto.

***Palabras clave**: Agave, metanol, furfural, alcoholes superiores.*

Abstract

Mezcal is one of the most important alcoholic beverages nationwide and its study is a matter of both scientific and economic interest. In the present work, the effect of various filling conditions and storage time on the physicochemical and sensory properties of mezcal tobalá (agave potatorum Zucc) was studied. The methodology used was based on the tests established in the Mexican standards (NMX). The results indicate that, although there are variations of some chemical compounds (furfural, aldehydes, esters), they are not significant changes ($p <0.05$), while the sensory evaluation (color, odor, flavor and texture) showed an acceptability of the product during 100 days of storage, therefore the different filling conditions and storage time (100 days) do not affect the sensory and physicochemical parameters evaluated in the product.

***Key words**: Agave, methanol, furfural, higher alcohols*

Introducción

El mezcal es una bebida alcohólica destilada proveniente de plantas de maguey, a partir de procesos de producción de mostos preparados directa y originalmente con azúcares extraídos de las cabezas *"piñas"* maduras, del maguey en cuatro etapas: cocción, molienda, fermentación y destilación [1], [2]. El maguey se caracteriza por ser una planta suculenta, perenne sin tallo o con tronco corto. Sus hojas se disponen en rosetas de forma lanceolada, rígidas, carnosas acabadas en espina y con los márgenes dentados y/o espinosos. Su crecimiento va desde los 50 cm hasta los 220 cm de altura, contando con un ancho que va de los 120 cm a los 220 cm y su crecimiento va desde los 5 a los 35 años dependiendo la variedad.

El termino agave proviene del griego *"agavos"* y fue propuesto como género botánico para esta planta por el naturalista sueco Carlos de Linneo. En lengua náhuatl el maguey es llamado "*melt", "mexcalmetl"* o *"ixcalli"* que significa "agave cocido al horno" [3].
La familia agavácea es endémica de América e incluyen alrededor de 340 especies; siendo México el mayor centro de riqueza y diversidad, contando con 261 especies, lo que corresponde al 76% [4]. Uno de los problemas que enfrenta la industria artesanal del mezcal es que carecen de la infraestructura requerida para la elaboración de una bebida controlando los parámetros de calidad. Lo anterior es de gran importancia ya que, para lograr el éxito de comercialización, el producto debe cumplir con los estándares que exigen las dependencias reguladoras de bebidas alcohólicas y diversas normatividades. En el presente estudio se evaluaron diferentes condiciones de almacenamiento y envasado sobre su efecto en las propiedades fisicoquímicas y cambios sensoriales durante un periodo de 3 meses con la finalidad de determinar si la relación mezcal:aire durante el envasado y almacenamiento afecta las características sensoriales y químicas de dicha bebida.

Metodología

Materiales

Se utilizaron 20 litros de mezcal tobalá los cuales fueron almacenados bajo tres diferentes condiciones de envasado (mezcal/aire 1:0, 1:1, 1:3) en botellas de vidrio las cuales se mantuvieron a temperatura ambiente y en condiciones de luz-oscuridad similares a un almacenamiento comercial. El tiempo de almacenamiento fue de 100 días y los parámetros fisicoquímicos fueron determinados cada 20 días, mientras que el análisis sensorial fue realizado al día 0, 50 y 100 de almacenamiento.

Caracterización fisicoquímica del mezcal
Volumen de alcohol

El volumen de alcohol fue determinado mediante un alcoholímetro de acuerdo con la norma NMX-V-013-S-1980 [5]. La muestra se analizó a 15°C por triplicado.

Alcoholes superiores

La determinación de alcoholes superiores se determinó espectrofotométricamente a 538 nm (Jenway modelo 6320D) utilizando la metodología establecida en la norma NMX-V-014-1986 [6].

Contenido de metanol

La determinación de metanol se realizó utilizando el método de ácido cromotrópico de acuerdo con la norma NMX-V-021-1986 [7].

Determinación de color

La determinación de color en las muestras de mezcal se efectuó empleando un colorímetro (modelo CR-400). Se procedió a tomar dos lecturas a las diferentes muestras depositadas en cajas petri obteniéndose valores de L*, a*, b*. Finalmente, los valores obtenidos se relacionaron con la representación tridimensional del espacio de color.

Ésteres y aldehídos

El contenido de ésteres y aldehídos se llevó a cabo de acuerdo con la norma mexicana NMX-V-005-S-1980 [8]. El contenido de ésteres es expresado en miligramos de acetato de etilo por 100 mL referidos a alcohol anhidro y el contenido de aldehídos expresados en miligramos de acetaldehído por 100 mL, referidos a alcohol anhidro.

Furfural

Se llevó a cabo la metodología propuesta en la NMX-V-004-1970 [9], la cual consiste en destilar la muestra y preparar una serie de soluciones tipo a partir de una solución valorada de furfural y alcohol

al 50%, posteriormente tomar lecturas de cada una de las muestras en un espectrofotómetro (JENWAY, 6320D) a 520 nm. Se graficaron las lecturas de la serie tipo en % de transmitancias contra mg por litro, y la concentración de furfural se obtuvo empleando la ecuación planteada en la norma antes mencionada.

Análisis sensorial

La prueba se aplicó a un total de 300 panelistas no entrenados de ambos sexos de la Facultad de Ciencias Químicas-UV región de Orizaba-Córdoba. El análisis sensorial consistió en una prueba hedónica con escala de nueve puntos (1: me disgusta extremadamente… 9: me gusta extremadamente). Las características evaluadas fueron sabor, textura, color y aroma.

Análisis estadístico

Los resultados fueron procesados con el software MINITAB® [10] versión 17.0, se realizó un análisis de varianza (ANOVA), una prueba de Tukey para determinar si existían diferencias significativas ($p<0.05$).

Resultados y discusión

Caracterización fisicoquímica

Volumen de alcohol

Respecto al volumen de alcohol no se observaron diferencias significativas ($p<0.05$) en las 3 condiciones de almacenamiento, siendo 42°G.L el volumen de alcohol promedio presente en las muestras. De acuerdo con la NOM-070-2016 [11], el mezcal (blanco, joven u oro, reposado y añejo) debe presentar un rango entre 35° y 55°G.L con lo cual se establece que se cumple con lo establecido en la normatividad mexicana y que las condiciones de almacenamiento en el presente estudio no afectan dicho parámetro evaluado, principalmente influenciado por el adecuado sellado de las botellas, impidiendo la volatilización del alcohol.

Alcoholes superiores

En lo que corresponde a alcoholes superiores, son aquellos que poseen más de dos carbonos y su peso molecular y punto de ebullición son mayores que los del etanol [12]. Dichos alcoholes son de importancia por su influencia en el sabor y el aroma del producto final y, por ende, en su calidad. La norma NOM-070-2016 [11] establece que todas las variedades de mezcal deben de presentar entre 100 a 500 mg/100 mL de alcohol anhidro. Encontrándose en el presente estudio valores por debajo del límite máximo permitido, con lo cual se confirma que los 100 días de almacenamiento y las condiciones aire-mezcal en el envasado no afecta dicho parámetro.

Contenido de metanol

En el caso del mezcal, la formación de metanol se debe a la desmetoxilación de pectinas de los agaves por efecto de las temperaturas altas y del pH ácido [13]. Durante el inicio de la fermentación se forma aproximadamente el 50 % del contenido total que tendrá al final el producto y el resto durante la fermentación debido a la acción de microorganismos con actividad pectinolítica que hidrolizan las pectinas y producen metanol [14]. En este estudio el contenido de metanol analizado por el método químico del ácido cromotrópico resultó negativo en todas las muestras, siendo un parámetro de calidad y cuyo límite superior permitido es de 300 mg/100 mL.

Determinación de color

Los resultados de color de mezcal en sus diferentes condiciones de almacenamiento mostraron de acuerdo con la escala CIE L*a*b* valores que tendieron al amarillo, lo cual nos indica que es un

mezcal joven, el color amarillo claro puede ser generado directamente de la destilación o durante el proceso de cocción del maguey por la generación de compuestos coloridos como los furfurales [15].

Ésteres y aldehídos

Los ésteres de la combinación de los ácidos libres con los diferentes alcoholes. De acuerdo con los parámetros fisicoquímicos establecidos por la COMERCAM [16] el mezcal puede tener como mínimo 2 y como máximo 360 mg/100 mL. De acuerdo con los resultados presentados en la Tabla 1, se observa que hubo una variación en el contenido de ésteres en las 3 condiciones de almacenamiento, sin embargo, se encuentran dentro de los parámetros antes mencionados. Por otra parte, es importante mencionar que en la normatividad mexicana [11] no se encuentra reportado el rango que puede llegar a tener el mezcal.

Tabla 1. Resultados de esteres en mg de acetato de etilo por 100 mL de mezcal

	Día 0	Día 20	Día 40	Día 60	Día 80	Día 100
T 1:0	185.90	209.41	198.60	181.98	113.47	276.67
T 1:3	99.78	157.25	92.28	120.93	108.78	104.32
T 1:1	175.38	146.19	113.52	166.88	106.91	106.94

T 1:0 100% mezcal-0% aire; T 1:3 75% mezcal-25% aire; T 1:1 50% mezcal-50% aire.

A su vez los aldehídos son el resultado de la oxidación intermedia de los alcoholes; son reacciones muy lentas que suelen producirse con el tiempo. En comparación con el vino se encuentran en pequeñas cantidades, dentro de los valores de 0.0005% los aldehídos y 0.15% los esteres. Ambos son productos volátiles y aromáticos que influyen en la calidad y aceptación del producto. En la Tabla 2 se muestran los resultados de aldehídos los cuales se encuentran dentro del parámetro establecido por la NOM-070-2016 [11], el cual establece un límite de 40 mg/100mL.

Tabla 2. Resultados de aldehídos en mg de acetaldehído por 100 mL de mezcal

	Día 0	Día 20	Día 40	Día 60	Día 80	Día 100
T 1:0	41.37	10.83	26.99	18.89	20.26	46.03
T 1:3	32.17	8.53	28.61	13.97	21.08	14.93
T 1:1	16.48	12.84	13.00	14.86	17.06	11.18

T 1:0 100% mezcal-0% aire; T 1:3 75% mezcal-25% aire; T 1:1 50% mezcal-50% aire.

Furfural

El furfural es un compuesto que se forma por la deshidratación de las pentosas en medio acido generando un color rosa por el cromóforo. Su concentración varía de acuerdo con el tipo de bebida, el tipo de destilación y a las reacciones que presente su proceso de añejamiento. Sin embargo, la NOM-070-2016 [11] menciona que no contribuye al sabor y aroma de las bebidas, por ser uno de los componentes de menor proporción, aunque diversos autores [2] mencionan que el furfural genera o está asociado a las notas aromáticas florales. Su concentración límite va de 0 a 5 mg/100 mL (0 a 50 mg/L) de alcohol anhidro. En el presente estudio se obtuvieron valores de 0.69 a 2.92 mg de furfural por litro de alcohol anhidro (Tabla 3). Se observa una tendencia positiva en el incremento de furfural a los 100 días el cual puede ser explicado debido a que con el tiempo las pentosas residuales en el pH acido pueden llegar a generar dicho compuesto.

Tabla 3. Resultados en mg de furfural por litro de alcohol anhidro

	Día 0	Día 20	Día 40	Día 60	Día 80	Día 100
T 1:0	1.60 ± 0.00	1.82 ± 0.00	1.78 ± 0.01	1.89 ± 0.00	2.03 ± 0.02	7.14 ± 0.00
T 1:3	1.75 ± 0.00	1.45 ± 0.00	1.94 ± 0.00	2.06 ± 0.01	2.94 ± 0.01	2.21 ± 0.01
T 1:1	0.69 ± 0.01	1.47 ± 0.01	1.82 ± 0.00	1.70 ± 0.02	2.11 ± 0.01	2.92 ± 0.00

T 1:0 100% mezcal, 0% aire; T 1:3 75% mezcal, 25% aire; T 1:1 50% mezcal, 50% aire.

 ISSN 2007-8102

Análisis sensorial

Al hacer una comparación entre las condiciones de llenado el día 0, 50 y 100 de almacenamiento no se observan diferencias significativas en todos los parámetros evaluados, a excepción del color al día 100 de almacenamiento en la condición de 1:0 el cual presento una menor aceptabilidad en comparación en la condición 1:3 y 1:1.
Con lo cual se sugiere que el tiempo de almacenamiento tiene un mayor efecto sensorial y que la proporción de aire-mezcal en el envasado pareciera no tener efecto sobre los atributos sensoriales del mezcal tobalá.

Tabla 4. Parámetros evaluados en análisis sensorial de mezcal tobalá a los 0, 50 y 100 días de almacenamiento.

	Aroma	Color	Sabor	Textura
Día 0				
T 1:0	6.20^{a}	5.98^{a}	4.09^{a}	4.75^{a}
T 1:3	5.20^{a}	5.94^{a}	4.16^{a}	4.92^{a}
T 1:1	5.01^{a}	5.71^{a}	4.32^{a}	4.78^{a}
Día 50				
T 1:0	4.96^{a}	5.41^{a}	3.60^{a}	4.52^{a}
T 1:3	4.94^{a}	5.38^{a}	3.60^{a}	4.49^{a}
T 1:1	4.97^{a}	5.26^{a}	3.65^{a}	4.55^{a}
Día 100				
T 1:0	5.61^{a}	5.14^{b}	4.86^{a}	4.80^{a}
T 1:3	5.05^{a}	5.81^{a}	4.87^{a}	5.02^{a}
T 1:1	5.21^{a}	5.84^{a}	4.60^{a}	4.73^{a}

Letras diferentes indican diferencias significativas ($p<0.05$).
T 1:0 100% mezcal-0% aire; T 1:3 75% mezcal-25% aire; T 1:1 50% mezcal-50% aire.

En la Tabla 5 se presentan los valores promedio del análisis de Tukey de los parámetros de aceptabilidad evaluados, donde se observa que en textura no existe diferencia significativa a los diferentes tiempos de almacenamiento respecto a las tres condiciones de envasado.
Respecto al sabor se observa una mayor aceptabilidad al día 100 de almacenamiento en comparación al día 0 y 50, esta tendencia se presentó en las 3 condiciones de envasado.
Aroma de manera general se observa una mayor aceptabilidad al día 100 de almacenamiento en las 3 condiciones de envasado estudiadas.
Respecto a color existe una disminución en la aceptabilidad de la condición de envasado T 1:0 conforme aumentó el tiempo de almacenamiento, mientras que en la condición T 1:3 y T 1:1 los mayores valores de aceptabilidad se obtuvieron al día 0 y al día 100 de almacenamiento.

Tabla 5. Valores promedios de escala hedónica de la evaluación sensorial.

	Color	Aroma	Sabor	Textura
T 1:0				
Día 0	5.98^{a}	5.58^{a}	4.09^{ab}	4.75^{a}
Día 50	5.41^{b}	4.96^{a}	3.60^{b}	4.52^{a}
Día 100	5.14^{b}	5.61^{b}	4.86^{a}	4.80^{a}
T 1:3				
Día 0	5.94^{a}	5.20^{a}	4.16^{ab}	4.92^{a}
Día 50	5.38^{b}	4.94^{a}	3.60^{b}	4.49^{a}
Día 100	5.81^{ab}	5.05^{a}	4.87^{a}	5.02^{a}
T 1:1				
Día 0	5.71^{ab}	5.01^{a}	4.32^{ab}	4.78^{a}
Día 50	5.26^{b}	4.97^{a}	3.65^{b}	4.55^{a}
Día 100	5.84^{a}	5.21^{a}	4.60^{a}	4.73^{a}

T 1:0 100% mezcal-0% aire; T 1:3 75% mezcal-25% aire; T 1:1 50% mezcal-50% aire.

Trabajo a futuro

Se propone realizar el perfil de compuestos volátiles, mediante cromatografía de líquidos acoplada a masas (GC-MS/MS), para identificar los compuestos químicos involucrados durante la vida de anaquel del mezcal artesanal.

Conclusiones

los parámetros evaluados se encuentran dentro de lo establecido por la Norma Oficial Mexicana NOM-070-SCFI-2016, *Bebidas alcohólicas-Mezcal-Especificaciones*. Por otra parte, las diferentes relaciones de envasado aire-mezcal, no afectan los parámetros fisicoquímicos evaluados durante los 100 días de almacenamiento y en la evaluación sensorial (color, aroma, sabor y textura) mostró una aceptabilidad del producto durante los 100 días de almacenamiento, por lo cual las diferentes relaciones de envasado aire-mezcal, no afectan los parámetros sensoriales evaluados durante los 100 días de almacenamiento.

Agradecimientos

Agradecemos a SOUTECH de México A.C. Por la proporción del mezcal artesanal tobalá para el presente estudio.

Referencias

[1] M. Cedeño. “Tequila production”. Critical Reviews in Biotechnology, vol. 15, pp. 1-1, 1995.
[2] J. Molina, J. Botello, B. Estrada, J. Navarrete, I. Jiménez, M. Cárdenas and M. Rico. “Compuestos volátiles en el Mezcal”. *Revista Mexicana de Ingeniería Química,* vol. 6 no.1, pp. 41-50, 2007.
[3] A. Rodriguez and C. de la Cerna. “El mezcal, su producción y tratamiento de residuos”. *Alianzas y Tendencias*, vol. 2, no.8, pp. 10-14, 2017.
[4] A. Fernández and S. Vásquez. “Estudio de tiempos y movimientos en el proceso artesanal del mezcal a través de la ingeniería industrial en Santiago Matatlán Tlacolula, Oax”. Tesis de Licenciatura. Oaxaca, Instituto Tecnológico de Oaxaca, 2002.
[5] NORMA Mexicana NMX-V-013-S-1980. “Bebidas alcohólicas destiladas. determinación del por ciento de alcohol en volumen en la escala Gay-Lussac a 288 k (15°C)”.
[6] NORMA Mexicana NMX-V-014-1986. “Bebidas alcohólicas destiladas determinación de alcoholes superiores (aceite de fusel)”.
[7] NORMA Mexicana NMX-V-021-1986. “Bebidas alcohólicas destiladas. determinación de metanol”.
[8] NORMA Mexicana NMX-V-005-S-1980. “Bebidas alcohólicas destiladas. determinación de ésteres y aldehídos”.
[9] NORMA Mexicana NMX-V-004-1970. “Determinación de furfural en bebidas alcohólicas destiladas”.
[10] http://support.minitab.com/es Consulta 7 agosto de 2018.
[11] Norma Oficial Mexicana NOM-070-SCFI-2016. “Bebidas alcohólicas-Mezcal Especificaciones”.
[12] M.C. “Meilgaard Flavor chemistry of beer I. Flavor interaction between principal volátiles”. *Tech Q Mast Brew Assoc Am*, vol. 12, pp. 107-117, 1975.
[13] P. Téllez. “El cocimiento una etapa importante en la producción de tequila”. *Bebidas Mex*, vol. 7, pp.19-20, 1998.
[14] C. Cedeño. “Tequila production”. *Crit. Rev. Biotechno,* vol. 15:111, 1995.
[15] J. Crouzet. “La Biogenèse des Arómes”. *Les Arômes alimentaries.* Editorial Tec & Doc. Lavoiser. Paris, 1992.
[16] COMERCAN. http://www.crm.org.mx/. Consejo Regulador del Mezcal. Consultado en agosto 2020.

Comparación de métodos de marchitamiento de vainas de vainilla mediante un modelo mecanístico

K. Arguelles Peña[1], A. Perez Silva[2], V.J. Robles Olvera[1], M.A. García Alvarado[1], G.C. Rodríguez Jimenes[1],*
[1]Unidad de Investigación y Desarrollo en Alimentos, Tecnológico Nacional de México/Campus Veracruz, M.A. de Quevedo, 2779, Formando Hogar, C.P. 91897, Veracruz, Veracruz, México
[2]Tecnológico Nacional de México/Campus Tuxtepec. Avenida Dr, Víctor Bravo Ahuja S/N, 5 de Mayo, 68350 San Juan Bautista Tuxtepec, Oax., México
**guadalupe.rj@veracruz.tecnm.mx*

***Área de participación**: Ingeniería Química*

Resumen

Se obtuvo un modelo con la solución analítica de las ecuaciones cinéticas para la glucovainilla y vainillina en función del tiempo. Se realizaron siete tratamientos de marchitamiento a las vainas (horneado: 10 h a 60 °C, escaldado con vapor: 15 s a 100 °C y ultrasonido: 3, 6 y 20 min, 90 y 180 W), se llevó cabo el beneficio y se compararon los tratamientos por intervalos conjuntos de 95 % de confianza. Se determinaron los parámetros cinéticos óptimos (k_{GV}, k_V y k_2) para obtener el modelo para cada tratamiento. Se obtuvo como mejor tratamiento el escaldado con vapor, obteniendo una alta concentración de vainillina al final del beneficio.

***Palabras clave**: Vainilla, marchitamiento, modelo*

Abstract

A model was obtained with the analytical solution of the kinetic equations for glucovanillin and vanillin as a time function of time. Seven killing treatments were carried out on the pods (baking: 10 h at 60 ° C, steam blanching: 15 s at 100 ° C and ultrasound: 3, 6 and 20 min, 90 and 180 W), the curing was carried out and the treatments were compared by 95% confidence intervals. The optimal kinetic parameters (k_{GV}, k_V y k_2) were determined to obtain the model for each treatment. Steam blanching was obtained as the best treatment, obtaining a high concentration of vanillin at the end of the curing.

***Key words**: Vanilla, killing, model*

Introducción

La vainilla es una especie vegetal de la familia *Orquidaceae*, que comprende 110 especies, siendo la más importante *Vanilla planifolia* Andrews, de la cual se obtiene el extracto natural de vainilla, el cual comprende diversos compuestos aromáticos como fenoles, ácidos alifáticos, alcoholes, aldehídos, ésteres, etc., siendo los mayoritarios el ácido *p*-hidroxibenzoico, el *p*-hidroxibenzaldehido, el ácido vainíllico y la vainillina [1, 2]. Sin embargo las vainas verdes que produce la orquídea tienen que someterse a un proceso de beneficio para que desarrollen los compuestos mencionados. Para ello el beneficio comprende cuatro etapas: marchitamiento, sudado-soleado, secado y acondicionamiento. En la primera etapa, el marchitamiento tiene como finalidad detener el metabolismo y permitir el contacto entre enzimas y sustratos; los compuestos mayoritarios se encuentran en forma glucosilada en la vacuola y deben ser hidrolizados por la enzima β-glucosidasa, ubicada en el citoplasma, para producir la vainillina y las otras agliconas [2, 3, 4]. La concentración de los compuestos aromáticos va cambiando a través del tiempo de beneficiado, proporcionando el perfil aromático característico de la vainilla, donde predomina la vainillina como producto formado a partir de la glucovainillina. Se han realizado investigaciones sobre beneficio de vainas de vainilla en condiciones controladas [5, 6] que han permitido conocer la evolución de los cuatro compuestos aromáticos principales y su precursor, por lo que en este trabajo se propone un modelo que permitiría reproducir el comportamiento mencionado, para lo cual se

requieren plantear un sistema de ecuaciones a partir de las consideraciones teóricas que expliquen la variación en la concentración de los compuestos durante el beneficio, posteriormente resolver el sistema para expresar las concentraciones de la vainillina y glucovainillina en función del tiempo, para ajustar el modelo a los resultados. Dicho modelo nos permitirá no solo comparar tratamientos de marchitamiento, sino ver las constantes en las ecuaciones que afectan la producción de vainillina, lo cual no se ha reportado.

En este trabajo se proponen comparar el método de marchitamiento tradicional, horneado, con el escaldado con vapor y ultrasonido como otras alternativas, para lo cual se planteó y resolvió el sistema de ecuaciones para obtener las ecuaciones que representan la evolución de la concentración de glucovainillina y vainillina en función del tiempo.

Metodología

Se usaron vainas de *Vanilla planifolia* con madurez fisiológica del parque Ecopark Xanath de Papantla, Veracruz, con un tamaño promedio de 16.83±1.30 cm, fueron despezonadas y limpiadas.

Materiales

Los reactivos utilizados fueron cloruro de sodio y estándares de glucovainillina y vainillina de Sigma-Aldrich. Se empleó una incubadora Lab-line Imperial III Incubator, una marmita, un baño ultrasónico AS5150B ultrasonic cleaner y un horno Bertuzzi Modelo 2100.

Marchitamiento y beneficio

En el tratamiento de horneado, las vainas fueron envueltas con tela húmeda y colocadas en la incubadora Lab-line Imperial III Incubator a 60°C durante 10 h y se procedió a su beneficio. Por otro lado, para el tratamiento con vapor a 100 °C, las vainas se colocaron en una canastilla y se introdujeron en la marmita precalenteada durante 15 segundos y al finalizar fueron sumergidas en agua a 25 °C. En el caso del marchitamiento por ultrasonido se realizaron cinco tratamientos (3 min a 90 W, 6 min a 90 W, 20 min a 90 W, 6 min a 180 W y 20 min a 180 W) en el baño ultrasónico manteniendo la temperatura a 25 °C. Para continuar el beneficio, la etapa de soleado-sudado fue simulada con un ambiente controlado, las vainas marchitas se colocaron en recipiente cerrados a 75 % de humedad relativa con una solución sobresaturada de NaCl y a 30 °C en un horno Bertuzzi Modelo 2100. Los siete tratamientos se hicieron por duplicado y se emplearon 39 vainas por cada experimento. Las vainas se limpiaron diariamente con etanol y se tomó una muestra de 3 vainas para cada uno de los nueve puntos de muestreo (0, 5, 10, 15, 20, 30, 45, 60, 90 días). Las vainas se sacaron del ambiente de humedad relativa hasta que se pardearon completamente y se mantuvieron rígidas, lo cual ocurrió entre 30 y 37 días. Como etapa de acondicionamiento las vainas se almacenaron en bolsas ziploc a temperatura ambiente, hasta completar 90 días.

Cuantificación de vainillina y glucovainillina

Se tomaron tres vainas de cada tratamiento, se congelaron con nitrógeno líquido y se molieron con un molino Krups; del polvo obtenido se pesaron 300 mg y se aforaron a 50 mL con una mezcla metanol:H_3PO_4 0.01 M (30:70 v/v). Se mantuvo el matraz durante 2 min a 37 kHz en el baño ultrasónico, el contenido fue filtrado con Whatman No. 4 y luego pasado por acrodisco de 0.45 µm antes de la inyección en HPLC. La cuantificación se realizó con un HPLC Varian Prostar 363, una columna microsorb C18 de 4.6 mm de diámetro y 150 mm, utilizando como fase móvil 90% agua acidificada (800 ml de agua más 10 ml de ácido acético) y 10% metanol. Se utilizó un flujo de 1.5 mL/min y una longitud de onda de 254 nm en el detector UV. La cuantificación de los compuestos se realizó bajo la técnica de estándar externo a partir de las curvas de calibración. El intervalo de concentración para glucovainillina y vainillina fue de 1 a 100 mg/L disueltos en etanol 60% m/v [7].

Obtención del modelo

Para obtener el modelo se plantearon y resolvieron las siguientes ecuaciones de velocidad de acuerdo a las reacciones de la Figura 1:

 ISSN 2007-8102

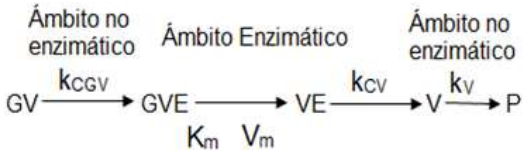


Figura 1. Reacciones de la glucovainillina

En la primera reacción la GV (glucovainillina libre) forma un complejo GVE (glucovainillina-enzima) con una constante de velocidad k_{CGV}, seguido de la formación del complejo vainillina-enzima (VE) considerando que la reacción sigue una cinética de Mchaelis-Menten con una constante K_m (constante de Michaelis-Menten) y una V_m (velocidad máxima), para después liberar la vainillina con una constante de velocidad k_{CV}. Finalmente la vainillina puede utilizarse en la formación de otros productos (P) con una constante de velocidad kv
Las ecuaciones 1 a 4 plantean la variación de las concentraciones de las especies formadas desde glucovainillina a vainillina, mientras que la ecuación 5 considera la variación de la concentración de algún otro producto derivado de la vainillina.

$$\frac{dGV}{dt} = -k_{CGV}(GV - GVE) \tag{1}$$

$$\frac{dGVE}{dt} = k_{CGV}(GV - GVE) - \frac{V_m}{K_m + GVE}GVE \tag{2}$$

$$\frac{dVE}{dt} = \frac{K' V_m}{K_m + GVE}GVE - k_{CV}(VE - V) \tag{3}$$

$$\frac{dV}{dt} = k_{CV}(VE - V) - k_V V \tag{4}$$

$$\frac{dP}{dt} = k_V V \tag{5}$$

Resultados y discusión

Obtención del modelo

Para la linealización del modelo se tomaron en cuenta las siguientes consideraciones de cuasiestacionalidad:

$$Km \gg GVE \qquad \frac{dGVE}{dt} = 0 \qquad \frac{dVE}{dt} = 0$$

Las ecuaciones 1 a 5 se simplificaron a las ecuaciones 6 a 10

$$\frac{dGV}{dt} = -k_{CGV}(GV - GVE) \tag{6}$$

$$\frac{dGVE}{dt} \approx 0 = k_{CGV}(GV - GVE) - \frac{V_m}{K_m} * GVE = k_{CGV}GV - \left(k_{CGV} + \frac{V_m}{K_m}\right) * GVE \tag{7}$$

$$\frac{dVE}{dt} \approx 0 = \frac{K' V_m K_{GV} GV}{K_m} - k_{CV}(VE - V) \tag{8}$$

$$\frac{dV}{dt} = k_{CV}(VE - V) - k_V V \tag{9}$$

$$GVE = \frac{k_{CGV}}{k_{CGV} + \frac{V_m}{K_m}}GV = K_{GV} * GV \tag{10}$$

Integrando la ecuación 6 se obtiene la ecuación 11, que representa la evolución de glucovainillina a través del tiempo

$$GV(t) = GV_0 e^{-k_{GV} t} \tag{11}$$

Despejando k_{CV} de la ecuación 8 se obtiene la ecuación 12

$$k_{CV} = \frac{K' V_m K_{GV} GV}{K_m (VE - V)} \quad (12)$$

Sustituyendo el término $k_{CV}(VE-V)$ de 12 en 9, simplificando el término $K'V_mK_{GV}/K_m$ como la constante k_2 y sustituyendo GV de la ecuación 11 se obtiene la ecuación 13

$$\frac{dV}{dt} + k_V V = k_2 GV_0 e^{-k_{GV} t} \quad (13)$$

Considerando que k_2 y GV_0 son valores que no varían a través del tiempo se simplifican a C_V.

$$C_V = k_2 GV_0 \quad (14)$$

Integrando 13 y sustituyendo 14 en la ecuación integrada se obtiene 15

$$V(t) = \left(V_0 - \frac{C_V}{k_V - k_{GV}}\right) e^{-k_V t} + \frac{C_V}{k_V - k_{GV}} e^{-k_{GV} t} \quad (15)$$

La ecuación 15 representa la evolución de la concentración de vainillina a través del tiempo. Las ecuaciones 11 y 15 representan el modelo, donde la constante K_{GV} está relacionada al consumo de glucovainillina para la formación del complejo enzima sustrato, k_V relacionada al consumo de vainillina y k_2 considera la constante de Michaelis-Menten y la velocidad máxima de la β-glucosidasa; entonces, de acuerdo al modelo los mejores tratamientos son aquellos que tienen k_{GV} máxima, que implica una mayor formación de GVE, k_V mínima que significa que la degradación de vainillina es mínima y k_2 máxima. Solo dos tratamientos mostraron estas condiciones donde k_V no fue significante (Tabla 1), los cuales fueron el horneado, que alcanzó una concentración baja de vainillina y el escaldado con vapor que también mostró una degradación mínima de vainillina, pero que alcanzó una mayor concentración que en el horneado.

Tabla 1. Significancia de los parámetros k_{GV}, k_V y k_2 de los ajustes del modelo a la evolución de la concentración de glucovainillina y vainillina durante el beneficio de vainas de vainilla marchitadas con vapor, ultrasonido y horneado

Tratamiento	k_{GV}	p	k_V	p	k_2	p
Horneado	0.0372	<0.0001	0.0121	0.2218	0.0131	0.0287
Vapor	0.0531	<0.0001	0.0126	0.1347	0.0322	0.0002
3 min 90 W	0.0697	<0.0001	0.0489	0.0034	0.0419	0.0004
6 min 90 W	0.0704	<0.0001	0.0187	0.0710	0.0429	0.0001
20 min 90 W	0.0499	<0.0001	0.0377	0.0149	0.0533	<0.0001
6min 180 W	0.0510	<0.0001	0.0190	0.1178	0.0379	0.0015
20 min 180 W	0.0686	<0.0001	0.0211	0.0081	0.0441	<0.0001

Por intervalos conjuntos de 95 % de confianza de las constantes (Figura 2, 3 y 4) se demostró que los tratamientos de horneado y ultrasonido 20 min 180 W presentan diferencias significativas. Sin embargo en las gráficas el tamaño de los intervalos nos indica que hay dispersión en los datos, la cual sería menor si los intervalos fueran más pequeños. Con los valores óptimos de las constantes (Tabla 1) se obtuvieron las curvas de glucovainillina (Figura 5) y vainillina (Figura 6), en las cuales se puede observar como la glucovainillina es hidrolizada en todos los tratamientos, sin embargo la vainillina alcanza una concentración máxima y después disminuye, posiblemente por la degradación de vainillina a otros compuestos o por pérdida de la misma por lixiviación; este comportamiento no fue observado en los tratamientos de Rodríguez-Castillo [5], pero fue observado en otros trabajos [6, 8, 9]. Odoux y Grisoni mencionan que cuando se obtienen concentraciones de ácido vainillínico más altas que las esperadas, puede ser debido a la oxidación de vainillina, y además el ácido vainillínico puede experimentar descarboxilación hacia guayacol [2].

 ISSN 2007-8102

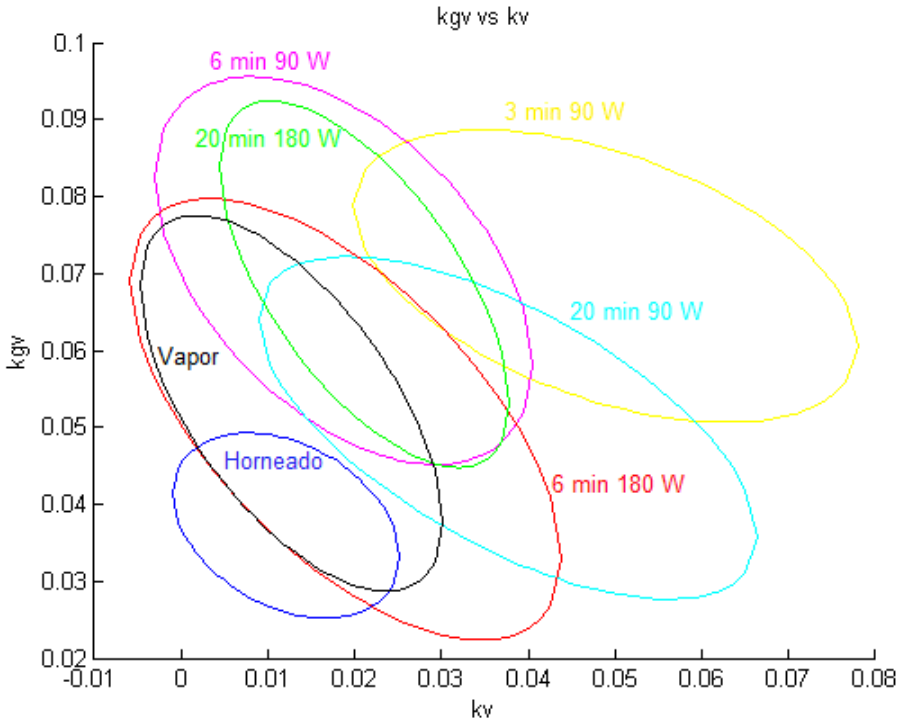


Figura 2. Intervalos conjuntos de confianza al 95% (k_{GV} vs k_V)

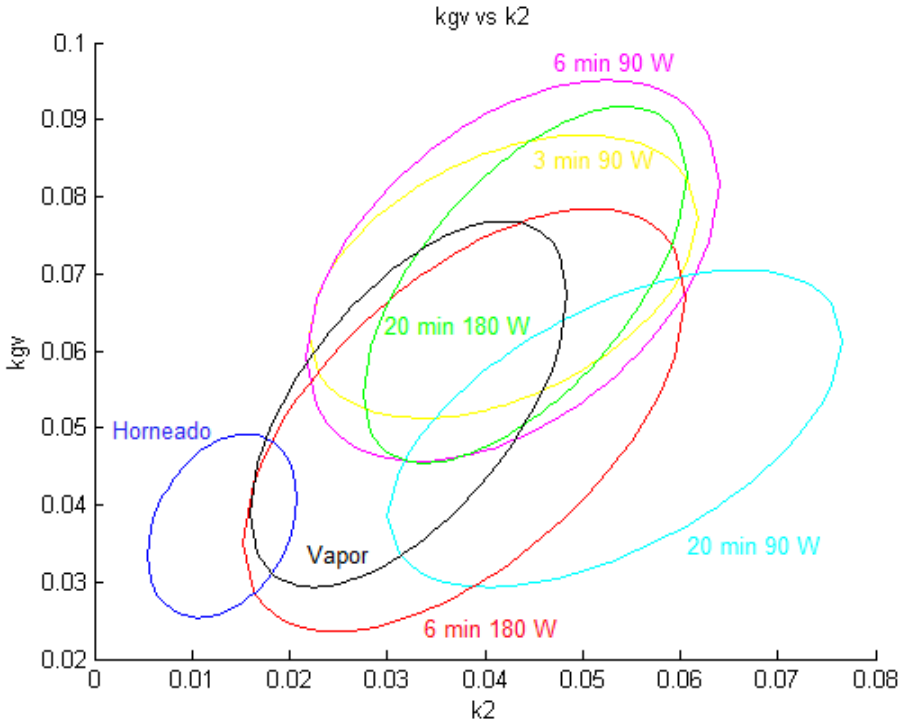


Figura 3. Intervalos conjuntos de confianza al 95% (k_{GV} vs k_2)

 ISSN 2007-8102

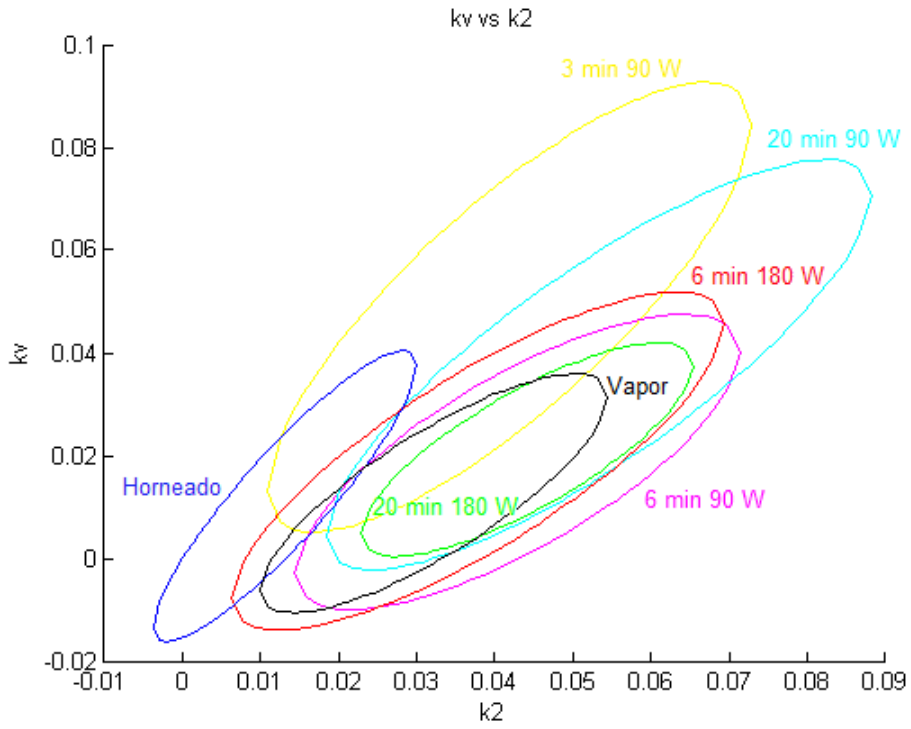


Figura 4. Intervalos conjuntos de confianza al 95% (k_V vs k_2)

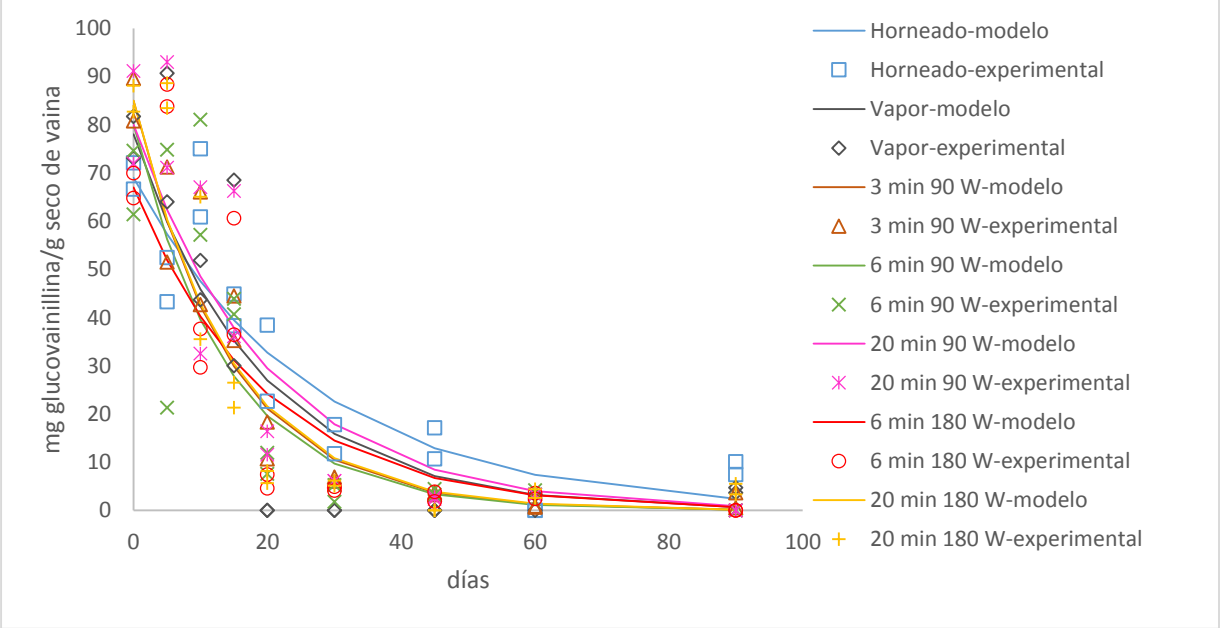


Figura 5. Ajuste del modelo a la evolución de la glucovainillina durante el beneficio de las vainas de vainilla

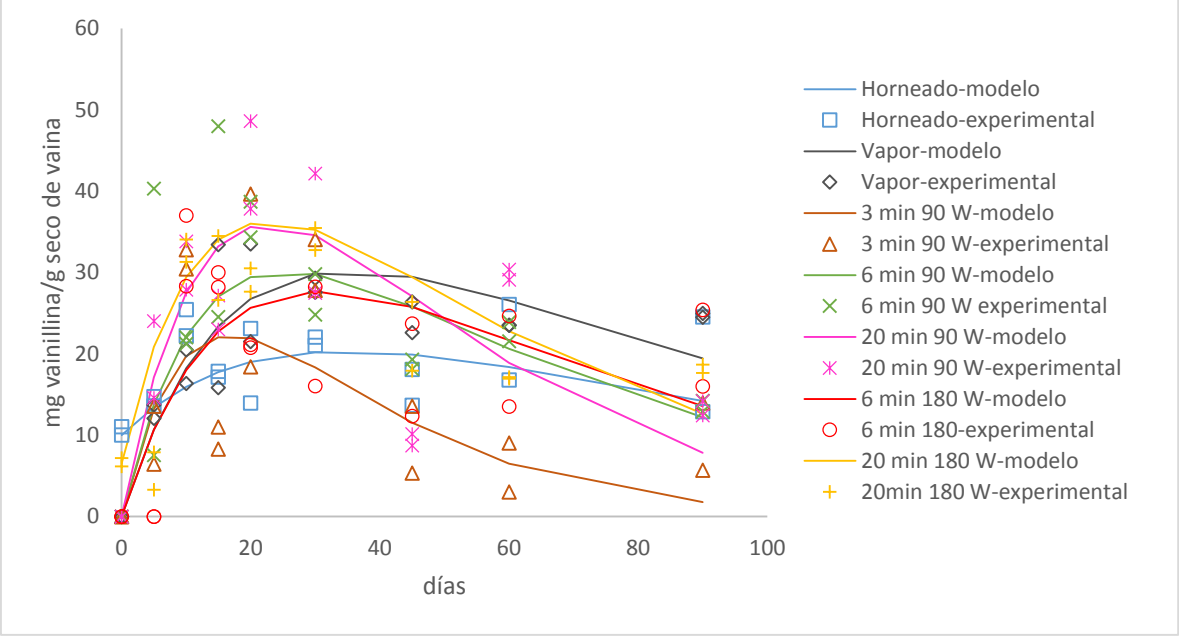


Figura 6. Ajuste del modelo a la evolución de vainillina durante el beneficio de las vainas de vainilla

Conclusiones

El modelo mecanístico reprodujo adecuadamente el comportamiento de formación-degradación de vainillina y la hidrólisis de glucovainillina de los tratamientos y permitió compararlos. El mejor tratamiento fue el escaldado con vapor, obteniendo una alta concentración de vainillina al final del beneficio.

Agradecimientos

A CONACyT por la beca otorgada a la estudiante. Al Fordecyt-Conacyt por el apoyo otorgado para la realización del Proyecto de investigación “Estrategias para la adaptación y mitigación al cambio climático necesarias para el rescate del cultivo de vainilla en México”, No. 297484.

Referencias

[1] Pérez-Silva, A., Gunata, Z., Lepoutre, J. P. and Odoux, E. “New Insight on the Genesis and fate of odor-active compounds in vanilla beans (*Vanilla planifolia* G. Jackson) during traditional curing”. *Food Research International* 44**,** no. 9, pp. 2930–2937. 2011.

[2] Odoux, E. and Grisoni, M. "*Vanilla"*. R. Hardman. CRC Press. USA. 2010.

[3] Odoux, E, Escoute, J., and Verdeil, J. “The relation between glucovanillin, β-D-glucosidase activity and cellular compartmentation during the senescence, freezing and traditional curing of vanilla beans”. *Annals of Applied Biology,* pp. 1–10. 2006.

[4] Havkin-Frenkel, D. and Belanger, F. "*Handbook of Vanilla Science and Technology"*. Willey Blackwell, Iowa, USA. 2011.

[5] Rodríguez-Castillo, G. L., Rodriguez-Jimenes, G., García-Alvarado, M.A., Robles-Olvera, V.J., and De la Cruz Medina, J. “Efecto Del tratamiento térmico sobre el marchitamiento de vainas de vainilla (*Vanilla Planifolia*)”. Instituto Tecnológico de Veracruz. Veracruz, México. 2009.

[6] Rosado, T. L., Salgado, M. A., Robles, V. J., García, M. A., and Rodríguez-Castillo, G. C. “Efecto del tipo de marchitamiento en la evolución de los compuestos aromáticos en un beneficio controlado de vainilla (*Vanilla planifolia*)”. In *V Congreso Iberoamericano de Tecnología Postcosecha y Agroexportaciones*. 2007.

[7] Sreedhar, R. V., Roohie, K., Venkatachalam, L., Narayan, M. S. and Bhagyalakshmi, N. “Specific pretreatments reduce curing period of vanilla (*Vanilla planifolia*) Beans”. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 55, no. 8**,** pp. 2947–55. 2007.

[8] Pacheco-Reyes, I. “Evaluación del Efecto de sonicación-microondas en el beneficio de vainilla (*Vanilla planifolia* Andrews)”. Tesis de Maestría en Ciencias de Conservación y Aprovechamiento de Recursos Naturales. Instituto Politécnico Nacional. Santa Cruz Xocotlán, México. 2009.
[9] Tapia-Ochoategui, A. P. “Cambios bioquímicos y microestructurales en vainas de vainilla (*Vanilla planifolia*; Orchidaceae) durante el beneficio tradicional realizado en México”. Tesis de Doctorado en Ciencias en Alimentos. Instituto Politécnico Nacional. D.F. México. 2011.

 ISSN 2007-8102

Evaluación de cúmulos carbonílicos de rutenio en el proceso de hidrodesulfuración de dibenzotiofeno

*J. Pascual Cruz[1], G. Sánchez Cabrera[2], F. J. Zuno Cruz[2], A. E. Cruz Pérez[1], M. G. Hernández Cruz[1]**

[1]División Académica Multidisciplinaria de Jalpa de Méndez, Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, Jalpa de Méndez, Tabasco, México.
[2]Área académica de Química, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, Carr. Pachuca-Tulancingo Km 4.5, Mineral de la Reforma, Hidalgo, México
**maria_ghc24@live.com.mx*

***Área de participación**: Ingeniería Química*

Resumen

En este trabajo se evaluó el desempeño catalítico en el proceso de hidrodesulfuración (HDS) de dibenzotiofeno (DBT) de cúmulos de rutenio neutros y aniónicos soportados en SiO_2. Se usaron el cúmulo trinuclear $[Ru_3(CO)_{12}]/SiO_2$ (**1**) como referencia, y los cúmulos $[Ru_4(CO)_{12}(\mu\text{-}H)_4]/SiO_2$ (**2**), $[PPN][Ru_3(CO)_{11}(\mu\text{-}H)]/SiO_2$ (**3**) y $[DIFEA][Ru_4(CO)_{12}(\mu\text{-}H)_3]/SiO_2$ (**4**). Los resultados mostraron que los cuatro sistemas presentan actividad catalítica para dicho proceso. Sin embargo, el sistema **4** muestra mayor actividad en la conversión de DBT, esto es atribuido a que tiene una mayor nuclearidad (número de átomos metálicos), y contiene ligantes hidruro. Se observó que los cúmulos **1**, **2** y **4** son selectivos hacia la vía de hidrogenación, observándose ciclohexilbenceno (CHB) y diciclohexil (DCH) como productos principales; mientras que **3** favorece la vía de desulfuración directa (DDS), generando como producto principal bifenilo (BF).

***Palabras clave**: Cúmulos, rutenio, catalizadores, HDS*

Abstract

*In this work, the catalytic performance in the hydrodesulfurization (HDS) process of dibenzothiophene (DBT) of neutral and anionic ruthenium clusters supported on SiO_2 was evaluated. The trinuclear cluster $[Ru_3(CO)_{12}]/SiO_2$ (**1**) were used as reference, and the clusters $[Ru_4(CO)_{12}(\mu\text{-}H)_4]/SiO_2$ (**2**), $[PPN][Ru_3(CO)_{11}(\mu\text{-}H)]/SiO_2$ (**3**) and $[DIFEA][Ru_4(CO)_{12}(\mu\text{-}H)_3]/SiO_2$ (**4**). The results showed that the four systems present catalytic activity for said process. However, system **4** shows greater activity in the conversion of DBT, this is attributed to having a greater nuclearity (number of metal atoms), and contains hydride ligands. It was observed that clusters **1**, **2** and **4** are selective towards the hydrogenation pathway, with cyclohexylbenzene (CHB) and dicyclohexyl (DCH) being observed as main products; while **3** favors the direct desulfurization pathway (DDS), generating biphenyl (BF) as the main product.*

***Key words**: clusters, ruthenium, catalysts, HDS*

 ISSN 2007-8102

Introducción

Las emisiones de vehículos de motor (NOx y SOx) contribuyen ampliamente a la contaminación del aire [1-3]. Para abordar este problema ambiental, las nuevas regulaciones restrictivas han establecido que el nivel de azufre en diésel y gasolina tendrá que estar por debajo de 30 ppm [4]. Por lo cual, la industria en México debe afrontar grandes desafíos para producir combustibles más limpios; uno de ellos es el diseño de nuevos catalizadores que exhiban altas actividades para el proceso de hidrodesulfuración (HDS) catalítica, proceso de gran interés debido a la necesidad de reducir el contenido de azufre en el crudo y destilados de petróleo. Los compuestos organoazufrados más difíciles de eliminar son el tiofeno, benzotiofeno, dibenzotiofeno (DBT) y sus derivados alquílicos, especialmente aquellos alquilados en las posiciones 4 y 6 (4, 6-dimetildibenzotiofeno, 4,6-DBT), que al ser sometidos al proceso de HDS, pueden proceder por dos vías paralelas (Figura 1): la desulfuración directa (DDS) y la hidrogenación (HYD) [5]. La DDS conduce a la formación de compuestos conocidos como bifenilos (BPS), mientras que la HYD produce intermediarios que contienen azufre, los cuales son desulfurados para producir moléculas de ciclohexilbencenos (CHBS) y biciclohexilos (BCHS).

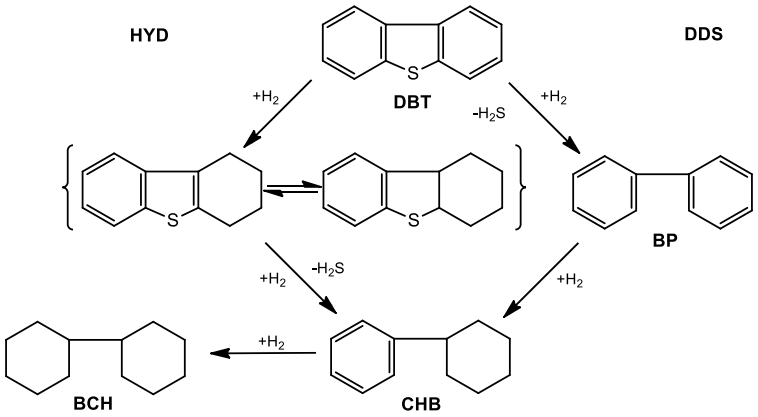


Figura 1. Vías de reacción por las que procede la HDS de DBT [5].

El proceso comercial de HDS utiliza catalizadores de Mo o W soportados en alúmina con promotores como Ni y Co [6,7]. En la literatura se puede encontrar un sin número de investigaciones relacionadas con el diseño de nuevos catalizadores basados en sulfuros de Mo [8], W [9], Ni [10], Co [11], Re [12], Rh, Ru, Pd y Pt [13]; y una combinación entre ellos para generar catalizadores bimetálicos como NiMo, ReNi [14], CoMo [15], CoRe [16], PtRe [17], RhRu [18], RuMo [19] y ReRu [20], con y sin soporte (óxidos de Al, Si, Ti, Mg, Zn, Zr, etc) [21-24]. Sin embargo, desde hace algunos años se ha demostrado que el uso de compuestos organometálicos mono y polinucleares (Cúmulos) que contienen metales de transición como Ru, Os, Rh, y Co [25], presentan una mayor actividad que los usados comercialmente, tal es el caso de cúmulos carbonílicos de metales de transición, que han probado ser útiles como modelos para HDS catalítica. Tal es el caso del cúmulo carbonílico pentanuclear de rutenio [$Ru_5C(CO)_{15}$] que en presencia de H_2S y CO forma el compuesto sulfurado [$Ru_5C(CO)_{16}(\mu\text{-}H)(\mu\text{-}SH)$], que en presencia de CO regenera el compuesto inicial [$Ru_5C(CO)_{15}$]; este proceso se lleva a cabo usando condiciones de reacción más suaves que las empleadas por ejemplo en el proceso industrial Claus [26] . Las propiedades cooperativas que pueden poseer los metales de transición en los procesos de activación de enlaces C−S; hacen a los cúmulos carbonilicos de rutenio especies que pueden proveer de información, tanto de la ruta mecanística del proceso, como de la naturaleza de los catalizadores comerciales para HDS [27]. Moritz y colaboradores [28] han encontrado que compuestos metálicos que tienen en su estructura H/CO permiten su comparación con la quimisorción de hidrógeno y CO. En una superficie metálica el hidrógeno puede coordinarse de varias formas: a) directamente enlazado al metal, b) puente a 2 átomos metálicos, y c) puente a 3 átomos metálicos con cierta distancia M−H (Figura 2a-c). Simulando lo que ocurre en los

 ISSN 2007-8102

catalizadores comerciales en donde la dispersión de los sulfuros de Mo o W sobre el soporte es promovida por los átomos de Ni y Co (Figura 2d) [29].

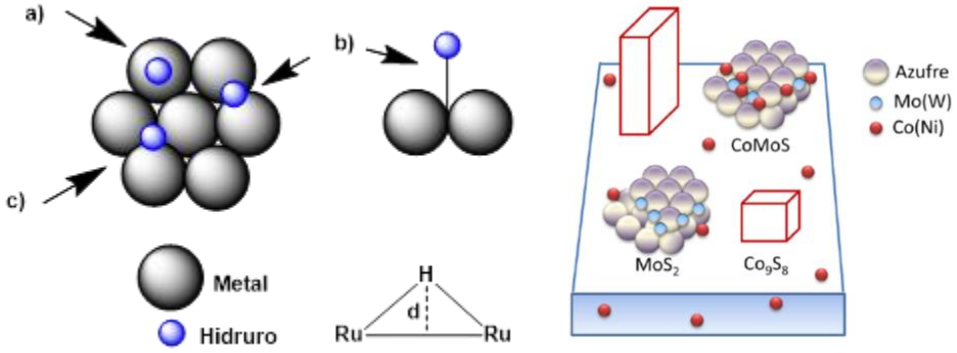


Figura 2. a-c) Quimisorción de hidrógeno y CO en superficies metálicas. d) Dispersión de catalizadores de Mo y W en un soporte [29].

Metodología

Síntesis de los Cúmulos Carbonílicos de Rutenio

El Cúmulo **1** fue grado reactivo de la casa Aldrich y se utilizó sin previa purificación. Los cúmulos **2**, **3** y **4** [30] fueron sintetizados y caracterizados de acuerdo con las metodologías y técnicas de caracterización descritas en la literatura.

Preparación de los catalizadores 1-4

El soporte de SiO_2 (previamente calcinado a 550 ºC) se impregnó por el método de llenado de poro con una solución del cúmulo carbonílico $[Ru_3(CO)_{12}]$ (1). Los sólidos impregnados se dejaron reposar 24 h a temperatura ambiente y después se secaron a 120 °C por 12 h. Finalmente, los sólidos se calcinaron a 400 °C durante 4 h. Los catalizadores **2-4** fueron impregnados siguiendo la misma metodología que para **1**

Evaluación catalítica en la HDS de DBT

Los catalizadores se evaluaron en una micro-planta piloto con un reactor de lecho fijo a P=30 bar, el cual fue alimentado por 0.12 cm^3 min^{-1} de una solución de 500 ppm de azufre contenido en dibenzotiofeno disuelto en n-heptano, y un flujo de 35 cm^3 min-1 de H_2. El heptano se eligió como solvente, ya que bajo las condiciones de reacción todos los reactivos se encuentran en fase gaseosa. La temperatura que se uso fue desde 80° hasta 180° C, con incrementos de 20°C cada 2 horas. La reacción duro 12 horas y se tomaron alícuotas cada hora. Los productos de la reacción se analizaron en un cromatógrafo Perkin Elmer AUTOSYSTEM XL equipado con detector de ionización de flama FID y columna capilarULTRA2 (L= 24m, D.I = 0.32 mm).

Resultados y discusión

Los cúmulos metálicos son especies que poseen enlaces directos metal-metal y pueden contener ligantes como carbonilos e hidruros (Figura 3), las características fisicoquímicas de estos compuestos les confieren propiedades catalíticas tanto en procesos homogéneos como heterogéneos. Es por ello, que se evaluó el desempeño catalítico de los cúmulos carbonílicos neutros **1** y **2**, y los aniónicos **3** y **4** en el proceso de hidrodesulfuración de dibenzotiofeno. Después de analizar los resultados obtenidos, se calculó la selectividad, conversión, velocidad de reacción y energía de activación que presenta cada uno de ellos.

 ISSN 2007-8102

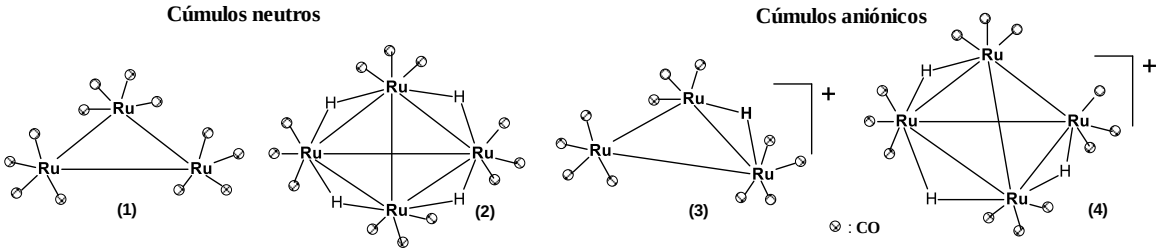


Figura 3. Estructura molecular de los cúmulos carbonílicos de rutenio usados para la síntesis de los catalizadores 1-4 [30].

Selectividad

Como se mencionó antes, la reacción de HDS de DBT sugiere según las propiedades del catalizador, dos vías de reacción: a) la desulfuración directa que consume poco H_2 y b) la hidrogenación. Al someter los cúmulos a esta reacción, se encontró que los neutros $[Ru_3(CO)_{12}]/SiO_2$ (**1**), $[Ru_4(CO)_{12}(\mu\text{-}H)_4]/SiO_2$ (**2**) exhiben una tendencia hacia la ruta de hidrogenación, al obtener como productos principales CHB y DCH, respectivamente (Figura 4).

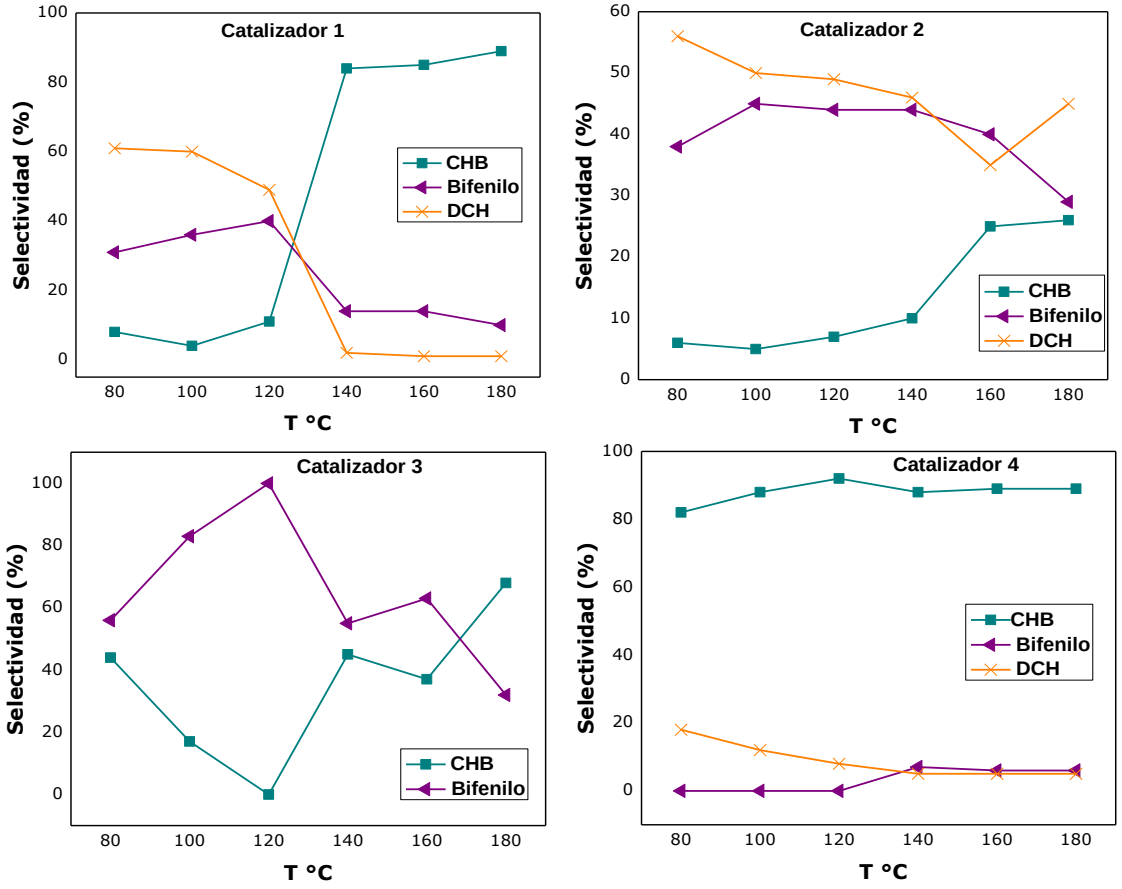


Figura 4. Gráfica des selectividad de los catalizadores 1-4.

La misma ruta siguió el cúmulo aniónico $[DIFEA][Ru_4(CO)_{12}(\mu\text{-}H)_3]/SiO_2$ (**4**) mostrando como producto mayoritario CHB; sin embargo, $[PPN][Ru_3(CO)_{11}(\mu\text{-}H)]/SiO_2$ (**3**) presentó selectividad hacia

la producción de bifenilo al proceder por la vía de desulfuración directa como se muestra en la Figura 4.

Conversión de DBT

En cuanto al porcentaje de transformación de dibenzotiofeno en presencia de los catalizadores de rutenio, se observó la siguiente tendencia: [DIFEA][$Ru_4(CO)_{12}(\mu\text{-}H)_3$]/$SiO_2$ (**4**) > [$Ru_3(CO)_{12}$]/SiO_2 (**1**) > [$Ru_4(CO)_{12}(\mu\text{-}H)_4$]/$SiO_2$ (**2**) > [PPN][$Ru_3(CO)_{11}(\mu\text{-}H)$]/$SiO_2$ (**3**). Siendo **4** el más activo en el proceso de HDS de DBT como se muestra en la Tabla 1 y Figura 5.

Tabla 1. Datos de conversión de DBT (%) de los catalizadores.

T °C	[$Ru_3(CO)_{12}$] /SiO_2 (1)	[$Ru_4(CO)_{12}(\mu\text{-}H)_4$]/$SiO_2$(2)	[PPN][$Ru_3(CO)_{11}(\mu\text{-}H)$]/$SiO_2$ (3)	[[DIFEA][$Ru_4(CO)_{12}(\mu\text{-}H)_3$]/$SiO_2$ (4)
80	4.75	1.48	1.04	9.16
100	5.73	2.31	1.3	11.24
120	6.96	3.08	1.63	13.36
140	8.33	4.62	2.03	16.36
160	10.63	6.23	2.54	18.02
180	13.63	8.47	3.18	21.37

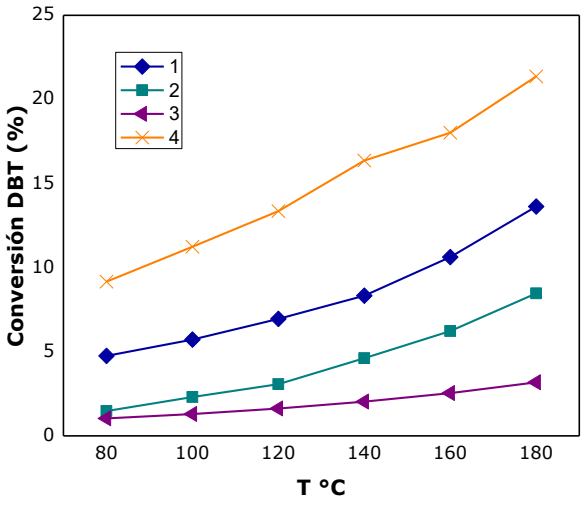


Figura 5. Gráfica de conversión vs T de los catalizadores empleados.

Velocidad de Reacción

La ecuación de Arrhenius proporciona la base cuantitativa de la relación entre la energía de activación y la velocidad a la que se produce la reacción. La actividad de los catalizadores en la reacción de HDS de DBT y su gráfica de Arrhenius se muestra en la Tabla 2 y la Figura 6, respectivamente. Se observa que efectivamente, el material que contiene el compuesto aniónico [DIFEA][$Ru_4(CO)_{12}(\mu\text{-}H)_3$]/$SiO_2$ (**4**), presenta mejor actividad comparado con los catalizadores **1**, **2** y **3**.

 ISSN 2007-8102

Tabla 2. Datos de velocidad de reacción (r) que presentan los catalizadores. r x 10^{-9} (mol/S*gcat)

T °C	$[Ru_3(CO)_{12}]/SiO_2$ (1)	$[Ru_4(CO)_{12}(\mu\text{-}H)_4]/SiO_2$(2)	$[PPN][Ru_3(CO)_{11}(\mu\text{-}H)]/SiO_2$ (3)	$[[DIFEA][Ru_4(CO)_{12}(\mu\text{-}H)_3]/SiO_2$ (4)
80	0.95	0.36	0.25	2.2
100	1.1	0.56	0.31	2.7
120	1.4	0.74	0.39	3.2
140	1.7	1.1	0.49	4.0
160	2.0	1.5	0.61	4.4
180	2.6	2.0	0.77	5.2

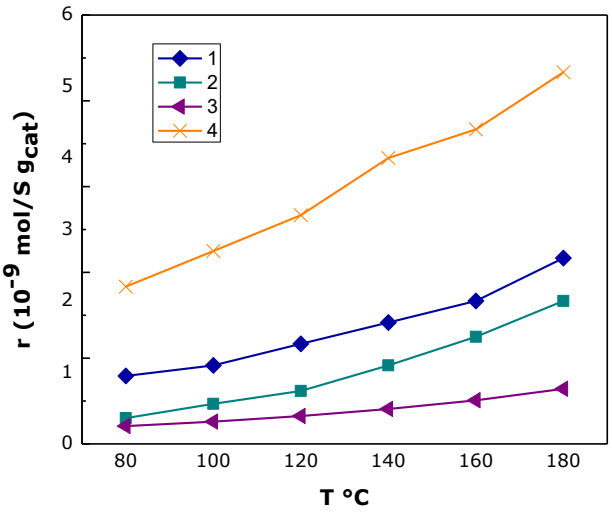


Figura 6. Actividad catalítica en la HDS de dibenzotiofeno en función de la temperatura de los catalizadores empleados.

Energías de Activación

En la Tabla 3 se muestran las energías de activación (que fueron determinadas por la ecuación de Arrhenius) para cada uno de los catalizadores empleados, se observa que el catalizador más activo $[DIFEA][Ru_4(CO)_{12}(\mu\text{-}H)_3]/SiO_2$ (**4**) presenta la menor energía de activación. Lo que significa que el uso de este catalizador para el proceso de HDS de DBT, requiere de menor energía para que se lleve a cabo la reacción con respecto a los otros catalizadores utilizados **1**-**3**. Sin embargo, si comparamos el catalizador **4** con uno de los catalizadores industriales conocidos como el $NiMo/Al_2O_3$ se puede decir que es menos activo para el proceso de HDS de DBT, ya que el catalizador industrial muestra conversiones de DBT en las reacciones de HDS, de más de 80% y una velocidad de reacción de hasta $380x10^{-9}$(mol/S*g_{cat}) utilizando una presión de H_2 = 30 atm y temperatura de 300-330 °C. [23]

Tabla 3. Energías de activación de los catalizadores empleados.

Catalizadores	Ea (Kcal/mol)
$[Ru_3(CO)_{12}]/SiO_2$ (**1**)	3.20
$[Ru_4(CO)_{12}(\mu\text{-}H)_4]/SiO_2$(**2**)	5.44
$[PPN][Ru_3(CO)_{11}(\mu\text{-}H)]/SiO_2$ (**3**)	3.61
$[DIFEA][Ru_4(CO)_{12}(\mu\text{-}H)_3]/SiO_2$ (**4**)	2.75

De las pruebas realizadas para la evaluación catalítica en fase heterogénea de los catalizadores, **1-4** presenta una mayor conversión de DBT comparada con los otros 3 catalizadores **1-3**. No se observan diferencias significativas en el proceso de HDS de DBT cuando se cambia la nuclearidad del compuesto soportado en SiO_2, sin embargo, si se puede decir que uno de los compuestos que contiene mayor número de ligantes hidruro y que además es aniónico como es el caso de **4** presenta mejor conversión. Los catalizadores **1**, **2** y **4** proceden por la vía de hidrogenación, observándose ciclohexilbenceno (CHB) y diciclohexilo (DCH) como productos principales; mientras que **3** prefiere la vía de desulfuración directa obteniendo como producto principal el bifenilo, aunque **3** es el que presenta menor actividad catalítica para el proceso de HDS de DBT, consume menos hidrógeno que los otros catalizadores **1**, **2** y **4** que consumen valioso hidrógeno.

Trabajo a futuro

Como es sabido, para que un catalizador sea activo, se requiere de un proceso de activación, frecuentemente por sulfuración. Sin embargo, en este estudio se evaluaron los catalizadores sin usar ningún método de activación. En este sentido, se pretende activar los catalizadores y evaluarlos nuevamente para saber si existe un efecto de mejora en su comportamiento en el proceso de HDS de DBT.

Conclusiones

Con los resultados obtenidos se puede concluir que los cúmulos carbonílicos de rutenio presentan actividad catalítica para el proceso de hidrodesulfuración de dibenzotiofeno bajo las condiciones de reacción usadas. Que los factores estructurales y electrónicos de su estructura química, juegan un papel importante sobre su desempeño como catalizadores.

Referencias

[1] J. L. García, G. C. Laredo, P. García and F. Jiménez, “Oxidative desulfurization of diesel using promising heterogeneous tungsten catalysts and hydrogen peroxide,” *Fuel*, vol. 138, pp. 118–125, Dec. 2014.

[2] L. Kang, H. Liu, H. He and C. Yang, “Oxidative desulfurization of dibenzothiophene using molybdenum catalyst supported on Ti-pillared montmorillonite and separation of sulfones by filtration,” *Fuel,* vol. 234, pp. 1229–1237, Dec. 2018.

[3] R. Silva, F. Hernández, K. Martinez, A. Castillo, J. A. Melo and A. Olivas, “Synthesis, characterization and catalytic properties of NiMo/Al2O3-MCM-41 catalyst for dibenzothiophene hydrodesulfurization,” *Catal Today*, vol. 130, no. 2-4, pp. 309–319, Jan. 2008.

[4] Diario Oficial de la Federación (DOF). NOM-086-SEMARNAT-SENER-SCFI-2005; Diario Oficial de la Federación: Mexico City, Mexico, 2006

[5] V Babich, J. A. Moulijn, “Science and technology of novel processes for deep desulfurization of oil refinery streams: a review,” *Fuel*, vol. 82, no.6, pp. 607-631, Apr. 2003.

[6] Y. Huang, Z. Zhou, Y. Qi, X. Li, Z. Cheng and W. Yuan, “Hierarchically macro-/mesoporous structured Co-Mo-Ni/γ-Al2O3 catalyst for the hydrodesulfurization of thiophene,” *Chem. Eng. J.,* vol. 172, no.1, pp. 444-451, Aug. 2011.

[7] A. E. Cruz, A. Guevara, J. P. Morales, A. Alvarez, J. A. de los Reyes, L. Massin, C. Geantet and M. Vrinat, “Ni and W interactions in the oxide and sulfide states on an Al2O3–TiO2 support and their effects on dibenzothiophene hydrodesulfurization,” *Catalysis Today*, Vol. 172, no.1, pp. 203-208, Aug. 2011.

[8] Y. Araki, K. Honna and H. Shimada, “Formation and Catalytic Properties of Edge-Bonded Molybdenum Sulfide Catalysts on TiO2,” *J. Catal*., vol. 207, no.2, pp. 361-370, Apr. 202.

[9] A. López, G. Berhault, L. Burel and A. Guevara, “Novel NiW hydrodesulfurization catalysts supported on Sol-Gel Mn-Al2O3,” *J. Catal.,* vol. 354, pp. 197-212, Oct. 2017.

[10] Y. Yi, X. Jin, L. Wang, L. Wang, Q. Zhang, G. Xiong and C. Liang, “Preparation of unsupported Ni−Mo−S catalysts for hydrodesulfurization of dibenzothiophene by thermal decomposition of tetramethylammonium thiomolybdates,” *Catal. Today*, vol. 175, no.1, pp 460-466, Oct. 2011.

[11] B. Liu, L. Liu, Y. Chai, J. Zhao and C. Liu, “Essential role of promoter Co on the MoS2 catalyst in selective hydrodesulfurization of FCC gasoline,” *Journal of fuel Chemistry and Technology, vol.* 46, no. 4, pp. 441–450, Apr. 2018.

[12] C. Sepulveda, V. Bellière, D. Laurenti, N. Escalona, R. García, C. Geantet and M. Vrinat "Supported rhenium sulfide catalysts in thiophene and 4,6-dimethyldibenzothiophene hydrodesulfurization: Effect of acidity of the support over activities" *Appl. Catal*., vol. 393, no. 1-2, pp. 288-293, Feb. 2011.

[13] L. Kaluza, M. Zdrazil and Collect Czechoslov, "The Effect of γ-Al2O3, TiO2 and ZrO2 Supports on Hydrodesulfurization Activity of Transition-Metal Sulfides," *Chem Commun,* vol. 73, no. 8, pp. 945-955, 2008.

[14] N. Escalona, J. Ojeda, J.M. Palacios, M. Yates, J. L. G. Fierro, A. López and F. J. Gil, "Promotion of Re/Al2O3 and Re/C catalysts by Ni sulfide in the HDS and HDN of gas oil: effects of Ni loading and support," *Appl. Catal. A: Gen*, vol.319, pp. 218-229, Mar. 2007.

[15] Teh C. Ho, *Catal. Lett.*, (2016), volumen y número de página no asignados

[16] J. Ojeda, N. Escalona, J. M. Palacios, M. Yates, J. L. G. Fierro, A. López and F. J. Gil, "Promoter effect of Co on the catalytic activity of Re/γ-Al2O3 catalysts for the HDS and HDN of gas oil," *Appl. Catal. A: Gen*, vol. 350, no. 1, Nov. 2008.

[17] M. Baghalha, M. Mohammadi and A. Ghorbanpour, "Coke deposition mechanism on the pores of a commercial Pt–Re/γ-Al 2O 3 naphtha reforming catalyst," *Fuel Process. Tech., vol.* 91, no. 7, pp. 714-722, July 2010.

[18] Z. Vít, L. Kaluza and D. Gulková, "Nitrogen tolerant hydrodesulfurization catalysts based on Rh and Ru promoted Mo/Al2O3," *Top Catal*., vol. 54, pp.1325–1330, Sep. 2011.

[19] P. Pinto, M. J. Calhorda, T. Straub, V. Miikkulainen, J. Räty, M. Suvanto and T. A. Pakkanen, ‘‘Mono- and heterometallic carbonyl precursor based RuMo/Al2O3 catalysts: hydrodesulfurization activity and temperature programmed studies," *J. M. Catal. A: Chem*., vol. 170, pp. 209-218, 2001.

[20] K. Baranowska, J. Okal and N. Miniajluk, "Effect of Rhenium on Ruthenium Dispersion in the Ru–Re/γ-Al2O3 Catalysts," *Catal Lett*., vol.144. pp. 447-459, Dec. 2013.

[21] C. Liu, Z. Zhou, Y. Huang, Z. Cheng and W. Yuan, "Support Effects on Thiophene Hydrodesulfurization over Co-Mo-Ni/Al2O3 and Co-Mo-Ni/TiO2-Al2O3 Catalysts," *Chin. J. Chem. Eng.*, vol. 22, no.4, pp. 383-391, Apr. 2014.

[22] T. A. Saleh, K.O. Sulaiman and S. A. AL, "Effect of carbon on the hydrodesulfurization activity of MoCo catalysts supported on zeolite/active carbon hybrid supports," *App. Catal. B: Envi.*, vol. 263, pp. 117661, Apr. 2020.

[23] R. R. Chianelli, G. Berhault and B. Torres, "Unsupported transition metal sulfide catalysts: 100 years of science and application," *Catal. Today*, vol. 147, no. 3-4 pp. 275-286, Oct. 2009.

[24] C. Sepulveda, V. Bellière, D. Laurenti, N. Escalona, R. García, C. Geantet and M. Vrinat "Supported rhenium sulfide catalysts in thiophene and 4,6-dimethyldibenzothiophene hydrodesulfurization: Effect of acidity of the support over activities" *Appl. Catal*., vol. 393, no. 1-2, pp. 288-293, Feb. 2011.

[25] (a) Q. Guan, W. Li, M. Zhang and K. Tao, "Alternative synthesis of bulk and supported nickel phosphide from the thermal decomposition of hypophosphites," *J. Catal.,* vol. 263, no. 1, pp. 1-3, Apr. 2009. (b) Q. Guan and W. Li, "A novel synthetic approach to synthesizing bulk and supported metal phosphides," *J. Catal.,* vol. 271, pp. 413- 415, May. 2010.

[26] L. T. Byrne, N.S. Hondow, G. A. Koutsantonis, B. W. Skelton, A. A.Torabi, A. H.White and B. Wild, "Carbonyl substitution chemistry of some trimetallic transition metal cluster complexes with polyfunctional ligands," *J. Org. Chem.*, vol. 693, no.10, pp.1738-1750, May. 2008.

[27] P. Buchwalter, J. Rosé and P. Braunstein, ‘‘Multimetallic Catalysis Based on Heterometallic Complexes and Clusters," *Chem. Rev.,* vol. 115, no.1, pp. 28–126, 2015.

[28] W. Moritz, R. Imbihl, R. J. Behm, G. Ertl and T. J. Matsushima, ‘‘Adsorption geometry of hydrogen on Fe (110)," *Chem. Phy.,* vol. 83, pp. 1959-1968, May. 1985.

[29] T. Kabe, Y. Aoyama, D. Wang, A. Ishihara, W. Qian, M. Hosoya and Q. Zhang, "Effects of H2S on hydrodesulfurization of dibenzothiophene and 4,6-dimethyldibenzothiophene on alumina-supported NiMo and NiW catalysts," *Appl. Catal. A, Gen.,* vol. 209, pp. 237-247, Feb. 2001.

[30] B. A. Ordoñez, "Síntesis y estudios de reactividad de cúmulos de rutenio y osmio que contienen aminas y fosfinas quirales con posible aplicación en catálisis asimétrica," Tesis doctoral, pp. 184, UAEH, Pachuca, Hgo., 2010.

Tres métodos de extracción de almidón de garbanzo y el efecto sobre algunas propiedades

H. A. Jiménez Avalos[1], E. Flores Huicochea[2], N. D. Hernández Castellanos[1], M. A. Pérez Vargas[1]*
1 Tecnológico Nacional de México. Instituto Tecnológico Superior de Álamo Temapache. Centro de Investigación en Alimentos y Ambiental. (CIAA-ITSAT). Carr. Potrero del Llano-Tuxpan, Km 6.5. Xoyotitla, Alamo Temapache. Veracruz, México.
2 Instituto Politécnico Nacional. Centro de Desarrollo de Productos Bióticos. Depto. de Desarrollo Tecnológico. Carr. Yautepec-Jojutla, Km. 6. Calle CEPROBI No. 8, Col. San Isidro, Yautepec, Morelos, México. C.P. 62731
hector.aj@alamo.tecnm.mx

***Área de participación**: Ingeniería Química*

Resumen

Se realizó la extracción de almidón de garbanzo (*Cicer arietinum*) por 3 técnicas diferentes: (T1) método de Ganga y Corke, (T2) método modificado de Ganga y Corke y (T3) método de Wang y Wang y se evaluó su efecto sobre las propiedades funcionales de (CRA), (% Sol), (FH) y Claridad de la suspensión; también se evaluaron las propiedades térmicas a través de un análisis DSC. Para verificar el posible daño a los gránulos de almidón, se realizó una microscopía electrónica de barrido (MEB). Los resultados obtenidos en las propiedades funcionales y térmicas de los almidones de garbanzo extraídos por los tres métodos diferentes sugieren que tienen una alta capacidad para formar películas comestibles, donde es relevante la propiedad de CRA; además de hacerlos atractivos en la aplicación de alimentos para modificar la textura, apariencia y consistencia; aunque se recomienda el tratamiento 1 para la extracción de los almidones.

***Palabras clave**: Almidón; Garbanzo (Cicer arietinum); Propiedades Funcionales; Propiedades Térmicas.*

Abstract

Chickpea starch (Cicer arietinum) extraction was performed by 3 different techniques: (T1) Ganga and Corke method, (T2) modified Ganga and Corke method and (T3) Wang and Wang method and its effect on the functional properties of (CRA), (% Sol), (FH) and Clarity of the suspension; Thermal properties were also evaluated through DSC analysis. To verify the possible damage to the starch granules, a scanning electron microscopy (SEM) was performed. The results obtained in the functional and thermal properties of chickpea starches extracted by the three different methods suggest that they have a high capacity to form edible films, where the property of CRA is relevant; in addition to making them attractive in the application of food to modify the texture, appearance and consistency; although treatment 1 is recommended for the extraction of starches.

***Key words**: starch; chickpea (Cicer arietinum); functional properties; thermal properties*

Introducción

Las leguminosas son plantas angiospermas con flores y semillas encerradas en un fruto cuya característica distintiva es tener legumbres como fruto; es decir, vainas, las cuales se abren longitudinalmente en dos valvas, a lo largo de dos suturas, se les agrupa como miembros de la familia Leguminosae, término en latín que se traduce como leguminosas. Crecen en zonas templadas, tropicales y áridas, en sabanas y algunas pocas especies incluso son acuáticas. Sin embargo, son más numerosas en las zonas tropicales y subtropicales. Esta familia incluye tipos diversos como hierbas, arbustos, bejucos y árboles y se caracterizan todas estas por tener un alto contenido de almidón [1]. Los estados más ricos en especies de esta familia, en nuestro país, son Oaxaca y Chiapas [1,2]

El garbanzo (*Cicer arietinum*) es una leguminosa de importancia en el noreste de México; Sinaloa, Sonora y Baja California Sur son los principales productores. Su producción fue de 352 miles de toneladas en México en el año 2018, ocupando el noveno lugar a nivel mundial [3].
Son una excelente fuente de carbohidratos, proteínas, fibra dietética, y representa un suministro importante de algunas vitaminas (niacina, tiamina), minerales (Ca, P, Fe, K, Mg) y ácidos grasos insaturados (oleico, linoleico). [4, 5,]. También es rico en oligosacáridos de la familia de la rafinosa (RFO), almidones resistentes y fibras; debido a esta característica, recientemente se han realizado estudios con Harina de garbanzo como prebiótico, antioxidante y espesante [6].
El almidón, componente que aparece en gran cantidad en las leguminosas, ha sido parte fundamental de la dieta del hombre desde la prehistoria, además de que se le ha dado un gran número de usos industriales. Por su parte, el almidón de garbanzo se considera comercialmente importante para muchos alimentos procesados. Se utiliza debido a sus propiedades de gelificación y gelatinización. [7]. En este proyecto se determinó el efecto que tiene el método de extracción del almidón sobre las propiedades funcionales y térmicas, así como también sobre la estructura de los gránulos de almidón de garbanzo.

Metodología

Materiales

El garbanzo se adquirió en un mercado local de la Cd. de Álamo, Ver.

Extracción de los almidones de garbanzo

El almidón se extrajo por 3 técnicas diferentes las cuales se describen a continuación:

Técnica 1: [8]. En primer término, el garbanzo (500 g) se remojó con 2 volúmenes de agua destilada por 8 horas para eliminar la cascarilla, agregando bisulfito de sodio al 1 %. Se molió en un molino de granos para obtener una pasta la cual se mezcló con 2 volúmenes de agua destilada y licuó en un procesador de alimentos por 1 min a la máxima velocidad. La suspensión obtenida se transfirió a un vaso de precipitados y se mantuvo en reposo por 20 min. Después, la suspensión se decantó y el sobrenadante (pulpa), se licuó nuevamente con agua destilada y dejado en reposo 40 min. (“residuo”). El sedimento con el almidón se licuó por 1 min a la máxima velocidad y dejado en reposo por 30 min. Posteriormente se filtró con un tamiz de 250 µm de apertura de malla. Los sólidos remanentes en el tamiz (pulpa) se eliminaron, mientras que el filtrado (almidón), se lavó hasta que el agua de lavado fue translúcida, lo cual indica que el almidón está limpio. Por otro lado, el residuo se decantó y el sedimento remanente (almidón) tamizado y lavado nuevamente con agua destilada, hasta que el agua de lavado fue translúcida. Posteriormente se mezclaron las fracciones conteniendo el almidón y el producto se secó en una estufa a 40ºC por 24 h y tamizado a 250 µm. La muestra se almacenó en contenedores de plástico con tapa hermética a temperatura ambiente para su posterior análisis.

Técnica 2: Modificada de Ganga y Corke [8]. A diferencia de la Técnica 1, la pasta obtenida del molino de granos se secó a 40 °C por 12 horas para obtener una harina, la cual, posteriormente se hidrató con 2 volúmenes de agua destilada y se siguió el mismo procedimiento de extracción que en la técnica 1.

Técnica 3: [9]. La pasta obtenida del molino de granos según lo indica la técnica 1, se secó a 40 °C por 12 horas para obtener una harina; 200 g de harina de garbanzo se remojaron en 4 partes de NaOH al 0.1% y se dejó reposar por 40 min., y homogeneizados por 1 min a la máxima velocidad. Después se decantó el sobrenadante y homogenizó por 1 min. A máxima velocidad en un homogeneizador, se dejó reposar por 60 min y se agregaron 2 volúmenes de agua destilada, homogeneizando el residuo sólido por 1 min. a la máxima velocidad y dejó reposar por 50 min; se agregaron 2 volúmenes de agua destilada. Posteriormente se decantó el residuo solido obtenido del sobrenadante. Fue filtrado atreves de un tamiz de 250 µm de apertura de malla. Los sólidos remanentes en el tamiz fueron homogeneizados nuevamente una vez más por 1 min. a la máxima velocidad, en conjunto con el sobrenadante; dejados en reposo por 12 hrs/ 4°C. Trascurrido el tiempo de reposo se decantó y el sólido remante se tamizo, los sólidos remanentes fueron eliminados,

mientras que el filtrado (almidón), fue lavado hasta que el agua de lavado fuera traslucida. El almidón se neutralizó con HCl a 1.0 M hasta alcanzar un pH final de 6.5. y se lavó con agua destilada tres veces y el producto fue secado en una estufa (Genlab Termal Control) a 40 °C por 24 h y tamizado a 250 µm. La muestra fue almacenada en frascos de vidrio a temperatura ambiente para su posterior análisis.

Composición química de los almidones

Al almidón se determinó humedad (AOAC, 14.003); cenizas (AOAC, 14.006); extracto etéreo por el método de soxhlet (AOAC, 7.062); proteína cruda por el método microkjeldahl (AOAC, 42.014) y determinación de contenido de almidón por el método enzimático Starch Assay kit de Sigma-Aldrcih [10].

Propiedades Funcionales de los Almidones

Las propiedades funcionales evaluadas en el almidón de frijol bayo fueron: Capacidad de Retención de Agua (CRA); Porcentaje de Solubilidad (% Sol); Factor de Hinchamiento (FH); Claridad de la Suspensión y Retrogradación.

Capacidad de retención de agua – Se adicionaron a un tubo de centrifuga 20 mL una suspensión de almidón al 1% (p/p), se agitaron y colocaron en un baño de agua a 50 y 80ºC durante 15 min. Con agitación a 5 y 10 mín. Posteriormente, los tubos fueron centrifugados a 2,300 rpm/15 min. El sobrenadante fue decantado y los tubos dejados en reposo. Después de 10 min los tubos fueron drenados. Posteriormente fueron pesados y la ganancia en peso fue utilizada para calcular la capacidad de retención de agua según la siguiente fórmula [11, 12, 13]

CRA = Peso del gel (g) – Peso de la muestra (g) / Peso de la muestra (g) (1)

Porcentaje solubilidad (% SOL) y Factor de Hinchamiento (FH) – Se preparó una suspensión de almidón al 1% (p/p) en tubos de centrífuga con tapa, se agitaron perfectamente y fueron mantenidos en baño de agua a 50 y 90 ºC durante 30 min. Con agitación cada 5 min. Posteriormente la suspensión fue centrifugada a 5,100 rpm/15 min. El sobrenadante fue decantado y el volumen medido [14]. Los cálculos de ambos parámetros se muestran en las siguientes ecuaciones:

% SOL = [Peso de sólidos solubles (g) / Peso de la muestra (g)] X 100 (2)

FH = Peso del gel (g) / Peso de la muestra (g) – peso de sólidos solubles (g) (3)

Claridad de la suspensión – Se prepararon suspensiones al 1 % (p/p) en tubos con tapón de rosca, los tubos fueron colocados en baño a ebullición durante 30 min. Agitando perfectamente cada 5 min. Posteriormente los tubos se enfriaron a temperatura ambiente y finalmente la absorbancia fue leída a 650 nm empleando como blanco agua destilada [14].

Propiedades Térmicas

Para determinar las propiedades térmicas de los almidones se pesaron entre 8 a 10 mg de muestra, se ajustó el contenido de humedad al 40%, el intervalo de medición en la temperatura fue de 20 a 180 °C, con una velocidad de calentamiento del 10 °C/min.

Microscopía Electrónica De Barrido (MEB)

La MEB se mandó a realizar al departamento de instrumentación del CINVESTAV-IPN Zacatenco..

Análisis Estadístico

Se verificó el nivel de significancia estadística, las medias y la desviación estándar de los tratamientos y sus réplicas. Así mismo, se analizaron los resultados mediante un Análisis de Varianza (ANOVA) y pruebas post hoc (Duncan y Tukey) mediante el uso del programa estadístico SPSS Statistics V. 17.0.

 ISSN 2007-8102

Resultados y discusión

Extracción y composición química del almidón

El rendimiento en la extracción del almidón de garbanzo fue de 29.74, 31.22 y 30.34 % para la Técnica de extracción 1, 2 y 3 respectivamente. En general, el rendimiento obtenido fue similar al encontrado por Ovando-Martínez *et. al.* [15] en 2011 para otras fuentes de leguminosas, los cuales obtuvieron rendimientos de entre 29.27 y 30.5 %. Y fue menor comparándolo con el rendimiento de extracción de almidón de maíz amarillo dentado obtenido por molienda húmeda a nivel laboratorio (67.58 %), y el cual es una de las fuentes comerciales de almidón más importantes [16]. En la Tabla 1 se muestra la composición química (%) del almidón de garbanzo (*Cicer arietinum*) extraído por las 3 técnicas diferentes; donde se puede observar que no existe diferencia significativa entre los diferentes parámetros analizados para las técnicas de extracción 1, 2 y 3. Los almidones provenientes de cereales tienen un mayor contenido de lípidos y cenizas, los cuales le dan ciertas propiedades. La presencia de los lípidos afecta las propiedades funcionales del almidón (capacidad de humectación, solubilidad y claridad) al evitar su unión con las moléculas de agua y causar rancidez durante el almacenamiento [17, 18].

Tabla 1. Composición química porcentual de almidón de garbanzo (*Cicer arietinum*) extraído por tres métodos diferentes

Determinación (%)	Técnica 1	Técnica 2	Técnica 3
Humedad	12.10 ± 0.21[a]	12.78 ± 0.54[a]	11.47 ± 0.34[a]
Proteínas	1.67 ± 0.14[a]	1.75 ± 0.14[a]	1.95 ± 0.23[a]
Carbohidratos	83.63 ± 3.25 [a]	82.65 ± 2.99 [a]	81.96 ± 1.27 [a]
Lípidos	1.34 ± 0.14 [a]	1.45 ± 0.21 [a]	1.22 ± 0.32 [a]
Cenizas	1.26 ± 0.37 [a]	1.37 ± 0.65 [a]	1.84 ± 0.38 [a]

*Valores corresponden a media de tres repeticiones ± desviación estándar.
*Valores con diferente letra en una fila son estadísticamente diferentes (ANOVA).

Propiedades funcionales de los almidones

Capacidad de retención de agua (CRA) – En la Tabla 2 se muestran los valores de la capacidad de retención de agua (CRA) en muestras de almidón de garbanzo; el almidón obtenido por la T1 presentó un valor de 2.85 g H_2O/g muestra a 50 °C; al aumentar la temperatura (80°C) la CRA aumentó a 6.66 g H_2O/g muestra; mientras que para el almidón obtenido por la T2, a 50 °C muestra una CRA de 2.36 g H_2O/g muestra y a 80 °C presentó un valor de 6.84 g H_2O/g muestra. Para el almidón obtenido por la T3, a 50 °C muestra una CRA de 2.92 g H_2O/g muestra y a 80 °C presentó un valor de 7.03 g H_2O/g muestra. No se observaron diferencias significativas en los valores de CRA para los almidones obtenidos por las 3 técnicas. Se han reportado valores de CRA para almidones de tubérculos hasta de 42 g H_2O/g muestra a 80 °C [19], mientras que para algunas leguminosas de otras especies y para garbanzo se muestran valores de hasta 5.05 g H_2O/g muestra a la misma temperatura [20, 21]. A pesar de la baja CRA que presentan los almidones de garbanzo comparados con almidones de otras fuentes, está reportado que tienen una alta capacidad para formar películas comestibles, donde es relevante la propiedad de CRA [19].

Tabla 2. Capacidad de retención de agua (CRA - H_2O/g muestra) del almidón de garbanzo a 50 y 80 °C.

Temperatura	Técnica 1	Técnica 2	Técnica 3
50 °C	2.85 ± 0.26[a]	2.36 ± 0.26[a]	2.92 ± 0.13[a]
80 °C	6.66 ± 0.12[a]	6.84 ± 0.03[a]	7.03 ± 0.08[a]

*Valores corresponden a media de tres repeticiones ± desviación estándar.
*Valores con diferente letra en una fila son estadísticamente diferentes (ANOVA).

 ISSN 2007-8102

Porcentaje de solubilidad (% SOL) – Los valores de porcentaje de solubilidad (% SOL) se presentan en la Tabla 3; donde se observa que conforme aumenta la temperatura (50 – 90 °C) también lo hacen los valores de % Sol, en los almidones obtenidos por los 3 tratamientos. Aunque los valores del almidón T3 fueron mayores que los del almidón T1 y T2 existiendo una diferencia significativa a 90 °C, 8.63, 9.03 y 11.82 % para T1, T2 y T3 respectivamente. Este comportamiento sugiere que al alcanzar la máxima solubilidad durante la gelatinización, la amilosa y la amilopectina del almidón comienzan a interactuar entre sí, llegando a formar complejos insolubles, los cuales precipitan y por tanto la solubilidad comienza a disminuir. Por lo tanto a temperaturas más altas, se sugiere que los gránulos hinchados son ricos en amilopectina, mientras que gran parte de la amilosa es lixiviada hacia afuera de los gránulos [22]. Esta propiedad incide en el aumento de solubilidad de las moléculas en el agua y en la estabilidad de la viscosidad [23].

Tabla 3. Porcentaje de Solubilidad (% SOL) del almidón de garbanzo a 50 y 90 °C.

Temperatura	Técnica 1	Técnica 2	Técnica 3
50 °C	4.54 ± 0.22^{a}	4.68 ± 0.12^{a}	5.16 ± 0.05^{a}
90 °C	8.63 ± 0.04^{a}	9.03 ± 0.09^{a}	11.82 ± 0.25^{b}

*Valores corresponden a media de tres repeticiones ± desviación estándar.
*Valores con diferente letra en una fila son estadísticamente diferentes (ANOVA).

Factor de Hinchamiento (FH) – El factor o poder de hinchamiento en los almidones es una parte fundamental debido a que ciertas aplicaciones en la industria requieren que se absorba una gran cantidad de agua para otorgar propiedades definidas a los productos deseados. La Tabla 4 presenta los resultados del factor de hinchamiento (FH) en almidones de garbanzo extraídos por las técnicas T1, T2 y T3, donde se observa que conforme aumenta la temperatura (50 – 90 °C) también lo hacen los valores de FH en los 3 tipos de almidones. Aunque los valores del almidón T3 fueron mayores que los del almidón T1 y T2 existiendo una diferencia significativa a 90 °C (5.05, 6.01 y 8.32 g gel / g de sólidos insolubles para T1, T2 y T3 respectivamente), lo que sugiere un ligero daño en los gránulos de almidón obtenidos por el tratamiento T3. Se ha reportado que el FH de los almidones se ve influenciado por la estructura e interacción de las moléculas de la amilopectina y amilosa [24, 25, 26] y por el contenido de lípidos y de fosforo [27]. La capacidad de retención de agua (CRA), el factor de hinchamiento (FH) y la solubilidad (%SOL) se correlacionan de manera directa con el incremento de la temperatura, comportamiento que se pudo observar en el almidón de garbanzo estudiado en este trabajo y que según diversos autores caracteriza a los almidones de leguminosas [15, 20, 21].

Tabla 4. Factor de Hinchamiento (FH) (g gel /g sólidos solubles) del almidón de garbanzo a 50 y 90 °C.

Temperatura	Técnica 1	Técnica 2	Técnica 3
50 °C	1.90 ± 0.07^{a}	1.97 ± 0.11^{a}	2.48 ± 0.21^{a}
90 °C	5.05 ± 0.14^{a}	6.01 ± 0.13^{a}	8.32 ± 0.41^{b}

*Valores corresponden a media de tres repeticiones ± desviación estándar.
*Valores con diferente letra en una fila son estadísticamente diferentes (ANOVA).

Claridad de la Suspensión - La claridad del almidón de garbanzo para los tres tratamientos no muestra diferencias significativas (Tabla 5), para algunos productos resulta de vital importancia dicha característica, por ejemplo, la opacidad resulta deseable cuando se requiere destacar el color brillante de algunos productos; mientras tanto la transparencia es deseable para jaleas. Ruales y Nair [28], en el 2000, mencionan que esta propiedad se mide por la capacidad que tengan las pastas o geles de almidón para transmitir la luz cuando son sometidos al paso de un haz radiante.

 ISSN 2007-8102

Tabla 5. Claridad de la Suspensión del almidón de garbanzo

	Técnica 1	Técnica 2	Técnica 3
Absorbancia	1.03 ± 0.02^{a}	0.98 ± 0.01^{a}	1.85 ± 0.15^{b}

*Valores corresponden a media de tres repeticiones ± desviación estándar.
*Valores con diferente letra en una fila son estadísticamente diferentes (ANOVA).

Propiedades Térmicas

De los termogramas obtenidos a las condiciones mencionadas en la metodología, se obtuvieron los parámetros Temperatura on set de fusión (T_{om}), Temperatura de fusión (T_m) y entalpía de fusión (ΔH_m) (Tabla 6). El análisis estadístico indicó una diferencia significativa en valores de los 3 parámetros analizados (T_{om}, T_m, y ΔH_m) observándose valores menores de T_{om} y T_m en el almidón T1 con respecto a los almidones T2 y T3. Lo anterior sugiere un posible daño en la estructura del almidón obtenido por T2 y T3, lo que provoca un alto contenido de cadenas cortas de amilopectina, ya que la temperatura de inicio de gelatinización en este almidón fue menor [29, 15]. Ovando-Martínez y col. (2011) en un estudio de DSC realizado a otras especies de leguminosas encontraron valores para T_{om} de 62.67 a 69.14 °C, valores similares a los encontrados en este trabajo para los almidones de garbanzo T2 y T3; mientras que para T_m encontraron valores que van de 70.14 a 75.42 °C [15].

Tabla 6. Parámetros térmicos del almidón de garbanzo

	Técnica 1	Técnica 2	Técnica 3
T_m (°C)	64.67 ± 0.27^{a}	73.37 ± 2.51^{b}	73.70 ± 2.21^{b}
T_{om} (°C)	48.44 ± 2.11^{a}	68.28 ± 1.73^{b}	67.76 ± 3.27^{b}
ΔH_m (Cal/g)	5.18 ± 0.05^{a}	1.69 ± 0.12^{b}	2.72 ± 0.17^{c}

*Valores corresponden a media de tres repeticiones ± desviación estándar.
*Valores con diferente letra en una fila son estadísticamente diferentes (ANOVA).

Microscopía Electrónica de Barrido (MEB)

Las micrografías obtenidas en la (MEB) indican que los gránulos del almidón de garbanzo muestran una forma ovalada, con tamaños de 10 a 70 µm para los 3 tratamientos (T1, T2 y T3) estudiados, aunque en el almidón T3 se observó la presencia de gránulos rotos y truncados (Figura 1) debido posiblemente al NaOH utilizado en la extracción o a una velocidad muy fuerte en la homogenización; aunque actualmente, la presencia de gránulos rotos y truncados no es considerado en el estándar de calidad de los almidones [30, 18].

Conclusiones

El rendimiento en cuanto al contenido de almidón fue similar a lo encontrado por otros trabajos presentando un alto grado de pureza y presentaron alta CRA y buena estabilidad, lo que los hace buenos candidatos para su uso en alimentos. Sin embargo, los parámetros térmicos y las micrografías sugieren que el NaOH utilizado en la extracción del almidón por el tratamiento 3 provocó un daño tanto en los gránulos como en la estructural en el mismo.

Los resultados obtenidos en las propiedades funcionales y térmicas de los almidones de garbanzo extraídos por los tres métodos diferentes sugieren que tienen una alta capacidad para formar películas comestibles, donde es relevante la propiedad de CRA; además de hacerlos atractivos en la aplicación de alimentos para modificar la textura, apariencia y consistencia; aunque se recomienda el tratamiento 1 para la extracción de los almidones.

 ISSN 2007-8102

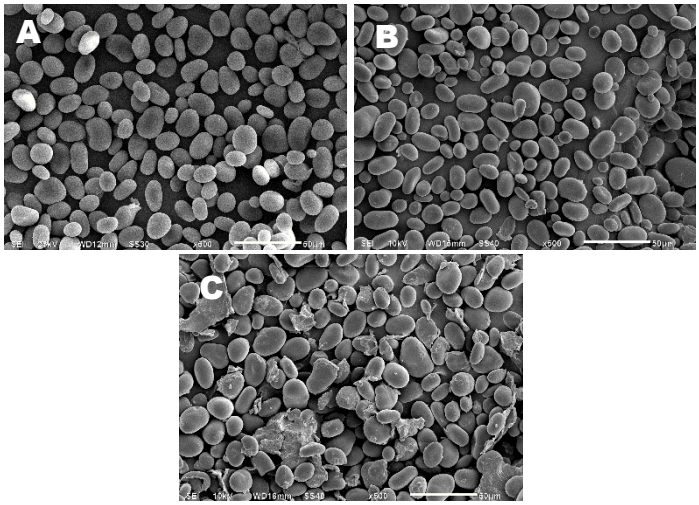


Figura 1. Micrografías de gránulos de almidón de garbanzo extraído por la: A. Técnica 1; B. Técnica 2; C. Técnica 3

Referencias

[1] E. Fraile, D. García-Suárez, A. Martínez-Bernal, R. Slomianski, "Nutritivas y apetecibles: conozca de leguminosas comestibles". Parte I. Hojas, vainas y semillas; *Revista Contactos, Revista de educación en ciencia e ingeniería*. No 66: pp. 27-35. 2007.

[2] D. E. Breedlove. Fabaceae. En: Listados florísticos de México IV. Flora de Chiapas: pp. 90-112. Ed. Instituto de Biología, UNAM, México. 1986.

[3] FAOSTST, 2020

[4] J. Chavan, S. Kadam, D. Salunkhe, L. R. Beuchat, "Biochemistry and technology of chickpea (*Cicer arietinum* L.) seeds. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition. Vo. 25. No. 2. pp.* 107–158. 1987

[5] A. K. Jukanti, P. M. Gaur, C. L. L. Gowda, R. N. Chibbar. "Nutritional quality and healt benefits of chickpea (*Cicer arietinum* L.): a review. *British Journal of Nutrition*. Vol. 108. pp. s11-s26. 2012.

[6] H. Hussein, S. Awad I. El-Sayed, A. Ibrahim. Impact of chickpea as prebiotic, antioxidant and thickener agent of stirred bio-yoghurt. *Annals of Agricultural Science.* Vol. 65. No. 1. pp. 49-58. 2020

[7] S. Shahzad, S. Hussain, A. Mohamed, M. Alamri, M. Ibraheem, A. Abdo Qasem. Effect of hydrocolloid gums on the pasting, thermal ,rheological and textural properties of chickpea starch. *Foods* Vol. 8. pp. 687-706. 2019

[8] Z. N. Ganga, y H. Corke. Physical properties of starch of Asian-adapted potato varieties. *Journal of the Science of Food and Agriculture.* Vol. 79. No. 12. pp. 1642-1646.1999

[9] L. Wang, and Y. Wang, Structures and physicochemical properties of acid-Thinned corn, potato and rice starches. *Starch-Starke*, Vol. 53. No. 11. pp. 570-576. 2001

[10] AOAC. Official methods nof analysis. 14th. Ed. Association of official analytical chemists. Washington, D.C. U.S.A 1984.

[11] C. M. Bryant y B. R. Hamaker. Effect of lime on gelatinization of corn flour and starch. *Cereal Chemistry*. Vol. 74. No. 2. pp. 171-175. 1997.

[12] L. Niba, M. M. Bokanga, F. L. Jackson, D. S. Schlimme, y B. W. Li, Physicochemical properties y starch granular characteristics of flour from various Manihot esculenta (Cassava) genotypes. *Journal of Food Science*. Vol. 67. No. 5. pp. 1701- 1705. 2001

[13] A. Guízar-Miranda, J.L. Montañez-Soto, y I. García-Ruíz. Parcial caracterización de nuevos almidones obtenidos del tubérculo de camote del cerro (*Dioscorea* spp). *Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha*,Vol. 9 No. 1. pp. 81–88. 2008.

[14] G. B. Crosbie. The relationship between starch swelling properties, paste viscosity and boiled noodlequality in wheat flours. *Journal of cereal Science*. Vol. 13. pp. 145-150. 1991.
[15] M. Ovando-Martínez, L.A. Bello-Pérez, K. Witney, P. Osorio-Díaz and S. Simsek. Starch characteristics of bean (*Phaseolus vulgaris* L.) grown in different localities. *Carbohydrate Polymers*. Vol. 85. pp. 54-64. 2011
[16] Z. E. Aguilar y S. R. Eckhoff. Proceso de molienda húmeda a nivel laboratorio de 100 g de maíz amarillo dentado. *Revista Ciencia y Tecnología*. Vol. 13. Pp. 80-81. 2007.
[17] G.M.A. Beynum and J.A. Roels. Starch conversion technology. Ed. New York, USA: Marcel-Dekker. 1985.
[18] B. Wolfgang, W. Detmold and G. Hans-Peter. Potato starch technology. *Starch*. Vol. 51. pp. 235 242. 1999
[19] J. Jiménez-Hernández. Estudio de la compatibilidad funcional y estructural de almidón del tubérculo de chayote (*Sechium edule* S.) para la formación de películas comestibles. Tesis, Doctorado en Ciencias en la Especialidad de Biotecnología.CINVESTAV. México, D. F. 2006.
[20] P.P. Miranda-Villa, Y.A. Marrugo-Ligardo y P. M. Montero Castillo. Caracterización funcional del almidón de fríjol Zaragoza (*Phaseolus lunatus l.*) y cuantificación de su almidón resistente. *Tecno. Lógicas*. Vol. 30. pp. 17-32. 2013.
[21] H.A. Jiménez Avalos, L. Chaires Martínez, L. y M.A. Pérez Vargas. "Efecto del entrecruzamiento de almidón de garbanzo sobre sus propiedades funcionales y de textura*". Journal CIM*. Vol. 4 No. 1; pp. 784-789. 2016.
[22] K.O. Adebowale,T.A. Afolabi and B.I. Olu-Owolabi. Functional, physicochemical and retrogradation properties of sword bean (*Canavalia gladiata*) acetylated and oxidized starches. *Carbohydrate Polymers*. Vol. 65. No. 1. pp. 93–101. 2006
[23] J. Hwang and I. Kokini. Contribution of the side branches to rheological properties of pectins. *Carbohydrate Polymers*. Vol. 19. No. 1. pp. 41-50. 1992.
[24] R. Hoover. Composition, molecular structure, and physicochemical properties of tuber and root starches: a review. *Carbohydrate Polymers*. Vol. 45. pp. 253-267. 2001
[25] L. Jayakody, R. Hoover, Q. Liu and E. Donner. Studies on tuber starches. II. Molecular structure, composition and physicochemical properties of yam (*Dioscorea* sp.) starches grown in Sri Lanka, *Carbohydrate Polymers*. Vol. 69. pp. 148-163. 2007.
[26] Y. Yuan, L. Zhang, Y. Dai, and J. Yu. Physicochemical properties of starch obtained from *Dioscorea nipponica* Makino comparison with other tuber starches. *Journal of food engineering*. Vol. 82. pp. 436-442. 2007
[27] L. Jayakody, R. Hoover, Q. Liu and E. Weber. Studies on tuber and root starches I. Structure and physicochemical properties of innala *(solenostemon rotundifolius).* Starches grown in Sri Lanka, *Food Research International*. Vol. 38. pp. 615-629. 2005.
[28] J. Ruales y I. Nair. Viscosidad amilográfica. pp. 58. En: Ruales, J., Carpio, C., Santacruz, S., Santacruz, P., Bravo, J. (Eds.). Métodos de caracterización de carbohidratos. Obtención y caracterización de carbohidratos para su aplicación en regímenes especiales. Primera edición. Gráficas GUIMAR, Quito, Ecuador. 110 p. 2000.
[29] Y. Zhou,R. Hoover and Q. Liu. Relationship between alfa-amylase degradation and the structure and physicochemical properties of legume starches. *Carbohydrate Polymers*. Vol. 57. pp. 299–317. 2004.
[30] K. Sriroth, K. Piyachomkwan, S. Wanlapatit and C.G. Oates. Cassava starch technology: the Thai experience. *Starch*. Vol. 52. pp. 439–449. 2000

Perfil de ácidos grasos y capacidad antioxidante en las semillas de *Hibiscus sabdariffa*

M.T. Robles-Valdivia[1], A. Ramírez Higuera[2], R. Quintana Castro[1], A. Alexander-Aguilera[1], M.G. Sánchez-Otero[1]*

[1]Facultad de Bioanálisis, Universidad Veracruzana, Región Veracruz. Iturbide esquina Carmen Serdán s/n, Col. Centro, Veracruz, Veracruz, C.P. 91700 México

[2] Unidad de Investigación y Desarrollo de Alimentos (UNIDA), Instituto Tecnológico de Veracruz. Av.Miguel A. de Quevedo No.2779, Veracruz, Vereracruz, C.P. 91897, México

***Área de participación**: Ingeniería Química*

Resumen

Se estudió el potencial nutraceútico en semillas de *Hibiscus sabdariffa*. Se obtuvo la fracción metanólica de las semillas por medio de maceración en frio. El mismo procedimiento con hexano se usó para obtener el aceite, éste se sometió a metilación con KOH metanólico para obtener los ésteres metílicos correspondientes y éstos fueron analizados por medio de CG-EM. El rendimiento del aceite fue de 13.68%, y se observó la presencia de ácidos grasos ciclopropenoicos (estercúlico y malválico). Con respecto a la capacidad antioxidante, la fracción metanólica presentó en contenido de fenoles totales equivalente a 0.51±3.2 mg de ácido gálico(ag)/100 g de semilla; la capacidad de captura de radicales libres frente a DPPH y ABTS fue de 0.010±0.37 y 0.056±0.032 mg equivalentes de ag/100 g semilla respectivamente, el ensayo de FRAP dio un resultado de 0.046±0.03 mg equivalentes de ag/100 g semilla. Las semillas de *H. sabdariffa* serán usadas para pruebas de su potencial uso nutraceútico *in vivo.*

***Palabras clave:** Antioxidantes, Ácidos grasos ciclopropenoicos, Semillas, Hibiscus sabdariffa.*

Abstract

The nutraceutical potential of Hibiscus sabdariffa seeds was studied. The methanolic extract was obtained by cold maceration. Same procedure with hexane was used to obtain seeds oil, which was treated with methanolic KOH to obtain the corresponding methyl esters that were analyzed by GC-MS. The oil yield was 13.68%, and the presence of cyclopropenoic fatty acids (sterculic and malvalic) was observed. Regarding the antioxidant capacity, the methanolic fraction presented 0.51±3.2 mg gallic acid equivalents/100 g sample of total phenols; the capacity of free radical capture against DPPH and ABTS was 0.010±0.37 and 0.056±0.032 mg gallic acid equivalents/100 g sample respectively, the FRAP test gave a result of 0.046±0.03 mg gallic acid equivalents/100 g sample. H. sabdariffa seeds will be evaluated in vivo to assess their nutraceutical potential.

***Key words**: Antioxidants, Cyclopropenoic fatty acids, Seeds, Hibiscus sabdariffa*

INTRODUCCIÓN

En esta nueva realidad y a raíz de la pandemia de COVID-19, se ha puesto de manifiesto que ciertos grupos poblacionales se encuentran en mayor riesgo, entre ellos las personas con afecciones médicas subyacentes tales como la obesidad, el síndrome metabólico, la hipertensión y la diabetes tipo 2. La llamada “dieta occidental” favorece los estados inflamatorios crónicos y el deterioro de la respuesta inmune adaptativa. Los pacientes con COVID-19 han manifestado cuadros inflamatorios que se han visto de manera más frecuente en pacientes con dietas poco

saludables, es por ello que el acceso y el consumo de alimentos saludables y de diversas fuentes de nutracéuticos y activos deben ser una prioridad mundial [1].

En los últimos años se ha incrementado el interés en la búsqueda de fuentes de antioxidantes naturales, generalmente conformados por la mezcla de compuestos con elevada función biológica, en esa búsqueda, los llamados “desechos agroindustriales” son una atractiva fuente de material de estudio, ya que implica el uso de una agronomía e industria alimentaria y el aprovechamiento de compuestos que de otra forma serían descartados [2].

Hibiscus sabdariffa, comúnmente conocida como Jamaica, es una planta herbácea, y que se cultiva en regiones con climas subtropicales y cálido-seco; es un arbusto con abundantes tallos, ramificados y corteza roja, posee cálices rojos, rojos oscuros o verdes, aunque éstos son menos comunes. Se puede cultivar por su fibra, pero se emplea principalmente para la producción de su cáliz, ya que se puede utilizar en gastronomía, medicina tradicional y en la industria cosmética [4]. En México, la flor de Jamaica es un miembro de la farmacopea mexicana [5]. La producción de esta flor a nivel mundial está encabezada por China con el 27.76% del total mundial, México ocupa el séptimo lugar con el 5.14% de esta producción [6]. El extracto de la flor de *Hibiscus sabdariffa* posee propiedades biológicas y medicinales tales como capacidad antioxidante, actividad anticancerígena y otras que coadyuban a reducir el riesgo por enfermedades cardiovasculares y crónico degenerativas y ha sido materia de estudio principalmente por las propiedades presentes en los cálices ya que se caracterizan por tener una alta concentración de antocianina y vitamina C. Sin embargo, las hojas también son utilizadas por sus nutrientes, en África, la utilizan para preparar algunos alimentos [1, 4, 7].

Hibiscus sabdariffa como otras de las plantas de la familia Malvaceae, puede producir en sus semillas dos ácidos grasos ciclopropenoicos. el ácido malválico y el estercúlico, mismos que se han estudiado como tratamiento para el síndrome metabólico [8]. Éstos ácidos grasos fueron identificados por primera vez en las semillas de otro integrante de la familia, Malvaceae: *Gossypium herbaceum,* mejor conocido como algodón [9]. Sin embargo, no todos los géneros de esta familia producen ácidos grasos ciclopropenoicos, tal es el caso del aceite extraído de las semillas de *Malvaviscus penduliflorus,* en el cual predominan los ácidos grasos; caprílico, láurico, mirístico, palmítico y esteárico [10].

A pesar de todo el potencial no solo alimenticio, sino medicinal y cosmético de los cálices de *H. sabdariffa*, las semillas son comúnmente empleadas únicamente para la producción de nuevas plantas de Jamaica, en general, son consideradas residuos agroindustriales, o han sido empleadas como alimento de animales; sin considerar el potencial valor nutrimental y actividades biológicas presentes en ellas, se ha reportado que contienen cerca del 33% de proteínas, 20% de grasa 13% de carbohidratos y casi un 20% de fibra, esto con variaciones entre las semillas de acuerdo a su origen [6].

Por todo lo anteriormente expuesto, el objetivo del presente estudio fue determinar la capacidad antioxidante y el perfil de ácidos grasos del aceite de las semillas de *Hibiscus sabdariffa.*

Metodología

Materiales

Se utilizaron los siguientes reactivos grado analítico: *n*-Hexano, Metanol destilado, ácido 2,2'–azino–bis–(3–etillbenzotiazolin–6–sulfónico) (ABTS), 2,2-difenil-1-picrilhidracilo (DPPH), 2,4,6-tripiridil-1,3,5-triazina (TPTZ),reactivo de Folin Ciocalteu, HCl, $K_2S_2O_8$, Agua destilada, Na_2CO_3, $FeCl_3$, KOH, NaCl. Se utilizaron los siguientes equipos: vortex, rotavapor, cromatógrafo de gases (Hewlett Packard Modelo 61800B, sistema de GCD con columna capilar Carbo-Wax (30 m x 0,25 mm x 0,25 m), y espectrometría de masas (Agilent Technologies 5975 modelo XL inerte).

Obtención y preparación de extractos

Se procesaron 1.250 kg del material vegetal seco (semillas de *Hibiscus sabdariffa,* procedente de comercializador de Los Mochis, Sinaloa, México), con la ayuda de un molino de café, se redujo el tamaño hasta obtener partículas finas, una vez molido, a 1.0 kg del material biológico se le agregó

 ISSN 2007-8102

n-hexano para mantener una proporción semillas/disolvente de 1:3, se mantuvo en maceración durante cinco días a temperatura ambiente con agitación ocasional, tal como se muestra en la Figura 1. Posteriormente, el disolvente fue eliminado con ayuda de un evaporador rotatorio marca Heidolph® a 50 °C. Este proceso se repitió en cuatro ocasiones. El extracto etéreo total obtenido, se dejó secar a temperatura ambiente en un desecador, protegido de la luz hasta que alcanzar peso constante.

Los 250 g restantes del material vegetal seco y molido, se maceraron durante quince días a temperatura ambiente, con metanol destilado, durante este proceso se mantuvo protegido de la luz y se agitó ocasionalmente. El disolvente fue eliminado con ayuda de un evaporador rotatorio marca Heidolph® a 50 °C. El extracto metanólico obtenido se dejó secar a temperatura ambiente en un desecador, protegido de la luz hasta alcanzar la condición de peso constante.



Figura 1. Maceración en frio con *n*-hexano de las semillas molidas.

Evaluación de la capacidad antioxidante

Para llevar a cabo las determinaciones correspondientes a la capacidad antioxidante de el extracto metanólico de semillas de *H. sabdariffa* se prepararon por duplicado disoluciones del mismo con una concentración de 500 mg/mL en metanol destilado. La capacidad de captura de radicales libres se evaluó empleando ABTS Y DPPH con los métodos de Kuskoski y col. 2004, Williams y col. 1995 respectivamente con ligeras modificaciones [11, 12].

Para el primer ensayo, se generó el radical catión $ABTS^+$ de la siguiente forma: ABTS (7 mM) en $K_2S_2O_8$ (2.45 mM, concentración final), fue incubado durante 16 horas a temperatura ambiente. La preparación fue entonces diluida con etanol absoluto hasta obtener un valor de absorbancia de 0.700 ± 0.005 a 734 nm, se mezcló 1 mL del radical $ABTS^+$ con 10 µL de muestra y 10 µL de agua destilada, se dejó reposar durante 30 minutos a temperatura ambiente en un lugar oscuro y posteriormente se leyó la absorbancia a 734 nm en el espectrofotómetro marca Eppendorf®. Para el caso del ensayo con DPPH, se generó el radical DPPH de la siguiente forma: se preparó una dilución 1:10 metanólica de una solución de DPPH preparada con 0.0014 g en 10 mL de metanol. Una vez diluido, de manera inmediata se adicionaron 1.95 mL de la solución de DPPH, a 20 µL de la muestra y se completó el volumen con 30 µL de agua destilada, se realizó la lectura de la absorbancia a 515 nm en el espectrofotómetro.

El contenido de fenoles totales se cuantificó por medio de la técnica de Folin-Ciocalteu estandarizada por Singleton y col. 1999, el reactivo comercial de Folin se diluyó 1:1 con agua destilada para obtener una solución de Folin 2 N, y de inmediato se mezclaron 250 µL del reactivo de diluido Folin, 60 µL de muestra, 250 µL de solución de Na_2CO_3 saturada previamente preparada y 1.44 mL de agua destilada, las lecturas se realizaron a 750 nm en el espectrofotómetro [13].

El potencial reductor férrico se cuantificó con el método de FRAP, el cual se preparó siguiendo la técnica de Benzie & Strain, 1996, utilizando amortiguador de acetatos (0.3 M con pH 3.6), solución 10 mM de TPTZ en HCl 40 mM, y una solución 20 mM de $FeCl_3$ mezclados en una proporción 10:1:1, una vez realizada la muestra, al momento se agregó 1.8 mL del reactivo de FRAP a 20 µL

de la muestra y se agregaron 180 µL de agua destilada, se leyó la absorbancia a 593 nm en el espectrofotómetro Eppendorf® [14].

Para cada determinación se realizó una curva de calibración con una solución de ácido gálico (0.01-0.1 mg/mL) en agua destilada.

Evaluación del perfil ácidos grasos del extracto hexánico de semillas de *H. sabdariffa*

A partir del extracto etéreo se realizó la obtención de ésteres metílicos de los ácidos grasos con el fin de caracterizar el perfil de estos, para ello se usó KOH metanólico (2 mol L^{-1}) y solución saturada de NaCl. Por triplicado, 100 mg del extracto etéreo fue mezclado con 500 µL de KOH metanólico durante cinco minutos, enseguida se agregó un mL de *n*-Hexano y se mezcló en el vortex durante tres minutos. La mezcla fue transferida a un tubo de ensayo de 13x100, al que se le agregaron dos mL de *n*-Hexano y un mL de solución saturada de NaCl y se agitó en el vortex durante dos minutos. Se dejó reposar para la separación de las fases y se procedió a la recuperación de la fracción hexánica que se colocó en un vial para cromatografía hasta su posterior análisis [15].

La fracción hexánica recuperada fue analizada en un cromatógrafo de gases (Hewlett Packard Modelo 61800B, sistema de GCD con columna capilar Carbo-Wax (30 m x 0,25 mm x 0,25 m), y espectrometría de masas (Agilent Technologies 5975 modelo XL inerte). La identificación de los picos de cada ácido graso se realizó comparando los espectros con la biblioteca (HP-ChemStation NIST 05 del espectro de masas Versión del Programa de Investigación 2.0d) y con la mezcla de FAME estándar, C8: C22, (18920-1AMP, Sigma-Aldrich).

Resultados y discusión

Perfil de ácidos grasos

El rendimiento de fracción hexánica fue de 13.68 g por cada 100 g de semilla, este rendimiento es menor de acuerdo con lo reportado por otros autores, que va del 19 al 23% [6, 15]. Esta variación en el rendimiento de aceite puede ser debido a las diferencias en la variedad de plantas, el clima, maduración, temporada de recolección y en particular el método de extracción utilizado. El perfil de ácidos grasos encontrado en estas semillas se encuentra resumido en la Tabla 1, se detectaron mayoritariamente ácido palmítico, ácido oleico y ácido linoleico, lo que coincide con otros reportes y por lo que se le ha clasificado entre las fuentes de aceites oleico/linoleico, lo que la perfila como fuente alternativa para la producción de aceite comestible [16, 17]. Como en otras malváceas, se encontraron ácidos grasos ciclopropenoicos: ácido estercúlico y ácido malválico, aunque fueron detectados en porcentajes mucho menores en comparación con la alta concentración de estos mismos ácidos grasos en la *S. foetida* y la *C. pentandra* [18].

Tabla 1. Perfil de ácidos grasos del aceite de la semilla de *Hibiscus sabdariffa.*

Ácido graso	*Hibiscus sabdariffa*
16:0	24.35 ± 0.70
16:1	0.54 ± 0.04
18:1	24.14 ± 4.29
18:1 ciclo*	0.98 ± 0.17
18:2	31.36 ± 1.66
19:1 ciclo*	0.39 ± 0.07
24:0	0.21 ± 0.03

*Presencia del anillo ciclopropeno. C18:1, ácido malválico [7-(2-octil-1-ciclopropenil) heptanoico]; C19:1, ácido estercúlico [8-(2-octil-1-ciclopropenil) octanoico] Los valores se expresan como media ± DE (porcentaje de ácidos grasos totales).

La presencia de los ácidos grasos ciclopropenoico como el estercúlico y malválico, reviste una gran relevancia ya que, de manera particular, el ácido estercúlico han probado inhibir la enzima Estearoil CoA desaturasa (SCD-1, por sus siglas en inglés), sin afectar el gen o a la expresión de la proteína, la SCD-1 una enzima lipogénica que participa en la síntesis de ácidos grasos monoinsaturados. Una alta actividad de SCD-1 se ha asociado con el favorecimiento de la aparición de manifestaciones del Síndrome Metabólico, que constituye un problema de salud pública a nivel mundial, también se ha demostrado que esta enzima puede desempeñar un papel crucial en más de una enfermedad inflamatoria; en general los compuestos que inhiben la función de la SCD-1 incluido el ácido estercúlico se perfilan como metabólicos de potencial uso en el tratamiento y prevención del síndrome metabólico [19, 20, 21].

Capacidad antioxidante

La evaluación de la capacidad antioxidante presente en *H. sabdariffa* ha sido estudiada principalmente en cálices, y es ampliamente conocida como una fuente importante de antioxidantes exógenos y por ello goza de amplio consumo humano [22, 23]. Sin embargo, el potencial nutraceútico en las semillas de esta especie ha generado menos interés, así que los reportes en este sentido son menos abundantes [6, 17]. Las técnicas que miden la capacidad de captura de radicales libres, gozan de amplia aceptación ya que permiten evaluar de forma rápida esta capacidad de los compuestos presentes en las muestras, en ese sentido, el ABTS y el DPPH, que son radicales libres son los usualmente utilizados. Por otro lado, se utilizó el método de FRAP que pone de manifiesto a las especies capaces de reducir el ion férrico y pasarlo a estado ferroso, por lo que este método no evalúa la capacidad neutralizadora de radicales libres, sino su capacidad reductora por transferencia de electrones [24, 25].

Tras realizar la evaluación de la capacidad antioxidante *in vitro* del extracto metanólico obtenido de las semillas de *Hibiscus sabdariffa*, se obtuvieron los resultados descritos en la Tabla 2.

Tabla 2. Resultados de la capacidad antioxidante *in vitro* del extracto metanólico de las semillas de *Hibiscus sabdariffa.*

Prueba *in vitro*	**Capacidad antioxidante (mg de equivalente de ácido gálico por 100 g de semilla)**
DPPH	0.010 ± 0.37
ABTS	0.056 ± 0.032
FRAP	0.046 ± 0.03
Folin ciocalteus	0.51 ± 3.2

El alto contenido de ácidos grasos insaturados encontrados en estas semillas es consistente con la capacidad antioxidante observada, se ha reportado también la presencia de tocoferol en esta semilla, y la capacidad antioxidante de compuestos solubles en agua en órdenes de magnitud semejante [17].

Se observa la presencia de compuestos fenólicos en el mismo orden de magnitud de las capacidad reductora; la actividad antioxidante es concomitante con el poder reductor, estas propiedades reductoras están asociadas a la presencia de compuestos fenólicos que ejercen su acción a través del rompimiento de la reacción en cadena de los radicales libres por donación de un átomo de hidrógeno, resultados semejantes se han reportado evaluando esta capacidad especies vegetales ricas en antocianinas, la estructura química de cada uno de los polifenoles presentes en las diferentes muestras puede generar diferencias observables en el poder reductor [12, 25].

Trabajo a futuro

Se evaluará el potencial nutraceútico de la fracción hexánica de semillas de *H. sabdariffa* en modelos murinos de Síndrome metabólico comparado con otras Malváceas de elevado contenido en ácido malválico y ácido estercúlico. De manera paralela se purificarán los componentes activos no lipídicos para su identificación posteriormente se realizarán los ensayos de toxicidad en *Artemia salina.*

Conclusiones

Las semillas de *Hibiscus sabdariffa* son un desecho agroindustrial con poco aprovechamiento y que representa una potencial fuente de compuestos activos de naturaleza lipídica y de compuestos con capacidad antioxidante que podría coadyubar en el tratamiento y prevención de enfermedades crónico-degenerativas asociados a deficiencias en la dieta del ser humano. Las actividades encontradas y el perfil de ácidos grasos reportados en el presente trabajo dan la pauta para continuar con su estudio en modelos de patologías tales como el síndrome metabólico en modelos *in vivo*; así como la purificación e identificación de compuestos activos presentes en esta fracción hexánica; así mismo, deberá realizarse trabajos conducidos la maximización del rendimiento del aceite crudo de estas semillas.

BIBLIOGRAFÍA

[1] M.J. Butler, M.R. Barrientos, “The impact of nutrittion on COVID-19 susceptibility and long-term consequences”, Brain, behavior, and immunity, vol.87, 2020, pp.53-54.

[2] D.L. Shirahique, S.R. Ceccato-Antonini, “Agro-industrial wastes as sources of bioactive compounds for food and fermentation industries”, Ciência Rural, Vol. 50, No.4, 2020

[3] M. Cisse, M. Dornier, M. Sakho, A. Ndiaye, “Le bissap (*Hibiscus sabdariffa L.):* composition et principales utilisations”, Cambridge University., Vol. 73, No. 2, 2009, pp. 179-193.

[4] G. Riaz, C. Rajni, “A review on phytochemistry and therapeutic uses of *Hibiscus sabdariffa L*”. Biomedicine & Pharmacotherapy Vol. 102, 2018, pp. 575–586.

[5] L.S. Aceves, “La farmacopea mexicana. Guardiana de un patrimonio nacional viviente”, La casa del tiempo, Vol 4. No.29, 2010, pp.63-67.

[6] A. Ismail, E.H.K. Ikram, H.S.M. Nazri, “Roselle (*Hibiscus sabdariffa L.)* Seeds-Nutritional Composition, Protein Quality and Health Benefits”, Food, Vol. 2, No.1, 2008, pp. 1-16.

[7] T.W. Huang, C.L. Chang, E.S. Kao, J.H. Lin, “Effect of *Hibiscus sabdariffa* extrct on high fat diet-induced obesity and liver damage in hamsters”, Food & Nutrition Research, Vol. 59, No. 29018, 2015, pp. 1-7.

[8] K. A. Wahab, J.F.B. Hudson, “The fatty acid composition of *Hibiscus sabdariffa* seed oil”, J.Sci. Food Agric, Vol. 33, 1982, pp. 1305-1309.

[9] M.D.G. Suárez, H. Serrano, “*Gossypium sp. Malvaceae. El algodón*”, Revista TECNOAGRO, Vol.1, No.63, 2010

[10] D.M. Delange, C.L.M. Rico, R.C.S. Pérez, “Análisis por CG/EM del extracto hexánico de *Malvaviscus penduliflorus* que crece en Cuba”, Rev Cubana de Química, Vol. 23, No.2, 2011, pp.58-65.

[11] W.B. Williams, M.E. Cuvelier, C. Berset, “Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity”, Lebensm-Wiss u Technol, Vol. 28, 1995, pp.25-30.

[12] E.M. Kuskoski, A.G. Asuero, M.C.G. Parrilla, A.M. Troncoso, R. Fett, “Atividade antioxidante de pigmentos antociânicos”, Ciênc. Tecnol. Aliment. Vol.24, No.4, 2004, pp. 691-693.

[13] L. Vernon, R. Orthofer, R.M.L. Raventós, “Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of folin-ciocalteu reagent”, Methods in enzymology, Vol.299, 1999, pp.152-178.

[14] I.F.F. Benzie, J.J. Strain, “The ferric reducing ability of plasma (FRAP) as a measure of “Antioxidant Power”: The FRAP assay”, Analytical Biochemistry, Vol.293, No.1, 1996, pp.70-76.

[15] P.S. Aued, L.J.H. Ghilardi, C.M. Helena, K.E. Emy, “Evaluation of a methylation procedure to determine cyclopropenoids fatty acids from *Sterculia striata* St. Hil. Et Nauds seed oil”, Journal of Chromatography A. Vol. 1054, No. 1-2, 2004, pp. 235-239.

[16] J.M. Nzikou, G. Bouanga-Kalou, L. Matos, F.B. Ganongo-Po., P.S. Mboungou-Mboussi, F.E. Moutoula, E. Panyoo, T.H. Silou, S. Desobry, “Characteristics and Nutritional Evaluation of seed oil from Roselle *(Hibiscus sabdariffa L.)* in Congo-Brazzaville”, Current Research Journal of Biological Sciencies, Vol. 3. No. 2, 2011, pp.141-146.

[17] R.Mohamed, J. Fernández, M. Pineda, And M. Aguilar, “Roselle (*Hibiscus sabdariffa*) Seed Oills a Rich Source of γ -Tocopherol”, Journal of Food Science, Vol. 72, No. 3, 2007

[18] H.C. Ong, A.S. Silitonga, H.H. Masjuki, T.M.I. Mahlia, W.T. Chong, M.H. Boosroh, “Proudction and comparative fuel properties of biodiesel from non-edible oils:*Jatropha curcas, Sterculia foetida and Ceiba pentandra*”, Energy Conversion and Management, Vol.73, 2013, pp.245-255.

[19] S. Kamal, A. Saleem, S. Rehman, I. Bibi, M.N. Hafiz, “Iqbal, Protein engineering: Regulatory perspectives of stearoyl CoA desaturase”, International Journal of Biological Macromolecules, Vol. 114, 2018, pp. 692-699

[20] H.E. Popeijus, W.H.M. Saris, R.P. Mensink, “Role of stearoyl-CoA desaturases in obesity and themetabolic syndrome”, International Journal of Obesity, Vol.32, 2008, pp. 076–1082

[21] M.S. Herrera-Meza, M.R. Mendoza-López, O. García-Barradas, M.G. Sanchez-Otero, E.R. Silva-Hernández, J.O. Angulo, R.M. Oliart-Ros, “Dietary anydrous mil fat naturally enriched with conjugated linoleic acid and vaccenic acid modify cardiovascular risk biomarkers in spontaneously hypertensive rats”, International Journal of Food Sciences and Nutrition, 2013, pp. 1-12.

[22] M.M. Amer, S.H. El-Sharkawy, F.M.A. Bar, A.A. Ashour, “Phytochemical investigation of unused parts of *Hibiscus sabdariffa*”, Journal of American Science, Vol.8, No.12, 2012, pp.29-35.

[23] L.A. Galicia-Flores, Y. Salinas-Moreno, B.M. Espinoza-García, C. Sánchez-Feria, “Caracterización fisicoquímica y actividad antioxidante de extractos de Jamaica (*Hibiscus sabdariffa L.)* nacional e importada.”, Rev Chapingo Serie Horticultura, Vol.14, No.2, 2008, pp.121-129.

[24] M.G. Mercado, C.L. De la Rosa, M.A. Wall, D.J. López, P.E. Álvarez. “Compuestos polifenólicos y capacidad antioxidante de especies típicas consumidas en México”, Nutrición Hospitalaria, Vol. 28, No.1, 2013, pp. 36-46.

[25] R.J. Quinceno, A.L. Ospina, G.D. David, P.M. Román, N.M. Betancur, M.N. Cadavid, et al. “Manual para el Análisis de Biocompuestos en Frutas”, SENA. 2017. P40.

Caracterización fisicoquímica y microbiológica de una bebida funcional a partir de mezcla de harinas

M. P. Valencia Perez[1], R. Carmona García[1], M. Rivera Rivera[1], F. Martínez Rosales[2], M.A.Godínez Ruiz[1],*
[1]Departamento de Ingeniería Química y Bioquímica, Tecnológico Nacional de México/ Instituto Tecnológico de Tuxtepec. Calzada Dr. Víctor Bravo Ahuja Num. 561, Predio el Paraíso. C.P. 68350. Tuxtepec, Oaxaca, México.
[2]Departamento Coordinación Académica UABJO, Universidad Autónoma Benito Juárez de Oaxaca. Avenida Universidad S/N Ex Hacienda 5 Señores, Oaxaca de Juárez, México.
*valenciaperezmarthapatricia@gmail.com

***Área de participación**:* **Ingeniería Química**

Resumen

Las bebidas funcionales, además de satisfacer las necesidades nutricionales básicas, proporcionan beneficios en la salud, reducen el riesgo de sufrir enfermedades, están irrumpiendo con fuerza en los mercados internacionales, dado el interés de los consumidores por la relación entre la alimentación y la salud. El objetivo del presente trabajo es evaluar las propiedades físico-química y microbiológicas de una bebida funcional a partir de mezcla de harinas de semilla de jícaro (*Crescentia alata)* y arroz *(Oryza sativa*) a una concentración 75;25% de fruto verde, agua natural y refrigerada 8 días a 4°C. El químico proximal se realizó utilizando métodos de la A0AC. Los análisis microbiológicos se realizaron de acuerdo a la Norma Oficial Mexicana NOM-218-SSAI-2011. Los resultados obtenidos fueron analizados por el método de ANOVA de una sola vía, utilizando un programa estadístico STATISCA 10. Con los resultados obtenidos se pretende introducir al mercado una bebida de alto valor nutricional.

***Palabras clave**: Jícaro, harinas, bebida funcional, caracterización*

Abstract

Functional beverages, in addition to satisfying basic nutritional needs, provide health benefits, reduce the risk of suffering from diseases, and are breaking into international markets, given the interest of consumers in the relationship between food and health. The objective of this work is to evaluate the physico-chemical and microbiological properties of a functional drink from a mixture of jícaro seed (Crescentia alata) and rice (Oryza sativa) flours at a concentration of 75; 25% of green fruit, water natural and refrigerated 8 days at 4 ° C. The proximal chemical was performed using A0AC methods, the microbiological analyzes were carried out according to the Official Mexican Standard NOM-218-SSAI-2011. The results obtained were analyzed by the one-way ANOVA method, using a STATISCA 10 statistical program. With the results obtained, it is intended to introduce a drink of high nutritional value to the market.

Keywords: Jícaro, flours, functional drink, characterization

Introducción.

La prevalencia en sobrepeso y obesidad ha incrementado en todo el mundo en las últimas décadas, convirtiéndose en un grave problema de salud pública internacional, que ha sido asociado con un mayor riesgo de padecer diabetes tipo 2, enfermedades cardiovasculares y cierto tipo de cáncer. Este aumento global del sobrepeso y obesidad ha sido adjudicado en gran parte, al alto consumo de bebidas azucaradas, las que han ido sustituyendo la ingesta de bebidas más saludables como jugo de fruta natural sin azúcar y leche. [1]

El consumo de alimentos y bebidas naturales, con valor nutricional, y con propiedades benéficas para la salud, representa la gran tendencia mundial de la alimentación humana en el siglo XXI. En buena medida, esta tendencia se deriva de la amplia divulgación científica que se ha hecho en los medios masivos de comunicación sobre la asociación entre el tipo de dieta y el desarrollo de enfermedades específicas. La percepción social así generada y los altos niveles educativos de muchos países, han creado la conciencia de que la alimentación sana tiene un efecto verdaderamente terapéutico

El concepto de alimento funcional se propuso en Japón en los 1980s. Aunque la evaluación de la funcionalidad es compleja, a partir de entonces, tan sólo en Japón se han aprobado 703 alimentos funcionales divididos en 11 categorías de reclamos de salud, a través de un proceso riguroso soportado por evidencias químicas, bioquímicas, genómicas, clínicas y epidemiológicas. Dicho proceso oficial de registro se ha denominado “Alimento para Uso Especificado en la salud”.

En México, la demanda de productos funcionales ha crecido rápidamente, a tal grado que actualmente se comercializan en el país más de 22,000 suplementos alimenticios por más de 1,500 empresas. [2].

Las bebidas funcionales, son definidas como aquellas que además de satisfacer las necesidades nutricionales básicas, proporcionan beneficios para la salud o reducen el riesgo de sufrir enfermedades, están irrumpiendo con fuerza en los mercados internacionales, dado el interés de los consumidores por la relación entre la alimentación y la salud.

Las múltiples posibilidades de elaboración de alimentos funcionales, basadas en la incorporación a un alimento convencional de una gran variedad de ingredientes con actividades biológicas en la eliminación de constituyentes no desecados o en la modificación de otros, hacen que la gama de productos comercializados actualmente hayan aumentado de forma espectacular [3].

El ámbito de los alimentos funcionales tiene estructura triangular y se constituye por las interacciones entre los investigadores científicos, los industriales alimentarios y los consumidores. Además de ello, los alimentos funcionales están sirviendo como estímulo para algunos aspectos del desarrollo científico y tecnológico, así como de motor impulsor de la competitividad y generación de riqueza de la industria alimentaria [4].

El jícaro (*Crescentia alata*), es un árbol pequeño que puede alcanzar una altura entre los 6 y 13 metros [5]. Es una especie vegetal de la familia Bignoniácea, característico del bosque seco y nativo de la región mesoamericana [6]. Es muy importante debido a que se obtienen grandes beneficios a nivel bioquímico y medicinal, ya que es usado en todo el mundo para fines curativos, actuando como diurético, dermatológico, analgésico, para vías respiratorias su fruto es efectivo para la hipertermia, dolores auditivos, decoración, etc. [7]

La semilla del jícaro (*Crescentia alata)*, tiene una alta demanda del mercado autóctono de bebida. Las semillas también se pueden convertir en aceites comestibles, Si este se valora a un precio similar al de otros aceites, se le puede asignar un precio similar al aceite de soya. La semilla es rica en ácidos grasos, mono insaturados y poliinsaturados que representa más del 75% del contenido de lípidos. Estas semillas pueden usarse como materia prima para desarrollar alimentos procesados innovadores con potencial funcional y propiedades sensoriales agradables [8].

Las semillas contienen 16- 17% (a veces hasta 25%) de proteína, contienen también un 31-33% de aceite, el cual se extrae para obtener un aceite comestible similar en olor y sabor al aceite de oliva.[6]

El arroz (*Oryza sativa),* es un cereal que proporciona el 20% del suministro de energía alimentaria del mundo. El arroz como alimento único no puede proporcionar todos los nutrientes necesarios para una alimentación adecuada, para este buen uso es necesario adicionarle complementos nutricionales para proporcionar grandes cantidades de aminoácidos y micronutrientes esenciales [9].

El consumo de arroz blanco en México, actualmente ocupa el cuarto lugar en la dieta de granos básicos el. cual es de 7.0 kg per capita después del maíz, frijol y trigo. Es un alimento económico energético más altamente digerible, con bajo contenido de grasa, rico en carbohidratos. Vitamina B, calcio, fósforo, potasio, hierro y sodio. Además es el único de los cereales cuyo grano no contiene fructuosa. La harina de arroz se obtiene de la molienda y tamizado del cereal [8]. Tiene un valor nutritivo semejante a harinas de otros cereales lo cual la hace óptima para productos de panificación [10]

La harina es el resultado de moler el grano del cereal, pseudocereal, fruto seco o legumbre. Las harinas se utilizan tanto en la elaboración de recetas dulces como saladas para preparar alimentos como pan, pasta, empanadas, bizcochos, tortillas, magdalenas, masa de pizza, bechamel y otras salsas, galletas, crepas y tortitas, rebozados, bollos, papillas, tartas, tortilla española, pasteles, buñuelos. La harina de jícaro es una fuente potencialmente buena para suplementar otras proteínas deficientes en triptófano como el maíz además sus semillas sirven de base para elaborar la bebida típica conocida como horchata. Estudios químicos y nutricionales demuestran que la semilla de jícaro es una fuente potencial de proteínas y aceite carente de toxicidad [11].

El objetivo del presente trabajo es elaborar un bebida funcional a partir de una mezcla de harinas de semilla de jícaro (*Crescentia alata*) y arroz (*Oryza sativa),* evaluando sus características fisicoquímicas y microbiológicas.. Además se procura establecer su potencial innovador, dado a que es un producto que aún no existe en el mercado y tiene propiedades nutritivas.

Metodología.

Materia prima

Se utilizó el fruto de semilla de jícaro verde, proporcionado por la Organización Fruticultura de Cotzocón, agua purificada, canela, azúcar y harina de arroz fueron adquiridos en centros comerciales de la ciudad.

Recepción de la materia prima.

El fruto del jícaro fue trasladado al laboratorio de alimentos del Instituto de Tecnológico de Tuxtepec en donde se procedió a la selección de los frutos del jícaro.

Extracción y secado de las semillas de jícaro.

Los frutos de jícaro, se lavan a chorro de agua para retirar las impurezas. Las semillas se obtuvieron de manera tradicional, los frutos fueron partidos a la mitad, la pulpa fue depositada en cubos de acero inoxidable, luego fue homogenizada con la mano y se desprendió la semilla dejándola remojaren agua para que se eliminen restos de la pulpa. Las semillas recolectadas, fueron colocadas en bandejas y se secaron en un horno a una temperatura de 70°C. Posteriormente se tostaron a una temperatura de 90°-110°C.

Obtención de la harina de semilla de jícaro (*Crescentia alata).*

La harina se obtuvo por molienda de las semillas en un procesador de alimentos, la molienda se realizó gradualmente, se tamizo en un tamiz malla 40, hasta obtener un porcentaje de extracción del 95%. Las harinas se guardan en bolsas ziploc.

Obtención de la harina de arroz (*Oryza sativa).*

Se lavaron los granos de arroz y se secaron en una estufa a 80°C.la harina se obtuvo por molienda, la harina de arroz se pasaron por un tamiz 50.

Formulación de diferentes concentrados líquidos a partir de mezclas de harinas obtenidas.

La bebida funcional se preparó con una mezcla de las harinas, agua, azúcar y canela. Se hicieron cuatro formulaciones **F1** (harina de semilla de jícaro) 100%, **F2** (harina de semilla de jícaro y harina de arroz) 75:25%, **F3** (harina de semilla de jícaro y harina de arroz) 50:50%**, F4** (harina de semilla de jícaro y harina de arroz) 25:75%.

Elaboración de las bebidas a partir de los concentrados líquidos y seleccionar la de mayor aceptabilidad.

Se prepararon las bebidas frescas y refrigeradas a las diferentes formulaciones, y se evaluó en el Instituto Tecnológico de Tuxtepec, y se hizo una prueba de aceptabilidad para determinar el grado de aceptación de la

bebida y seleccionar la formulación de mayor aceptación así como evaluar sus características físicas, químicas y microbiológicas.

Métodos.

Análisis microbiológicos

Los análisis microbiológicos se realizaron de acuerdo a la Norma Oficial Mexicana NOM 218-SSA1-2011 [12].se determinaron mesófilos aerobios, salmonellas, coliformes totales y E.coli. de la bebida de mayor aceptación por los evaluadores.

Análisis químico proximal.

Se realiza la caracterización de las bebidas en estado fresco y refrigerado a 4 ° C por medio de análisis físico-químicos y microbiológicos. Los análisis físico-químicos se realizaron de acuerdo a la A0AC [13], humedad, cenizas, proteínas, grasas, fibra cruda, acidez titulable, sólidos totales y °Brix**.**

Análisis estadístico.

Los análisis de resultados se evaluaron, utilizando un análisis de varianza (ANDEVA) de una

Vía, con un nivel de significancia de α=0.05, utilizando un programa estadístico STATISTICA versión 10 (StatSoft.Inc.1984-2008. USA). Cuando se encontraron diferencias significativas se utilizó la prueba de Turkey.

Resultados y discusión.

En la Figura 1 se observan los resultados de la bebida de mayor grado de aceptación, se prepararon las 4 formulaciones a las diferentes concentraciones, y se realizó una prueba sensorial de aceptabilidad, con 100 panelistas no entrenados en el Instituto Tecnológico de Tuxtepec, para evaluar la aceptabilidad y seleccionar la bebida de mayor preferencia con relación al sabor, fue la bebida con la formulación 75:25% **F2 (**harina de semilla de jícaro y harina de semilla de arroz), obteniendo una preferencia de 45%, la formulación **F3** 50:50% (harina de semilla de jícaro y harina de semilla de arroz) obtuvo una preferencia del 25%, la formulación **F4** 25:75% (harina de semilla de jícaro y harina de semilla de arroz) obtuvo una preferencia del 20%, por último la **F1** 100% (harina de semilla de jícaro) obtuvo una preferencia del 10%.



Figura 1. Resultados de la prueba de aceptabilidad, de las bebidas a diferente concentraciones Preparada con (harina de semilla de jícaro y harina de semilla de arroz).

Composición físico-química.

La Tabla 1. muestra los resultados del análisis químico proximal de la bebida fresca y refrigeradas a 4°C durante 9 días, de la formulación F4 75:25% (harina de semilla de jícaro y harina de semilla de arroz), ya que fue la que tuvo mayor aceptación, se observa que presentan diferencia significativa entre ellas. La bebida fresca presento un contenido de humedad mayor que la refrigerada, el contenido de humedad es un parámetro importante en los alimentos en polvo ya que determinan la estabilidad de los alimentos [14]. El valor de humedad de las bebidas está dentro de lo reportado por Corrales [7] que fue de 81.9%. También se puede observar que las 2 bebidas presentan valores altos de proteínas, presentando diferencias significativas entre ellas, estudios químicos y nutricionales demuestran que la semilla de jícaro es una fuente potencial de proteínas [11] y se encuentran por encima de los reportados por Corrales [7], 2.6%. Los resultados obtenidos indican que la bebida fresca elaborada a base de (harina de semilla de jícaro y harina de semilla de arroz), es una materia prima apropiada para el desarrollo de una bebida saludable con propiedades funcionales, beneficiosas para la salud.

Tabla 1. **Composición físico-química de la bebida fresca y bebida refrigerada a 4°C.**

Componentes (%)								
Muestras	**Humedad**	**Cenizas**	**Grasa**	**Fibra cruda**	**Proteínas**	**Sólidos totales**	**Acidez Titulable**	**°Brix**
Bebida Fresca	83.3±0.57[a]	0.46±0.00[a]	0.4±0.05[a]	1.46±0.30[a]	8.2±0.15[a]	4.3±0.57[a]	0.07±0.01[a]	4.0±0..05[a]
Bebida Refrigerada a 4°C	81.6±0.057[b]	1.22±0.21[b]	0.2±0.05[b]	2.36±0.15[b]	7.3±0.05[b]	6.6±0.08[b]	0.03±0.00[b]	6.4±0.05[b]

Los valores representan el promedio de tres repeticiones. Diferentes letras en la misma columna indican diferencia estadística significativa (p<0.05).

La Tabla 2 muestra los resultados del recuento de microorganismos de las bebidas y se comparan con la Norma Oficial Mexicana NOM-218-SSA1-2011. Los resultados microbiológicos muestran que los recuentos de microorganismos para bebida están por debajo por los máximos permitidos.

Tabla 2. **Tabla de especificaciones microbiológicas de la bebida fresca de acuerdo a la Norma Oficial Mexicana NOM-218-SSA1-2011.**

Microorganismos	UFC/g	Límite máximo
Mesófilos aerobios UFC/g	**48UFC/g**	**5000**
Coliformes totales NMP/g	**4UFC/g**	**<10**
Salmonella spp en 25 mL o g	**ausente**	**ausente**
E. coli NMP/g	**ausente**	**ausente**

Trabajo a futuro

Este proyecto se complementaria, haciendo una evaluación sensorial para determinar, que bebida es aceptada para posterior estudio de conservación y adición de un probiótico.

Conclusión.

Este trabajo permitió optimizar una bebida funcional a base de una mezcla de harina de semilla de jícaro y harina de arroz con un alto valor nutricional, estudios químicos y nutricionales demuestran que la semilla de jícaro es una fuente potencial de proteína y aceite carente de toxicidad. Semejante a los de la literatura, es una bebida que puede ser consumida por una gran variedad de personas. El jícaro no requiere de tecnología ni maquinas sofisticadas para su cultivo, está al alcance del pequeño productor. Se requiere continuar el estudio de este fruto para optimizar las condiciones de su procesamiento a escala industrial. Para esto se deberán focalizar los trabajos principalmente en el tratamiento de la semilla con el fin de facilitar la separación del germen de la cáscara y lograr una mayor diversificación de productos derivados, aplicando tecnologías de transformación y conservación que permitan asegurar la inocuidad del producto final. Además, es necesario realizar mejoras en el manejo agronómico del jícaro para aumentar el rendimiento y la eficiencia productiva del cultivo con miras a su industrialización

Referencias.

[1] S. Arenas, Etnobotánica y usos potenciales del cirián (*Crescentia alata*) en el estado de Morelos. Polibotánicas, E (18) 13-31.

[2] M. Juárez, A. Olano & F. Mora : Alimentos funcionales. Ed. FECYT. Madrid.2005

[3] Reglero. Los alimentos funcionales. Un tesoro cuestionado*. Encuentro Multidisciplinares*. No.37 Ene-Abr.2011

[4] A. Ramírez Cultivos para la producción sostenibles de biocombustibles: Una alternativa para la generación de empleos e ingresos: módulo III: Jícaro 2008

[5] E. Carranza. El uso de la harina de morro como ingrediente proteínico para la alimentación de la tilapia. *Revista Ciencia y Tecnología* no.19.pp 25-39, Dic.2016

[6] B.A. Hernández, J.A. Rodríguez, M.R. Díaz & Y.J. Peña. Mejoramiento de un sistema de micro propagación por organogénesis en cedro rojo *(Cedrela odorata)* y jicaro *(Crescentia cujete)*mediante el tamizaje fino de distintos explantes. *XII Congreso Nacional de Biotecnología y Bioingeniería* Jun. 2007

[7] C.V Corrales, G. Fliedel, A.M. Pérez, A. Servent, A. Prades, M. Dornier, & F.Vaillant. Physicochemical characterization of jicaro seeds *(Crescentia alata*): A novel protein and oleaginous seed. *Journal of Food Compoisition and Analysis, vol.56, pp. 84-92, 2017.* Disponible https://doi.org/1016/j.jfca 2016.11.007.

[8] M.*Torrez, González & K. Obando. Propuesta Tecnológica para la extracción de aceite y producción de harina de semilla de jícaro sabanero (Crescentia alata). Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma de Nicaragua.2016.*

[9] FAO. Procesado de cereales. Elaboración de base de horchata, elaboración de tortillas, elaboración de galletas nutricionales, elaboración de pan blanco, elaboración de pan dulce. Instructional manual. Composition and. Analysis vol.56, pp, 84-92 2017.

[10] R. Ortega. Manual para la producción semilla de arroz.2014.

[11] L. R. Salinas. Obtención y evaluación fisicoquímicas de leche vegetal a partir de semillas de jicaro sabanero (*Crescentia alata)* K.B.K. Tesis de Licenciatura. Universidad Nacional Autonoma de Nicaragua, 2013.

[12] Norma Oficial Mexicana NOM-218-SSA1-2011, Productos y servicios. Bebidas saborizadas no alcohólicas, sus congelados, productos concentrados para prepararlas y bebidas adicionadas con cafeína. Especificaciones y disposiciones sanitarias. Métodos de prueba

[13] AOAC Official Method of Analysis: Association of Analytical Chemists.19th Edition, Washington.2012

[14] A. Vázquez. Diseño de un producto base en polvo para la elaboración de bebidas reconstituidas. Tesis de Licenciatura Ciencias Biológicas del Instituto Politécnico Nacional, 2016

Evaluación sensorial de un confitado de cáscara de naranja con edulcorantes no convencionales

C. A. López Camacho[1], M.L. Sánchez Mundo[1], V. Rayo García[1], E. M. Arzate Escamilla[1], G. Luna Solano[2].*
[1]Instituto Tecnológico Superior de Las Choapas, Ingeniería en Industrias Alimentarias, Carretera Las Choapas- Cerro de Nanchital Km 6.0 Col. J. Mario Rosado, C.P. 96980 Las Choapas, Ver., México
[2]Instituto Tecnológico de Orizaba, Oriente 9, Emiliano Zapata, 94320 Orizaba, Ver. C.P. 94320. México
**sanchez_mundo@hotmail.com*
***Área de participación**: Ingeniería Química*

Resumen

La producción de naranja (*Citrus sinensis*) en el estado de Veracruz genera 8.7 mil toneladas de residuos por año, se buscan alternativas para su aprovechamiento en el desarrollo de nuevos productos funcionales. Se evaluó el grado de aceptación de confitados de cáscara de naranja elaborados por sustitución parcial con endulzantes como miel de abeja, de agave e inulina al 20, 40 y 60% de sustitución de azúcar. Se aplicaron técnicas hedónicas de 9 puntos y la técnica Just About Right (JAR). La técnica JAR indicó 5% de picor aceptable por los panelistas; mediante la técnica de evaluación sensorial los resultados indicaron que los productos sustituidos con 40% de miel de abeja, 60% de inulina y 60% de miel de agave presentaron el mayor grado de aceptación. Se concluye que los edulcorantes con bajo nivel calórico son una alternativa viable y funcional con un buen grado de aceptación.

***Palabras clave**: cáscara de naranja, snack, edulcorantes, sensorial*

Abstract

The production of orange (Citrus sinensis) in the state of Veracruz generates 8.7 thousand tons of waste per year, therefore, alternatives are sought for its use in the development of new functional products to enter the market. The objective was to evaluate the degree of acceptance of orange peel candies made by immersing syrups partially substituted with sweeteners such as honey, inulin and agave honey at concentrations of 20, 40 and 60% sugar substitution. The evaluation was through 9-point hedonic technique and by the Just About Right technique (JAR). JAR technique indicated 5% of spice acceptable by the panelists; through the sensory evaluation technique, the results indicated that the honey products with the highest degree of acceptance were those with 40% substitution, inulin with a higher degree of acceptance at 60% substitution, and agave honey with a greater degree of acceptance at 60% substitution. It is concluded that sweeteners with low caloric levels are suitable even for the consumption of people with diabetes, as they provide a nutritional and functional value.

***Key words**: orange peel, snack,sweeteners, sensory*

Introducción

Se han realizado productos con un valor agregado y funcional de los residuos de la cáscara de naranja y otros frutos para disminuir la contaminación que estos residuos generan. Los residuos generados por las industrias del procesamiento de jugos de sandía han sido aprovechadas para elaborar una fruta confitada y de esta manera reducir el impacto ambiental, aprovechando el 100%

de la fruta [1]. El polvo de cáscara de naranja y mandarina han sido valorados como ingredientes funcionales y tras ser sometidos a un proceso de secado y triturado, obteniendo polvos estables y con propiedades intactas para ser utilizadas en el desarrollo de alimentos funcionales [2].

Los endulzantes más utilizados por las personas con diabetes son la stevia, inulina, miel de agave, aspartame y la miel ya que contienen un índice glucémico bajo [3]. Los edulcorantes no calóricos han sido vistos como una alternativa más saludable para su uso en alimentos con el objetivo de disminuir la densidad calórica de los mismos, así como el consumo de energía [4]. Dentro de los edulcorantes naturales, tienen especial importancia los esteviósidos derivados de la planta *Stevia rebaudiana bertoni*, también la taumatina proveniente de *Thaumatococcus benth* y algunos otros que tienen aplicaciones incipientes como el jarabe de agave [5].

La inulina, que es un polisacárido constituido por unidades de fructosa y glucosa, ha sido incorporada en productos lácteos fermentados, jaleas, postres aireados, mousses, helados y productos de panadería. Existen reportes de la evaluación calórica y sensorial de una mezcla para helado formulado con inulina como sustituto parcial de grasa, por lo que la inulina es una alternativa, que permite ofrecer en el mercado helados funcionales, con bajo contenido calórico, sin perder la palatabilidad, que hace a los helados un producto placentero para la gran mayoría de la población mundial [6]. Se han realizado diferentes estudios en la utilización de edulcorantes en helado de agua sabor a fresa [7], en mermelada de fresa y mango [8], mermelada de jaca [9], bizcocho red velvet con miel de agave [10], jugo de mora con stevia [11]. El jarabe de agave tiene el doble de poder edulcorante que el azúcar común gracias a su composición, principalmente fructosa y dextrosa o glucosa. Se ha reportado el análisis comparativo entre jarabe de agave azul (*Agave tequilana* Weber var. azul) y otros jarabes y mieles naturales, en los que han validado su autenticidad, calidad e impacto en la salud [12].

Las escalas Just About Right (JAR) son ampliamente utilizadas en el desarrollo de nuevos productos, como técnica de investigación de consumidores. Se emplean para identificar si los atributos presentes en el alimento están bien optimizados o si, por el contrario, necesitan subir o bajar de intensidad. Existen metodologías que permiten identificar la manera en que los productos difieren del ideal de los consumidores y se usan comúnmente para guiar la innovación, es por ello que al momento de identificar desviaciones más significativas se utilizan las escalas de JAR parámetros de preferencias [13]. Por lo anterior expuesto, en el presente trabajo se evaluó el grado de aceptación de un confitado tipo snack a base de cáscara de naranja utilizando edulcorantes como la inulina, miel de agave y miel de abeja con un alto aporte de fibra para su consumo como alimento funcional, mediante la aplicación de una prueba hedónica y la escala de parámetros de preferencia de JAR.

Metodología

Materiales

El diseño y desarrollo del proyecto se llevó a cabo en el Laboratorio de usos múltiples del Instituto Tecnológico Superior de Las Choapas. La materia prima fue adquirida en la Juguería “La Parroquia” ubicada en la ciudad de Las Choapas, Ver. La miel de abeja, miel de agave e inulina se obtuvieron en una tienda de autoservicio.

Acondicionamiento de la materia prima

Los frutos de naranja fueron seleccionados libres de daños físicos y condiciones adecuadas para su procesamiento. El amargor de la cáscara fue eliminado mediante un escaldado a 90ºC durante 2 min seguido de enfriamiento con agua fría a 4ºC durante 1 min. Las cáscaras fueron sometidas a inmersión en jarabe al 100% de cada uno de los edulcorantes a 30ºC. Posteriormente, se realizó un proceso de secado en estufa (Marca NOVATECH Modelo 145-A1A), a 40ºC durante 24 h. Las muestras se empacaron en contenedores de plástico herméticos para su almacenamiento y posteriores estudios.

 ISSN 2007-8102

Formulaciones de los confitados
Se realizaron formulaciones con cada uno de los confitados como se muestra en la Tabla 1. A partir de esta formulación base, se realizaron tratamientos, sustituyendo el azúcar por inulina, miel de abeja y miel de agave en concentraciones de 20%, 40% y 60% de cada edulcorante.

Tabla 1. Formulación con diferentes porcentajes de miel de abeja e insumos.

	Tratamiento			
	Blanco	**T1**	**T2**	**T3**
		20%	40%	60%
Cáscara de naranja (g)	250	250	250	250
Jugo de naranja (mL)	120	120	120	120
Azúcar (g)	250	200	150	100
Edulcorante (g)	0	50	100	150
Chile de árbol TAJIN® (g)	5	5	5	5

Técnica de evaluación sensorial mediante escala de Just About Right (JAR) parámetros de preferencia
Para conocer la cantidad de picante justa para adicionar a los productos, se agregaron a los confitados las cantidades de 5, 10 y 20 g de chile de árbol TAJÍN®, se realizaron las pruebas de evaluación sensorial siguiendo la técnica descrita para la aplicación de las escalas de punto ideal o JAR [14]; la escala a evaluar fue: muy poco picante, poco picante, justo, un poco picante, muy picante.

Técnica de evaluación sensorial escala hedónica de nueve puntos
Se realizó una evaluación sensorial con una escala hedónica de 9 puntos (Me gusta extremadamente, me gusta mucho, me gusta moderadamente, me gusta levemente, ni me gusta ni me disgusta, me disgusta levemente, me disgusta moderadamente, me disgusta mucho, me disgusta extremadamente) a 90 jueces no entrenados. Los parámetros a valorar fueron apariencia, sabor, color, olor, picor textura y aceptación general. Todos los resultados se analizaron mediante un análisis de varianza (ANOVA) de una vía para la comparación múltiple de medias (Tukey, 0.05) utilizando el software estadístico MINITAB 17 (Minitab, Inc. 2010) [15].

Resultados y discusión

De acuerdo a la técnica de evaluación sensorial mediante escala de JAR, la Figura 1 muestra que la adición 20 g y 10 g de picante fueron considerados un poco picante en un 58-72% de los catadores. Para el caso de nivel de 5 g de picante, el 92% de los catadores lo evaluaron como “lo justo”, lo que indicó que el grado de picante fue optimizado; de acuerdo a Li et al. [16] si el porcentaje de jueces que marcan “lo ideal” (o JAR) es 75% el atributo se considera optimizado; sin embargo esto puede depender del tipo de producto en estudio. Las escalas JAR son ampliamente utilizadas en el desarrollo de nuevos productos, como técnica de investigación de consumidores. Se emplean para identificar si los atributos tales como sabor, olor, textura, presentes en el alimento están bien optimizados o si, por el contrario, necesitan subir o bajar de intensidad [17-18]. La evaluación o respuesta que emiten los jueces ante un estímulo bajo determinadas condiciones no depende solamente de la naturaleza e intensidad del estímulo (que en este caso son las características organolépticas del alimento que se evalúa, más el efecto del medio que circunda al juez) sino depende también de otros factores tales como cultura, tradiciones, hábitos de consumo, etc... [19].

 ISSN 2007-8102

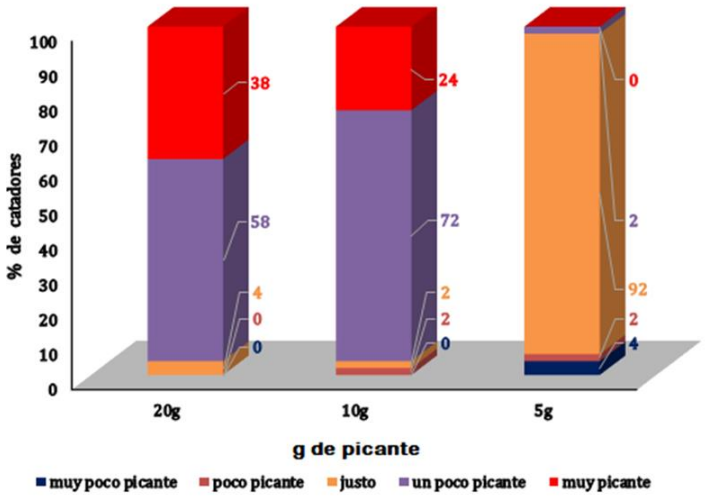


Figura 1. Barras que representan el porcentaje de jueces que seleccionaron los diferentes niveles en la escala JAR (Just-About-Right) para el grado de picor de 20, 10 y 5 g de picante añadido al producto.

Con respecto a la evaluación sensorial tipo escala hedónica, los resultados mostraron que la formulación de miel de abeja de 40% de sustitución fue la de mayor aceptación general con valores de 3.8667 ± 0.3457 (Tabla 2). Asimismo, los catadores no percibieron diferencia entre la sustitución de miel de abeja del 20% y 40% en cuanto a la apariencia, el olor, sabor y picor. La miel mejoró el aspecto visual del producto, dándole una apariencia brillosa y una consistencia altamente aceptable. Estos resultados son semejantes a los reportados en galletas con miel de abeja en concentraciones de 20, 40 y 60%, con una mayor aceptación con un 40% de miel de abeja [20]. Los valores de aceptación general de los confitados son cercanos a los reportados en confitados de carambola en almíbar de camu [21].

Tabla 2. Evaluación sensorial escala hedónica de nivel de agrado de miel de abeja.

Muestra	Miel 20%	Miel 40%	Miel 60%	Blanco
Apariencia	2.933 ± 0.5208^{a}	3.066 ± 0.4498^{a}	2.933 ± 0.3651^{a}	2.466 ± 0.5074^{b}
Color	3.067 ± 0.583^{b}	3.500 ± 0.572 ^{a}	3.066 ± 0.449^{b}	2.766 ± 0.430^{b}
Olor	3.433 ± 0.5040^{bc}	3.800 ± 0.4068^{a}	3.500 ± 0.5085^{ab}	3.133 ± 0.3457^{c}
Textura	3.066 ± 0.520^{b}	3.500 ± 0.630 ^{a}	3.000 ± 0.743 ^{b}	2.733 ± 0.520 ^{b}
Sabor	3.367 ± 0.556 ^{ab}	3.700 ± 0.466 ^{a}	3.500 ± 0.508 ^{ab}	3.233 ± 0.430 ^{b}
Picor	3.600 ± 0.4983^{ab}	3.733 ± 0.4498^{a}	3.366 ± 0.4901^{b}	3.300 ± 0.4661^{b}
Aceptación general	3.633 ± 0.4901^{a}	3.866 ± 0.3457^{a}	3.600 ± 0.4068^{a}	3.200 ± 0.4068^{b}

Las desviaciones estándar se obtuvieron a partir de n=3 repeticiones y medias con la misma letra no presentan diferencia estadística (Tukey p≤0.05) en cada columna.

En cuanto a los resultados de la inulina, la concentración del 60% de sustitución fue la de mayor agrado con valores de 3.7667 ± 0.5040; nuevamente los catadores no percibieron ninguna diferencia estadística en cuanto a apariencia, color, olor, textura sabor y picor, una similitud en cuanto a la concentración en el apartado de aceptación general (Tabla 3). La sustitución al 60% de inulina incrementó el agrado mejorando su consistencia, pues la inulina le proporcionó una textura

agradable, coincidiendo con otros autores [22]. Se ha evaluado la aplicación de la inulina en la adición del helado sin ningún efecto negativo manteniendo las características de textura [6]. El grado de aceptación de la incorporación de picante en un alimento puede tener relación con la naturaleza del alimento matriz, así como la cultura de alimentación del mismo tal como se evaluó en un estudio intercultural de aceptabilidad y maridaje de alimentos para salsas picantes [23].

Tabla 3. Evaluación sensorial escala hedónica de nivel de agrado de inulina (Inu).

Muestra	Inu 20%	Inu 40%	Inu 60%	Blanco
Apariencia	2.700 ± 0.651^{ab}	2.900 ± 0.480^{ab}	3.000 ± 0.454^{a}	2.533 ± 0.507^{b}
Color	3.233 ± 0.5040^{a}	3.233 ± 0.626^{a}	3.400 ± 0.621^{a}	3.000 ± 0.695^{a}
Olor	3.400 ± 0.724^{a}	3.300 ± 0.596^{a}	3.567 ± 0.626^{a}	3.433 ± 0.568^{a}
Textura	2.700 ± 0.651^{a}	2.733 ± 0.640^{a}	2.933 ± 0.640^{a}	2.733 ± 0.691^{a}
Sabor	3.433 ± 0.679^{a}	3.367 ± 0.615^{a}	3.567 ± 0.679^{a}	3.233 ± 0.504^{a}
Picor	3.700 ± 0.535^{ab}	3.733 ± 0.520^{ab}	3.800 ± 0.484^{a}	3.400 ± 0.563^{b}
Aceptación general	3.666 ± 0.546^{a}	3.633 ± 0.556^{a}	3.766 ± 0.504^{a}	3.500 ± 0.572^{a}

Las desviaciones estándar se obtuvieron a partir de n=3 repeticiones y medias con la misma letra no presentan diferencia estadística (Tukey p≤0.05).

Con respecto a los resultados de la miel de agave tomando en cuenta el blanco la concentración de 60% de sustitución fue la que obtuvo un mayor agrado con un valor de 4, concluyendo que todas las concentraciones fueron iguales estadísticamente, para los catadores en cuanto a la apariencia, color, olor, textura, sabor y picor (Tabla 4). Este resultado fue similar al grado de aceptabilidad reportado en fruta confitada de mango verde con jarabe de sacarosa al 30, 40 y 50% [24], confitados de piña [25], también se ha evaluado la adición de la miel de agave en pan tipo bizcocho, detectándose un olor y sabor más agradable en comparación con el blanco [10].

Tabla 4. Evaluación sensorial escala hedónica de nivel de agrado de miel de Agave (Aga)

Muestra	Aga 20%	Aga 40%	Aga 60%	Blanco
Apariencia	3.466 ± 0.507^{a}	3.500 ± 0.508^{a}	3.766 ± 0.430^{a}	2.967 ± 0.669^{b}
Color	3.866 ± 0.345^{a}	3.833 ± 0.379^{a}	3.966 ± 0.182^{a}	3.400 ± 0.621^{b}
Olor	3.833 ± 0.379^{a}	3.866 ± 0.345^{a}	3.933 ± 0.253^{a}	3.533 ± 0.507^{b}
Textura	3.433 ± 0.568^{a}	3.433 ± 0.504^{a}	3.733 ± 0.449^{a}	2.800 ± 0.484^{b}
Sabor	3.866 ± 0.345^{a}	3.866 ± 0.345^{a}	4.000 ± 0.000^{a}	3.566 ± 0.504^{b}
Picor	3.933 ± 0.253^{a}	3.866 ± 0.345^{a}	4.000 ± 0.000^{a}	3.633 ± 0.490^{b}
Aceptación general	3.933 ± 0.253^{ab}	3.966 ± 0.182^{a}	4.000 ± 0.000^{a}	3.766 ± 0.430^{b}

Las desviaciones estándar se obtuvieron a partir de n=3 repeticiones. Medias con la misma letra no presentan diferencia estadística (Tukey p≤0.05).

Trabajo a futuro

A partir de estos resultados se espera continuar con los estudios de vida de anaquel de los productos, así como las pruebas de composición proximal y de determinación de predicción del índice glicémico.

Conclusiones

La cáscara de naranja representa una alternativa de uso para la elaboración de alimentos funcionales altos en fibra dietaria. Los productos elaborados con miel de abeja, inulina y miel de agave presentaron los mayores grados de aceptación con valores entre 40 y 60 % de sustitución, siendo una alternativa de confitados con edulcorantes de bajo nivel calórico con propiedades funcionales y nutritivas.

Agradecimientos

Se agradece a la Dra. Guadalupe Luna Solano, responsable del Laboratorio de Bioprocesos ubicado en plantas piloto del Tecnológico Nacional de México, Campus Orizaba para la realización del presente proyecto, así como su valiosa asesoría durante la estancia estudiantil.

Referencias

[1] M. Cortes, “Estudio de factibilidad para la elaboración de fruta confitada a partir de la cáscara de sandía,” Tesis de Licenciatura, Facultad de Ingeniería Industrial, Universidad de Guayaquil, Guayaquil, Ecuador, Junio. 2016.

[2] R. Sáez, “Caracterización de polvos de piel de mandarina para su uso como ingrediente funcional en alimentos,” Tesis de Licenciatura, Facultad de Agronomía, Universidad Politécnica de Valencia. España, Noviembre. 2017.

[3] D. Zumba, “Utilización de la miel de cabuya negra Agave americana l como endulzante natural para la elaboración de postres,” Tesis de Licenciatura, Escuela de Gestión Gastronómica, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, Ecuador, Diciembre. 2016.

[4] M. Pepino, “Physiology and behavior metabolic effects of non-nutritive sweeteners”, *Physiology & Behavior*, vol. 152, pp. 450-45, 2015.

[5] R. Philip, K. Dewettinck, “Rheological properties, melting behaviours and physical quality characteristics of sugar-free chocolates processed using inulin/polydextrose bulking mixtures sweetened with stevia and thaumatin extracts”, *LWT - Food Science and Technology*, vol. 62, no.1, pp. 592-59, 2015.

[6] J. Rodríguez, L. Mejía, L. Serna, “Evaluación calórica y sensorial de una mezcla para helado formulado con inulina como sustituto parcial de grasa,” *Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación*, vol. 22, no. 2, pp. 1294, 2019.

[7] S. Cerón, “Efecto de la sustitución parcial y total de azúcar por edulcorantes artificiales (aspartame, sacarina, sucralosa) en las propiedades organolépticas del helado de agua sabor fresa,” Tesis de Licenciatura, Facultad de Industrias Agropecuarias y Ciencias Ambientales, Escuela de Desarrollo Integral Agropecuario, Tulcán, Ecuador, Junio. 2016.

[8] J. Benítez, K. Pozuelo, “Desarrollo de mermelada de fresa (Fragaria ananassa) y de mango (Mangifera indica) con sustitución parcial de azúcar por Stevia,” Tesis de Licenciatura, Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras, Noviembre. 2017.

[9] F. Cisneros, ”Desarrollo de formulación para la elaboración de mermelada de fruto jaca (*Artocarpus heterophyllus* Lam) con sustitución parcial de azúcar por edulcorantes,” Tesis de Licenciatura, Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos, Universidad Técnica de Ambato, Ambato, Ecuador, Agosto. 2018.

[10] D. Hernández, “Miel de agave como edulcorante en el bizcocho Red Velvet,” Tesis de Licenciatura, Centro Universitario Uaem Tenancingo, Universidad Autónoma del Estado de México, México. 2018.

[11] C. González, A. Hernández, E. Cubero, “Aceptación de un jugo de mora endulzado con estevia en contraste con otros edulcorantes,” *Revista de Ciencia y Tecnología Agrollanía,* vol. 14, pp. 14-22, 2017.

[12] E. Mellado, M. López, “Análisis comparativo entre jarabe de agave azul (Agave tequilana Weber var. azul) y otros jarabes naturales,” *Agrociencia*, vol. 47, pp. 233-244, 2013.

[13] G. Ares, J. Cunha, L. Antúnez, F. Alcaire, M. Swaney, S. Gordon, and S. Jaeger, “ Hedonic product optimisation: CATA questions as alternatives to JAR scales,” *Food Quality and Preference,* vol. 55, pp. 67-78, 2016.

[14] I. Fernández, E. García, A. Fuente, “Aplicación de las escalas de punto ideal o Just-About-Right (JAR) en análisis sensorial de alimentos,” Tesis de Licenciatura, Departamento de Tecnología de Alimentos, Universidad Politécnica de Valencia, España. 2018.

[15] Minitab Inc, 2010. Minitab 16 Statistical Software. Minitab Inc., State College, PA, retrieved from http://www.minitab.com

[16] B. Li, J. Hayes, J. Ziegler, “Just-about-right and ideal scaling provide similar insights into the influence of sensory attributes on liking,” *Food Quality and Preference, Dialnet*, vol. 37, pp.71-78, 2014.

[17] M. Cárdenas, H. Ceballos, Y. Salazar, M. Romero, M.Gallegos, M. Cáceres, “Uso de pruebas afectivas, discriminatorias y descriptivas de evaluación sensorial en el campo gastronómico,” *Revista científica. Dialnet.* vol. 4, no.3, pp. 253-263, 2018.

[18] G. Concha, “Factores que influyen en la evaluación sensorial requerimientos para la evaluación sensorial métodos de evaluación sensorial,” Tesis de Licenciatura, Facultad de Ingenieria de Procesos, Escuela Profesional de Ingeniería de Industrias Alimentarias, Arequipa, Perú. 2014.

[19] J. Choi, M. Gwak, S. Chung, K. Kim, M. O'Mahony, R. Ishii, and Y. Bae, “Identifying the 460 drivers of liking by investigating the reasons for (dis)liking using CATA in cross-cultural context: a case 461 study on barbecue sauce,” *Journal of the Science of Food and Agriculture*, vol. 95, 1613-1625, 2015.

[20] V. Clemente, “Formulación y evaluación de galletas de trigo elaborados con fuentes edulcorantes no convencionales,” Tesis de Licenciatura, División de Ciencia Animal Programa Docente de Ciencia y Tecnología de Alimentos, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Coahuila, México, Abril. 2014.

[21] G. García, L. Cueva, “Rodajas de Averroa carambola (Carambola) confitada en almíbar de pulpa refinada de Myrciaria dubia (Camu camu),” Tesis de Licenciatura, Escuela de Formación Profesional de Ingeniería en Industrias Alimentarias, Universidad Nacional de la Amazonia Peruana, Ecuador, 2018.

[22] M. Gao, A. Brennan, S. Mason, S. Brennan, “Effect of sugar replacement with stevianna and inulin on the texture and predictive glycaemic response of muffins,” *LWT Food Science and Technology,* vol. 1, no. 9, agosto, 2016.

[23] J. Hyun, J. Seo, O. Kwang, B. Nielsen, R. Ishii, M. O`Mahony, “A cross-cultural study of acceptability and food pairing for hot sauces,” *Appetite*, vol. 123. pp. 306-316, enero-Abril, 2018.

[24] C. Peña, “Obtención de parámetros óptimos en la elaboración de fruta confitada a partir del mango verde (*Mangífera indica*),” Tesis Profesional, Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial e Industrias Alimentarias, Universida Nacional de Piura, Perú, Julio. 2019.

[25] M. Chávez, “Obtención de parámetros tecnológicos para la elaboración de fruta confitada de corazón (endocarpio) de piña (*Ananas comusus*) variedad golden (híbrido md-02),” Tesis de Licenciatura, Facultad de Ingeniera en Industrias Alimentarias, Universidad Nacional Agraria de la Selva Tingo María, Perú, julio, 2015.

Aplicación de películas comestibles en mango petacón (*Magnifera indica*) minimamente procesado

A. García-Ceja[1], L. Nava Montiel[1], A. L. Saldaña Cabrera[1]
[1]Departamento de Ingeniería en Industrias Alimentarias, Instituto Tecnológico Superior de Venustiano Carranza
Ave. Tecnológico S/N, Col, el Huasteco, Cd. Lázaro Cárdenas, CP 73049, Puebla, México
*adelfo.ceja@vcarranza.tecnm.mx

***Área de participación**: Ingeniería Química*

Resumen

El objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto de las películas comestibles (PC) de Alginato-Guar (A-G) y Alginato-Pectina (A-P) en cubos frescos de mango petacón (*Mangifera indica*) y sin ellas (Control (C)). Los mangos fueron sanitizados, pelados y troceados en cubos de 1 cm^3, se sumergieron en soluciones de A-G (1-0.25%) y A-P (1-0.5%) y posteriormente en la solución de $CaCl_2$ (1 M), se enjuagaron, secaron y almacenaron en bolsas con cierre hermético por 12 días a 4 ºC. Se determinó pH, acidez y sólidos solubles (ºBrix), crecimiento microbiano (mesófilos, psicrófilos, hongos y levaduras). El pH y ºBrix se mantuvieron constante en el almacenamiento. A-P y A-G no presentaron cambios en los mesófilos, en comparación con C (aumentando un ciclo Log). En psicrófilos, C disminuyó el crecimiento, a diferencia de A-P y A-G. En hongos y levaduras, C aumentó 1.5 ciclos Log y A-P y A-G permanecieron constantes.

***Palabras clave**: Mango, Alginato, Pectina, Guar.*

Abstract

The objective of this work was to evaluate the effect of the edible films (PC) of Alginate-Guar (AG) and Alginate-Pectin (AP) in fresh cubes of petacon mango (Mangifera indica) and without them (Control (C)). Mangoes were sanitized, peeled and cut into 1 cm^3 cubes, dipped in solutions of AG (1-0.25%) and AP (1-0.5%) and subsequently in $CaCl_2$ solution (1 M), rinsed, dried and stored in airtight bags for 12 days at 4 ºC. pH, acidity and soluble solids (ºBrix), microbial growth (mesophiles, psychrophiles, fungi and yeasts) were determined. pH and ºBrix were kept constant in storage. A-P and A-G showed no changes in mesophiles, compared to C (increasing one Log cycle). In psychrophiles, C decreased growth, unlike A-P and A-G. In fungi and yeasts, C increased 1.5 Log cycles and A-P and A-G remained constant.

***Key words**: Mango, Alginate, Pectin, Guar.*

Introducción

Generalidades del mango Manila (*Mangifera indica*)

Mangifera indica pertenece a la familia Anacardiaceae, es una de las frutas más populares en las regiones tropicales. El mango se cultiva desde hace 4,000 años y ocupa el segundo lugar de frutos tropicales más comercializados internacionalmente [1]. Este cultivo es considerado de gran importancia a nivel nacional e internacional, debido a la demanda del mercado principalmente por su agradable sabor, aroma y por su alto valor nutricional, rico en agua, azúcares, fibra, minerales y vitaminas [2, 3]. Es un delicioso fruto de temporada y es considerado como el rey de los frutos [4]. Como se observa en la Figura 1.

 ISSN 2007-8102



Figura 1. **Mango Manila (*Magnifera indica*).**

En México, existen diversas variedades como: Tommy, Haden, Ataulfo, Manila, Irwin, Esmeralda, Manzana, Naranja, Oro, Petacón, Piña, Canario, Sensación y Kent, que se encuentran disponibles en verano [5]. Es una de las frutas más apetecidas mundialmente para consumo en fresco debido a su aceptación sensorial, su excelente calidad comestible (color brillante, sabor dulce y delicioso) [6] y sus características nutricionales. Además, es considerado fuente de antioxidantes como ácido ascórbico, compuestos fenólicos y carotenoides, responsables de su color característico [7, 8]. Estos últimos son beneficiosos para la salud debido a su capacidad antioxidante [9]. El mango se consume principalmente fresco, sin embargo, existe una variedad de productos procesados que incluye almíbares, jugos, néctar, mermelada, entre otros [10].

Envases biodegradables

El envasado es una etapa muy importante en el procesado de alimentos, y la elección del material correcto para su elaboración es fundamental para contribuir a la preservación de la calidad del producto. Su función principal es proteger a los alimentos de daños físicos y de deterioro químico o microbiológico durante su almacenamiento y distribución; actuando como barreras en el intercambio gaseoso de vapor de agua, oxígeno, bióxido de carbono y compuestos que imparten aromas [11]. También debe conservar los nutrientes y propiedades organolépticas proporcionando higiene y sanidad al producto envasado, de la misma manera debe garantizar la estabilidad de los alimentos, protegerlos del daño mecánico, la oxidación, la luz y debe evitar una reducción en la pérdida o ganancia de humedad o aromas, para prolongar su vida útil [12,13]. El material de envasado puede evitar el deterioro de los alimentos, disminuyendo la interacción entre el alimento y el medio que lo rodea. Actualmente, la mayor parte de materiales de empaque provienen de polímeros derivados del petróleo, los cuales al no ser biodegradables han generado un problema serio de contaminación ambiental a nivel mundial [14]. El desarrollar empaques que extiendan la vida de anaquel de los productos alimenticos y a la vez contribuyan a la reducción de la contaminación asociada al desecho de empaques, ha motivado al creciente interés por empaques a base de biopolímeros, es por ello, se han hecho estudios científicos usando las películas comestibles [15].

Películas comestibles (PC)

Las PC como una o varias capas delgadas de un material biopolímero que son aplicadas sobre la superficie de un alimento como un recubrimiento en adición o remplazo de la corteza natural y que pueden ser consumidos [12,16]. Tal y como se muestra en la Figura 2.

 ISSN 2007-8102

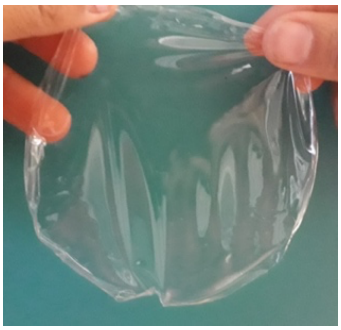


Figura 2. **Película comestible a base de biopolímeros.**

Funciones de las PC

Unas de las funciones principales de la PC es formar una barrera semipermeable a los gases y al vapor de agua que retrasa el deterioro del alimento, ayudan a mantener la integridad estructural del producto que envuelven, aplicados a las frutas permiten controlar la respiración [17]. También tienen un papel significativo en la vida de anaquel de los alimentos debido a que reducen la pérdida de agua, permiten el control respiratorio, retrasan el envejecimiento y mejoran la calidad y valor comercial de los mismos, manteniendo sus atributos de calidad y valor nutritivo [18].

Componentes de las PC

Las PC pueden formarse por polisacáridos, proteínas, lípidos, aditivos y compuestos activos; estas han jugado un papel importante dentro de la industria alimentaria. Se elaboran a partir de componentes únicos o combinados, con la finalidad de que tengan mejores propiedades de barrera y mecánicas [15, 19] Los lípidos se utilizan para reducir la transmisión de agua, los polisacáridos se usan para controlar el oxígeno y otros de transporte de gas y las proteínas proporcionan estabilidad mecánica al alimento [20, 21].

Metodología

Materiales

Para la elaboración de las PC se utilizó goma guar (Altesa, Puebla, México), alginato de sodio (FMC BioPolymer, Noruega), pectina (GENU, Estados Unidos de América), cloruro de calcio ($CaCl_2$) (Meyer, D.F México), glicerol (J.T. Baker, México D.F). En el análisis microbiológico se utilizó agua peptonada (Becton Dickinson, Pont de Claix, France), agar para método estándar (BD, Le Pont de Claix, France), agar PDA (Becton Dickinson, Cuautitlán Izcali, Estado de México). Se utilizó mango petacón (*Magnifera indica*) de madurez media, los cuales fueron adquiridos en un mercado local de la Ciudad Lázaro Cárdenas, Venustiano Carranza, Puebla.

Pasteurización de las mezclas

Para eliminar la carga microbiana de los diferentes biopolímeros, se utilizó el método propuesto por García-Ceja [1722], las mezclas de A-P y A-G se pasteurizaron por 20 min a 80 ºC.

Elaboración de películas comestibles

Para la elaboración de las películas se utilizó el método de gelificación iónica. Se preparó una mezcla de A-G (1-0.25%) (p/v) y A-P (1-0.5%) (p/v), a cada mezcla se le adicionó 3% de glicerol (p/v). Se preparó una solución de ($CaCl_2$) al 1 M.

De las mezclas anteriores fueron tomados 15 mL y se vertieron en cajas Petri, después se agregó ($CaCl_2$) para que gelificaran las películas; una vez obtenidas fueron colocadas en un horno (modelo A52035, marca Oven, México) a una temperatura de 80 ºC por 20 min para ser secadas. Las películas obtenidas fueron almacenadas a temperatura ambiente (33 ºC) en bolsas con cierre hermético.

Aplicación de películas en cubos de mango

El mango se desinfectó con agua purificada y clorada al 2%, se peló, se fileteó y se sacaron cubos de mango de 1 cm^3, cabe destacar que el mango que se utilizó tenía una consistencia firme, de madurez media. Los cubos fueron sumergidos a las mezclas de A-P y A-G durante 1 min con la finalidad de que el fruto quedara cubierto de manera uniforme, posteriormente fueron agregados a una solución de $CaCl_2$ al 1 M por 10 min; una vez pasado el tiempo, se enjuagaron con agua purificada esterilizada hasta eliminar el exceso de $CaCl_2$. Con una toalla estéril fueron secados. Los cubos de frutas fueron almacenados en refrigeración a una temperatura de 4 ºC.

Análisis microbiológico

Se peso 10 g de cada muestra y se trituró en un mortero estéril, se le adicionarán 90 mL de agua peptonada y se hicieron las respectivas disoluciones, estos se realizarán cada tercer día. La siembra de mesófilos se utilizó agar para método estándar, las muestras se colocarán en una incubadora a 35 °C (A50105, Novatech, México) por 24 h. Basado en la NMX-F-253-1977 [23]. La siembra de psicrófilos se empleó agar para método estándar, las muestras se introducen en un refrigerador (H15-004081, Tor-rey, México) por 5 días a una temperatura de 4 °C. Basado en la NOM-092-SSA1-1994 [24]. Los hongos y levaduras serán determinados por la norma NMX-F-255-1978 [25]. Se utilizó PDA para las muestras y se dejarón a 35 °C durante 7 días.

Parámetros de calidad

El pH se midió mediante un potenciómetro digital (modelo PH-80, marca HM-Digital) por inmersión directa del electrodo en la muestra, basado en la NOM-F-317-S-1978 [26]. Determinación de pH en los alimentos. La determinación de los sólidos solubles (ºBrix) se realizó por medio de un refractómetro (modelo 950032B-ATC, marca Alla France), basado en la NMX-FF-015-1982 [27]. Determinación de acidez titulable en fruta fresca, se basó en la NMX-F-102-S-78, 1978 [28], el método se basa en la titulación de la muestra de mango recubierto diluida, con una solución de NaOH 0.1 N valorada previamente, hasta el vire de la fenolftaleína.

Análisis estadístico

Se realizó un análisis estadístico, utilizando el software Minitab Versión 16, aplicando pruebas de Tukey (P >0.05%) Las determinaciones se hicieron por triplicado y los resultados expresados por la media y desviación estándar.

Resultados y discusión

Análisis microbiológicos

Al aplicar los dos tipos de mezclas (A-P y A-G), a los cubos de mango petacón minimamente procesados, y comparándose con el control (C). Mostró que el crecimiento de microorganismos mesófilos, aumentó medio ciclo logarítmico en C, durante el almacenamiento. A diferencia de los cubos con A-P y A-G, donde tuvieron un comportamiento muy similar y con menos población microbiana, en los 12 días del estudio. Hay diferencias significativas en los tratamientos con respecto al control (letras iguales, no hay diferencia; letras diferentes, si existe diferencia). De acuerdo con la

 ISSN 2007-8102

NOM-093-SSA1-1994 [29] los valores de mesófilos están dentro de los límites máximos permitidos para frutas frescas y ensaladas de frutas frescas (Figura 3).

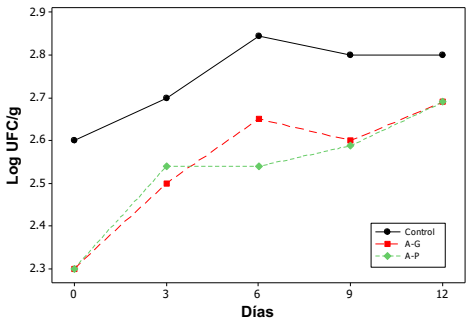


Figura 3. Comportamiento de mesófilos en cubos de mango (*Mangifera indica*) frescos (C^{b}, A-P^{a} y A-G^{a}).

En la Figura 4 se muestra el comportamiento del crecimiento de psicrófilos en los cubos de mango petacón. En donde C y A-P presentaron comportamientos muy similares durante el almacenamiento, manteniendo una población constante después de los 6 días; a diferencia de A-G, la cual aumentó con respecto al tiempo. En un estudio comparativo donde se adicionaron aceites esenciales en un recubrimiento comestible a base de alginato, en cubos frescos de manzana Fuji; el crecimiento de psicrófilos fue mayor al inicio y final durante los 30 días a 5 °C (de 3 a 4.5 UFC/g) [30].

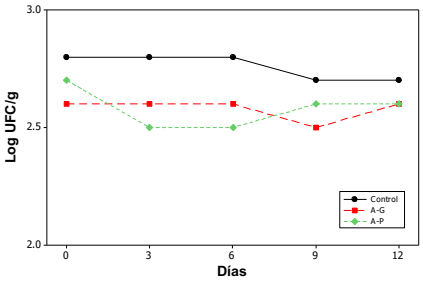


Figura 4. Crecimiento de psicrófilos en cubos de mango (*Mangifera indica*) frescos (C^{a}, A-P^{a} y A-G^{a}).

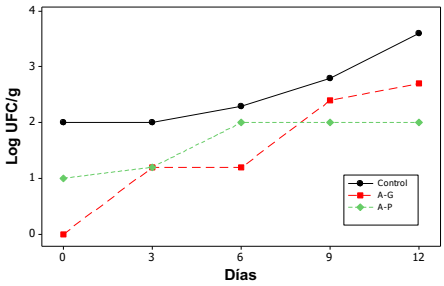


Figura 5. Comportamiento de hongos y levaduras en cubos de mango (*Mangifera indica*) frescos, (C^{a}, A-P^{b} y A-G^{b}).

El comportamiento de población microbiana de hongos y levaduras en los cubos se observa en la Figura 5. Incrementándose paulatinamente la carga microbiana en C y A-P, teniendo un aumento de 1.5 y 2.5 ciclos logarítmicos respectivamente durante el almacenamiento, a diferencia de A-G en el que sólo aumentó 1 ciclo; habiendo diferencias significativas en los tratamientos.

Parámetros de calidad

Durante el almacenamiento de los cubos de mango petacón se medió el cambio de pH. En la Tabla 1 se muestra dicho comportamiento. Donde la A-P, A-G y C, no tuvieron un cambio considerable de pH. Manteniéndose estables durante el tiempo de estudio. Estadísticamente, no existió diferencia significativa entre los distintos tratamientos ($P > 0.05$).

 ISSN 2007-8102

Tabla 1. Cambio de pH en cubos de mango petacón (*Magnifera indica*).

Días	C	A-P	A-G
0	4.4± 0.06[a]	4.5± 0.0[a]	4.5± 0.06[a]
3	4.4± 0.12[a]	4.5± 0.06[a]	4.4± 0.10[a]
6	4.4± 1.0[a]	4.4± 0.06[a]	4.4± 0.06[a]
9	4.3± 0.06[a]	4.4± 0.0[a]	4.4± 0.0[a]
12	4.3± 0.06[a]	4.4± 0.06[a]	4.4± 0.0[a]

C: Control, A-P: Alginato-Pectina y A-G: Alginato-Guar.

En la Tabla 2 se observa la variación de acidez que presentaron los cubos de mango durante los 12 días a 4 ºC. La muestra C fue disminuyendo la acidez con respecto al tiempo, y para A-P y A-G los valores de acidez se mantuvieron contantes durante el almacenamiento. Pavón [31] observó que durante el almacenamiento el valor de acidez titulable disminuia en las frutas. Por otro lado, al emplear películas comestibles a base de gomar guar, aloe vera y alga spirulina platensis; los valores de acidez no tenían cambios significativos en el tiempo de almacenamiento de los mangos [7]. En dicho parámetro existió diferencia significativa (*P>0.05*).

Tabla 2. Variación de la acidez titulable en cubos de mango petacón (*Magnifera indica*).

Días	C	A-P	A-G
0	0.7± 0.05[a]	0.4± 0.01[b]	0.4± 0.01[b]
3	0.6± 0.04[a]	0.4± 0.01[b]	0.4± 0.0[b]
6	0.5± 0.0[a]	0.4± 0.01[b]	0.4± 0.01[b]
9	0.5± 0.01[a]	0.4± 0.01[b]	0.4± 0.03[b]
12	0.4± 0.02[a]	0.4± 0.02[b]	0.4± 0.0[b]

C: Control, A-P: Alginato-Pectina y A-G: Alginato-Guar.

Los ºBrix son el % de sacarosa que hay en el jugo de cualquier fruto, se considera un parámetro indicativo de la madurez de los frutos, ya que los valores usualmente se incrementan en el periodo de maduración. La Tabla 3 muestra que los valores de °Brix se mantuvieron constantes con el tiempo de almacenamiento para los cubos de mango petacón con A-P y A-G, con respecto a C, disminuyó el valor. Estadísticamente, si existieron diferencias entre los distintos tratamientos (*P>0.05*).

Tabla 3. Comportamiento de ºBrix de los cubos de mango petacón (*Magnifera indica*).

Días	C	A-P	A-G
0	18± 0.13[a]	16± 0.0[b]	16± 0.09[b]
3	18± 0.06[a]	16± 0.06[b]	16± 0.01[b]
6	17± 0.10[a]	16± 0.06[b]	16± 0.05[b]
9	17± 0.01[a]	16± 0.04[b]	16± 0.0[b]
12	17± 0.06[a]	16± 0.06[b]	15± 0.01[b]

C: Control, A-P: Alginato-Pectina y A-G: Alginato-Guar.

Trabajo a futuro

Aplicación de las películas comestibles a frutas minimamente procesadas con diferentes a_w y pH. Determinación de la permeabilidad al oxígeno, erdida de peso del la fruta y tiempo de solubilización.

Conclusiones

Las PC elaboradas con biopolímeros ofrecen muchas ventajas, por ejemplo: ser biodegradables, actuar como un buen vehículo para transportar agentes activos, mejorar la apariencia y calidad de

los alimentos, mantener la población microbiana, sensorial y de textura durante el almacenamiento y alargar la vida de anaquel.
El crecimiento microbiano disminuyó al utilizar las películas comestibles de A-P y A-G en comparación con el control.
Los parámetros de calidad (pH, sólidos solubles y acidez titulable) monitoreados en los cubos de mango petacón con películas comestibles de A-G y A-P se mantuvieron estables a diferencia del C, estadísticamente no hay diferencia entre estos dos tipos de componentes para las P.C.

Agradecimientos

Este trabajo fue apoyado por el Instituto Tecnológico Superior de Venustiano Carranza y el proyecto aprobado por parte del TecNM. Así como a los estudiantes que integran el cuerpo de investigación de la carrera de IIAL del Instituto.

Referencias

[1] E. J. P**.** Pérez, W. X. Du, B. R. J. Avena, S. N. F. Ferreira and H. T. Mchugt, “Edible films from pectin: Physical-mechanical and antimicrobial properties,” *Food Hydrocolloids*, vol. 5, pp. 287-296, 2013.

[2] M. A. Rebolledo, P. A. L. Del Ángel, G. J. V. Megchún, G. J. Adame, V. J. Nataren and B. A. Capetillo, “Coberturas vivas para el manejo de malezas en mango (*Mangifera indica* L.) tropical and subtropical,” *Agroecosystems*, vol. 13, pp. 327-338, 2011.

[3] S. S. Dussán, L. C. Torres and Z. J. I. Hleap, "Efecto de un recubrimiento comestible y de diferentes empaques durante el almacenamiento refrigerado de mango (*Tommy Atkins*) mínimamente procesado," *Revista Información Tecnológica*, vol 25, no. 4, pp. 38-49, 2014.

[4] V. Raut, S. Pushkraj, S. Dhruvaraj and A. S. Ingole, “Studies on preparation of mango yoghurt drink,” *Asian Journal of Dairy and Food Research,* vol. 13, no. 1, pp. 13-17, 2015.

[5] A. A. K. Razo, “Determinación de la calidad fisicoquímica y bromatológica de la cáscara de mango manila (*Mangifera indica* L.) como alternativa de aprovechamiento”. Tesis de licenciatura. Universidad Veracruzana, Córdoba, Veracruz, México, 2013.

[6] S. P Selvam, G. I. Denoya, D. Sivakumar, G. A., Polentay and P. Soundy, “Comparison of the contents of bioactive compounds and quality parameters in selected mango cultivars,” *Journal of Food Quality*, Vol. 36, pp. 394-402, 2013.

[7] R. F. Rico, C. C. Gutiérrez and M. C. Díaz, “Efecto de recubrimientos comestibles de quitosano y aceites esenciales en la calidad microbiológica de mango (*Mangifera indica* L.) mínimamente procesados”, *Revista Vitaee*, vol. 9, pp. 117-119, 2012.

[8] F. Ebrahimi and S. Rastegar, “Preservation of mango fruit with guar-based edible coatings enriched with Spirulina platensis and Aloe vera extract during storage at ambient temperature,” *Scientia Horticulturae*, vol. 265, pp. 1-9, 2020.

[9] A. A. Mehmood, X. Guo, X. Fu, L. Zohu, Y. Chen, Y. Zhu, H. Yan and H. R. Liu, “Comparative assessment of fhenolic content and in vitro antioxidant capacity in the pulp and peel of mango cultivars,” *International Journal of Molecular Sciences*, vol.16, no. 6, pp. 13507-13527, 2015.

[10] Tapia, A. B. Pérez, A. J. Cavazos and M. Y. Meyett, “Obtención de aceite de semilla de mango manila (*Mangifera indica* L.) como una alternativa para aprovechar subproductos agroindustriales en regiones tropicales,” *Revista Mexicana de Agronegocios*, vol. 32, no. 2, pp. 17-34, 2013.

[11] T. J. Hernández, R. A. Hernández, V. A. Torres, H. J. Ávila, R. C. Bastida, B. L. Pérez and C. N. Hernández, “Aplicación de Tecnología de Barreras para la Conservación de Mezclas de Vegetales Mínimamente Procesados,” *Revista Facultad Nacional de Agronomía*, vol. 67, no.1, pp. 7237-7245, 2010.

[12] B. J., Estrada and B. L. Romero, “Elaboración de una película comestible a base de colágeno incorporado con nisina como agente antimicrobiano para reducir la pérdida de humedad y

oxidación de las grasas en filetes de carne de cerdo en refrigeración," Tesis Maestría, Universidad de Cartagena, Cartagena de Indias, Colombia, 2011

[13] C. J. P. Quintero, P. V. Falguera & H. J. A. Muñoz, "Películas y recubrimientos comestibles: importancia y tendencias recientes en la cadena hortofrutícola," *Revista Tumbaga*, vol. 5 no.1,pp. 93-118, 2010.

[14] M. M. Rangel and A. López-Malo, "Cambios en frutas tropicales frescas, cortadas y empacadas en atmósfera modificada durante su almacenamiento en refrigeración," *Temas Selectos de Ingeniería en Alimentos*, vol.6, no. 2, pp. 94-109. 2012.

[15] M. M. T. Jiménez and C. M. F. Domínguez, "Películas comestibles formuladas con polisacáridos: propiedades y aplicaciones," *Temas Selectos de Ingeniería de Alimentos*, vol. 6, no. 2, pp. 110-121, 2012.

[16] L. G. Solano-Doblado, L. Alamilla-Beltrán & C. Jiménez-Martínez, "Películas y recubrimientos comestibles funcionalizados," *Revista Especializada en Ciencias Químico-Biológicas*, vol. 21, no. 2, pp. 30-42, 2018.

[17] H. N. Saavedra and E. A. N. Algecira, "Evaluación de películas comestibles de almidón de yuca y proteína aislada de soya en la conservación de fresas," *Publicación Científica en Ciencias biomédicas*, vol. 8, no. 14, pp. 171-182, 2010.

[18] V. D. Fernández, B. S. Bautista, V. D. Fernández, R. M. Ocampo, P. A. García and R. A. Falcón, "Películas y recubrimientos comestibles: una alternativa favorable en la conservación poscosecha de frutas y hortalizas," *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, vol. 24, no. 3, pp. 52-57, 2015.

[19] G. M. L. Ramos, B. S. Bautista, N. L. L. Barrera, M. E. Bosquez and I. A. Tejacal, "Compuestos antimicrobianos adicionados en recubrimientos comestibles para uso en productos hortofrutícolas," *Revista Mexicana de Fitopatología*, vol. 28, no. 1, pp. 44-57, 2010.

[20] E. A. Paviath and W. Orts, "Edible Films and Coatings: Why, What, and How?," *in Edible Films and Coatings for Food Applications*, M. Embuscado and K. C. Huber, Ed. Switzerland: Springer, 2009, pp. 1-23.

[21] M. E. Bósquez and C. E. J. Vernon, Efecto de plastificantes y calcio en la permeabilidad al vapor de agua de películas a base de goma de mezquite y cera de candelilla. *Revista Mexicana de Ingeniería Química*, vol. 4, no. 2, pp. 157-162, 2005.

[22] A. García-Ceja, L. M. Nava, A. I. Trapala, J. H. Ramírez and G. G. V. E. Barcenas, "Películas comestibles de alginato-guar-bagazo de naranja y alginato-pectina-bagazo de naranja," *Journal CIM*, vol.7 no. 1, pp. 1563-1569, 2019.

[23] *Cuenta de bacterias mesofilicas aerobias*, NMX-F-253-77, 1977.

[24] *Método para la cuenta de bacterias aerobias en placa*, NOM-092-SSA-94, 1994.

[25] *Método de conteo de hongos y levaduras en alimentos*, NMX-F-255-78, 1978.

[26] Determinación de pH en los alimentos, NOM-F-317-S-78, 1978.

[27] *Determinación de sólidos solubles en fruta fresca*, MX-FF-015-82, 1982.

[28] *Determinación de la acidez titulable en productos elaborados a partir de frutas y hortalizas*, NMX-F-102-S-78, 1978.

[29] *P*rácticas de higiene y sanidad en la preparacion de alimentos que se ofrecen en establecimientos fijos, NOM-093-SSA-94, 1994.

[30] M. R. Raybaudi, G. Rojas, M. Mosqueda and B. O. Martín, "Comparative study on essential oils incorporated into an alginate-based edible coating to assure the safety and quality of fresh-cut fuji apples," *Journal of Food Protection*, vol. 71, no. 6, pp. 1150-1161, 2015.

[31] V. D. J. Pavón, "Uso potencial de la goma Tara (*Caesalpinia spinosa*) para el desarrollo de nuevas películas y recubrimientos comestibles compuestos". Tesis de licenciatura. Escuela Politécnica Nacional, Quito, Ecuador, 2015.

Evaluación del comportamiento reológico en función de la temperatura de una Fruit Beer de fresas

L. Garcia Mureño[2], F. Castañeda-Zamudio[1], E. Diaz-Castellanos[2], K. Diaz-Castellanos[2], E. Hernández-Aguilar[2]*
[1]Altas Cervezas Brewing Co, Norte 28 777, col. El Edén, Orizaba, Ver. C.P. 94324 Orizaba, Ver., México
[2]Facultad de Ciencias Químicas Campus Orizaba-Cordoba, Universidad Veracruzana, Prol. Oriente 6 No. 1009. 94340, Orizaba, Ver., México
**eduhernandez@uv.mx*
***Área de participación**: Ingeniería Química*

Resumen

El objetivo del presente trabajo es la evaluación del comportamiento reológico en función de la temperatura de una Fruit Beer de fresas. Se determinaron parámetros fisicoquímicos para poder comparar los valores obtenidos con los presentados en la literatura para cervezas lager y Ale tradicionales. El análisis reológico utilizó un viscosímetro Brookfield DV2-LV con adaptador para ultra bajas viscosidades con chaqueta de control de temperatura. Se obtuvieron datos en 4 niveles de temperatura 5, 10, 15 y 20 °C. Se aplicó un análisis de regresión con los modelos de Newton, Bingham (plástico ideal) y Ostwald de Waele. Los resultados mostraron que la Fruit Beer se comporta como un plástico ideal ajustándose al modelo de Bingham obteniendo índice de correlación 0.9985, 0.9954, 0.9954 y 0.9944 para cada temperatura estudiada respectivamente, obteniendo valores de viscosidad entre 0.0028 y 0.0018 Pa·s y un esfuerzo umbral entre 0.1774 a 0.1765 Pa.

***Palabras clave**: Reología, Modelo Bingham, Cerveza, Cerveza de Fruta.*

Abstract

The aim of this work is determinate the temperature effect on rheological properties for strawberry Fruit Beer. Physicochemical parameters were determined to compare the values of a Fruit Beer with the traditional Lager and Ale beers showed in the literature. Rheological analysis used a Brookfield DV2-LV viscometer with an ultra-low viscosity adapter with a temperature control jacket. The data were obtained at 4 temperature levels 5, 10, 15 and 20 ° C. and regression analysis was applied with the Newton, Bingham (ideal plastic) and Ostwald de Waele models. The results showed that Fruit Beer behaves like an ideal plastic, adjusting to the Bingham model, obtaining a correlation index of 0.9985, 0.9954, 0.9954 and 0.9944 for each temperature studied, respectively. Obtaining viscosity values between 0.0028 and 0.0018 Pa·s and a stress yield point between 0.1774 and 0.1765 Pa.

***Key words**: Reology, Bingham Model, Beer, Fruit Beer.*

Introducción

La cerveza es una bebida popular baja en alcohol que proporciona beneficios a la salud cuando se consume con moderación. Tiene cuatro materias primas: cebada malteada, lúpulo, agua y levadura. Tiene cantidades importantes de minerales y nutrientes esenciales como potasio, magnesio, calcio, fósforo y una pequeña cantidad de sodio y vitaminas del complejo B, así como importantes cantidades de otros compuestos biológicamente activos con actividad antioxidante [1]. Además ésta bebida fermentada contiene gran cantidad de polifenoles que se relacionan directamente con un menor riesgo cardiovascular [2], siendo ésta una ventaja contra otras bebidas alcohólicas.

 ISSN 2007-8102

El sector de la cerveza artesanal en México aumentó su producción, desde 110 943 hL en 2017 hasta alcanzar los 189 250 hL en 2018, mostrando una tasa media de crecimiento anual en el periodo del 53.29% [3] , lo cual indica la importancia actual de este sector en la industria en México, que se caracteriza por tener muchos productos debido a que cada cervecería busca tener un estilo particular que es un aporte al valor agregado. El “Beer Judge Certification Program” (BJCP) registró 113 estilos de cerveza en la guía 2008, aumentando éste número a 149 para el año 2015 [4]

Una de las principales razones del incremento de estilos es la creación de recetas que agregan un ingrediente adjunto a los componentes clásicos de la cerveza, el cual tiene la función de darle un sabor o aroma especial a la misma [5]. Existen estilos que incluyen fruta a su fórmula como lo son: Fruit Lambic, Fruit Beer, Fruit and Spice Beer y el Speciality Fruit Beer [4], lo que añade diferentes características al producto terminado. Por tanto, el desarrollo de nuevos productos y la mejora de la calidad de la cerveza están relacionados al estudio de sus propiedades físicas y sus componentes individuales. Una de las propiedades físicas críticas de ésta bebida es la viscosidad. La cerveza muestra un comportamiento reológico casi ideal catalogándolo así como un fluido newtoniano para los estilos tradicionales [6], mostrando cambios únicamente en función de la temperatura aplicada en los análisis [7].

El objetivo del presente trabajo fue determinar los cambios en el comportamiento reológico en diferentes niveles de temperatura y en las propiedades fisicoquímicas de una cerveza de diseño Fruit Beer base Ale, generados por el ingrediente adjunto añadido en la receta, pulpa de fresas. El estudio aporta información de variables importantes en la percepción del consumidor no incluidas en las estadísticas vitales de un esquema de evaluación proporcionado por el BJCP.

Metodología

Materiales

Se utilizó como base una cerveza tipo Ale desarrollada con 96.35% de maltas base y 3.65% Malta caramelo. La fermentación se efectuó con una levadura Safale S-04. A la base se le añadió un 5% de pulpa de fresas (*Fragaria x ananassa Duch*). Se realizó una fermentación a 18°C con control de temperatura y posteriormente se maduró por un periodo de 10 días a 4°C. El muestreo se realizó *in situ* en las instalaciones de Altas Cervezas Brewing Co, como se observa en la Figura 1.



Figura 1. Muestreo in situ en la salida del fermentador

 ISSN 2007-8102

Caracterización de la Cerveza

Una vez terminado el proceso de fabricación, se realizó la caracterización fisicoquímica del producto, tomando como referencia la Norma Oficial Mexicana “NOM-199-SCFI-2017: Bebidas alcohólicas. Denominación, especificaciones fisicoquímicas, información comercial y métodos de prueba”. Los análisis realizados y equipos ocupados se describen en la Tabla 1.

Tabla 1. parámetros de caracterización de la cerveza artesanal.

Parámetro	Equipo
Grados Plato	Refractómetro
Grado Alcohólico	Ebullómetro
Temperatura	Termómetro mercurio
pH	Potenciómetro
Color	Colorímetro
Dióxido de Carbono	Medidor portátil de CO_2

Determinación del comportamiento reológico

Se utilizó un viscosímetro rotacional Brookfield DV2-LV con aguja tipo ULA modelo BROOK00130 y chaqueta de control de temperatura (Figura 2). Se aplicaron velocidades de corte de 1 a 5 RPM en intervalos de 1 RPM y de 10 a 200 RPM en intervalos de 5 RPM. La medición se realizó por triplicado en 4 niveles de temperatura: 5, 10, 15 y 20 °C, este intervalo fue seleccionado por que comprende la temperatura de servicio hasta la temperatura ambiente a la cual se realizan las operaciones de maduración y envasado.



Figura 2. Viscosímetro Brookfield con chaqueta de calentamiento y baño termostático

La determinación del comportamiento reológico se hizo mediante un análisis de regresión ajustado al modelo de Newton, que normalmente se usa para describir el comportamiento de la cerveza [6], sin embargo, por la presencia de pulpa de fruta se aplicaron análisis de regresión para los modelos de Bingham (plástico ideal) y Ostwald de Waele (pseudoplástico).

 ISSN 2007-8102

Por otra parte, se hizo el análisis estadístico de los resultados usando el software *Minitab® 18*, usando como factor la temperatura y como respuestas la viscosidad aparente y el esfuerzo umbral. Se tuvieron dos hipótesis, la H_0 indica que la temperatura no afecta la viscosidad, mientras que la H_1 señala que la temperatura si es factor de influencia en dicho parámetro. También se utilizó *Minitab® 18* para obtener un modelo de regresión que correlacione la temperatura con las variables reológicas.

Resultados y discusión

Características de la cerveza

En la Tabla 2 se observan los resultados obtenidos de la caracterización fisicoquímica, donde se comparan los valores de la cerveza de diseño contra cervezas lager y ale tradicionales. El valor del pH de la muestra fue de 4 en comparación con los de una lager con pH 4.36 o una Ale que comprende valores entre 4.2 y 4.4. El grado alcohólico para la Fruit Beer es inferior a las tradicionales Lager y Ale. Por otro lado, los Grados Plato también son inferiores en comparación con las cervezas tradicionales.

Tabla 2. Comparación de las características fisicoquímicas de la cerveza *Fruit Beer* vs. Tipo ale y lager tradicionales

Parámetro	Valor Fruit Beer	Cerveza Lager	Cerveza Ale
Grados Plato (°P)	6	8.75-9.75 [8]	8.76-9.64 [9]
Grado Alcohólico (°GL)	5.6	6.32 [10]	6.2 [11] [12]
Temperatura (°C)	10	12-15 [13]	12 [14]
pH	4	4.36 [10]	4.2-4.4 [15]
Color (SRM)	6	5.3 [16]	2.83 [17]
CO_2	2.5	---	1.2 [17]

Comportamiento reológico

La Figura 3 muestra los datos reológicos experimentales obtenidos en diferentes niveles de temperatura. A diferencia de otros estudios [6], se puede ver que existe un esfuerzo umbral, difiriendo así con el modelo reológico tradicional de Newton.

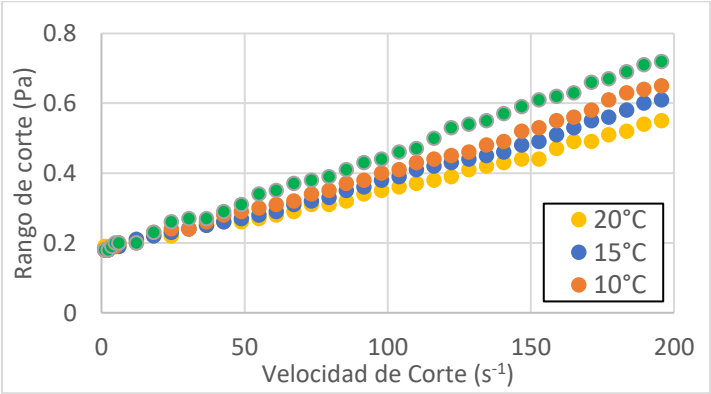


Figura 3. Efecto de la temperatura en el comportamiento reológico de cerveza estilo Fruit Beer

Stoupis [18] indica que en las cervezas fermentadas con levadura tipo Ale y que cuentan con alta población celular, el comportamiento reológico tiende a ser plástico de Bingham, concordando con los resultados del presente estudio. La *Fruit Beer* no tiene alta concentración celular, sin embargo, existe la presencia de pulpa de fruta en suspensión y los estudios realizados a jugos con pulpa de fresas indican que la concentración de sólidos solubles e insolubles tienen un efecto sobre la viscosidad aparente en los fluidos no newtonianos derivados de esta fruta [19].

El análisis estadístico obtuvo valores de $P<0.05$, para el esfuerzo umbral ($P=0.004$) y para viscosidad ($p=0.0001$), con lo cual se acepta la hipótesis alternativa, indicando que la temperatura es factor de influencia en la viscosidad de la muestra. La Tabla 3 muestra los análisis de regresión de cada modelo reológico. El modelo de Ostwald presentó índices de correlación inferiores a 0.9 debido a la tendencia lineal de los datos experimentales en el rango de temperaturas estudiadas. El modelo de Newton presentó valores de R^2 entre 0.92 y 0.95, sin embargo, el modelo que presentó índices de correlación superiores a 0.99 fue el de Bingham, lo que significa que se puede usar para describir adecuadamente los cambios en el comportamiento reológico dependiendo la temperatura utilizada.

Tabla 3. Comparación de los análisis de regresión de los modelos reológicos

Temperatura 5°C	**Viscosidad (Pa s)**	**Esfuerzo Umbral (Pa)**	**índice de Flujo**	**R^2**
Newton	0.0041	----	N/A	0.9527
Bingham	0.0028	0.1774	N/A	0.9985
Ostwald	0.114	N/A	0.3092	0.8749
Temperatura 10°C	**Viscosidad (Pa s)**	**Esfuerzo Umbral (Pa)**	**índice de Flujo**	**R^2**
Newton	0.0037	N/A	N/A	0.944
Bingham	0.0024	0.1722	N/A	0.9954
Ostwald	0.1176	N/A	0.2785	0.851
Temperatura 15°C	**Viscosidad (Pa s)**	**Esfuerzo Umbral (Pa)**	**índice de Flujo**	**R^2**
Newton	0.0035	N/A	N/A	0.9378
Bingham	0.0022	0.171	N/A	0.9954
Ostwald	0.1194	N/A	0.2626	0.8383
Temperatura 20°C	**Viscosidad (Pa s)**	**Esfuerzo Umbral (Pa)**	**índice de Flujo**	**R^2**
Newton	0.0032	N/A	N/A	0.9227
Bingham	0.0018	0.1765	N/A	0.9944
Ostwald	0.1268	N/A	0.2339	0.8273
Modelo de predicción				
Temperatura – Viscosidad aparente (Bingham)		$\mu_{Bingham} = -6x10^{-5}\ T + 0.0031$		$R^2=0.9846$

Los datos de viscosidad y temperatura se ajustaron a un modelo lineal (ver modelo de predicción en la Tabla 3) demostrando la relación entre viscosidad y temperatura, obteniendo un índice de correlación $R^2=0.9846$, sin embargo, el esfuerzo umbral no mostró una correlación con la temperatura, presentando datos en un rango de 0.1710 – 0.1774 Pa.

Trabajo a futuro

Se evaluarán fisicoquímicamente las nuevas recetas desarrolladas por Altas Cervezas Brewing Co. Así como las trayectorias reológicas en sus procesos a fin de estandarizar sus parámetros de calidad y encontrar posibles cambios en la composición de las cervezas, igualmente para contribuir al estado de arte y desarrollo de los procesos de fabricación de cerveza artesanal.

Conclusiones

El comportamiento de la cerveza artesanal Fruit Beer tipo Ale estudiada presentó diferencias en los parámetros fisicoquímicos con los resultados establecidos en la literatura para las cervezas tipo Ale y Lager. Los valores obtenidos en el análisis reológico indicaron que el modelo de Ostwald de Waele es el que presenta un índice de correlación menor a 0.9, haciéndolo menos indicado para su aplicación en el presente estudio. Los valores de R^2 superiores a 0.99 presentados por el modelo de Bingham lo hacen el idóneo para explicar el comportamiento de la cerveza de acuerdo con la temperatura que se le aplique. Sus valores de esfuerzo umbral comprendidos entre 0.1774 y 0.1765 Pa, indican que dicho fluido se comporta como un plástico ideal a diferencia de las recetas tradicionales de cervezas Ale y Lager que se comportan como fluidos newtonianos.

Agradecimientos

Se agradece al Proyecto PFCE 2019 por el recurso otorgado para la adquisición de equipo de laboratorio utilizado en el desarrollo de este trabajo.

Referencias

[1] B. Patraşcu L., M. Bejan y I. Aprodu, “Quality parameters of fruit beers available on romanian market,” *Scientific Study & Research: Chemistry & Chemical Engineering, Biotechnology, Food Industry*, vol. 19, no. 3, pp. 323-335, 2018.

[2] I. Moreno Indias, “Beneficios de los polifenoles contenidos en la cerveza sobre la microbiota intestinal,” *Nutrición Hospitalaria*, vol. 34, no. 4, pp. 41-44, 2017.

[3] Asociación de Cerveceros Artesanales de México, “Reporte de la Industria Cervecera Mexicana 2018,” ACERMEX, Ciudad de México, 2018.

[4] Beer Judge Certification Program, “Guía de Estilos de Cerveza 2015,” BJCP Inc, 2015.

[5] P. Jaramillo, “Cervezas artesanales, un mercado que emerge bien,” *Revista Gestión*, no. 269, pp. 50-55, 2016.

[6] L. Severa, J. Los, S. Nemodová y J. Buchar, “On the rheological profile of malt wort during processing of substrate for lager beer,” *Journal of Food Physics*, vol. 22, no. 2, pp. 5-16, 2009.

[7] R. Cardoso de Oliveira y S. T. Davantel de Barros, “Efeito da temperatura no comportamiento reológico da cerveja filtrada por microfiltracao,” *Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais*, vol. 13, no. 2, pp. 157-168, 2011.

[8] M. T. Ortega, “Elaboración de cerveza tipo lager a partir de malta y adjuntos cerveceros de sorgo”, Monterrey: ITESM, 2001.

[9] N. H. Távara Ramos, “Formulacion y caracterizacion de cerveza artesanal tipo Ale a partir de la vaina de algarroba (Prosopis pallida) Y cebada malteada (Hordeum vulgare),” Piura: Edit. de la Facultad de Ingeniería Industrial, 2018.

[10] G. A. Mencia y R. D. Pérez, “Desarrollo de una cerveza artesanal ale y lager con malta de maíz (Zea mays), cebada (Hordeum vulgare) carbonatada con azúcar y miel de abeja,” Honduras: Escuela Agrícola Panamericana, 2016.

[11] Á. P. Fuentes Ruano y E. K. Fuentes Ruano, “Obtención de cerveza artesanal tipo Ale oscura utilizando un equipo biorreactor de nivel piloto,” Ibarra: Edit. Universidad Técnica del Norte, 2015.

[12] G. J. Cedeño Briones, J. A. Mendoza Alonzo y D. L. Zambrano Velásquez, “Evaluación fisicoquímica y sensorial de cerveza artesanal tipo Ale con almidón de papa como adjunto y especias,” Calceta: ESPAMMFL, 2017.
[13] C. M. Espejo, “Optimización del tiempo y temperatura en los procesos de cocción y fermentación para la elaboración de cerveza doble malta,” La Paz: Universidad Mayor de San Andrés, 2014.
[14] D. A. Díaz Alulema, “Elaboración de cerveza artesanal tipo Ale a partir de malta preparada ccon amaranto y otros cereales,” Quito: Universidad de las Américas, 2018.
[15] C. A. Pérez Macedo, “Obtención de cepas de Saccharomyces cerevisiae mejoradas para su uso en cerveza tipo Ale,” Querétaro: UAQ, 2017.
[16] H. A. Rodríguez, “Determinación de parámetros fisico-químicos para la caracterización de cerveza tipo lager elaborada por Compañía Cervecera Kuntsmann S.A.,” Valdivia: Universidad Austral de Chile, 2003.
[17] H. F. Solís García y A. E. Galarza Vera, “Elaboración de cerveza Amber Ale de alta fermentación saborizada y aromatizada con frutas y plantas aromáticas ecuatorianas, Quito: UCE,” 2018.
[18] T. Stoupis, G. G. Stewart y R. A. Stafford, “Mechanical agitation and rheological considerations of Ale yeast slurry,” Journal of the American Society of Brewing Chemists, vol. 60, no. 2, pp. 58-62, 2002.
[19] L. Juszczak y T. Fortuna, “Viscosity of concentrated strawberry juice. Effect of temperature and soluble solids content,” Electronic Journal of Polish Agricultural Universities, vol. 6, no. 2, 2003.

 ISSN 2007-8102

Cinética de lisis celular en la destilación de mosto fermentado

*S.M. Pérez Guzmán[1], D. Guzmán Gomez[1], F.E. González Jiménez[1], L.R. Melo González, E. Hernández Aguilar[1]**
Facultad de Ciencias Químicas Orizaba, Universidad Veracruzana, Avenida Oriente 6 #1009, Colonia Rafael Alvarado, C.P. 94340, Orizaba, Veracruz, México.
*eduhernandez@uv.mx

***Área de participación**: Ingeniería Química*

Resumen

En el presente trabajo se utilizó mosto fermentado de caña que se caracterizó fisicoquímicamente (conductividad, densidad, DQO, fósforo, nitritos, O_2 disuelto, pH, turbidez, ST, RC, contenido de DNA, RNA y proteínas) y posteriormente se destiló, a fin de comprobar que la temperatura de proceso influye en la liberación de material genético contenido en la levadura *Saccharomyces cerevisiae*.

Se utilizó un diseño experimental unifactorial, considerando la temperatura como factor. La destilación se llevó a cabo a nivel laboratorio por un tiempo de 3 horas, extrayendo muestras cada 30 minutos, a las cuales se cuantificó ST, DNA, RNA, proteínas, pH y contenido celular. Para determinar la significancia de la temperatura en la lisis y liberación de material genético, se hizo uso del análisis de varianza, a fin de encontrar los experimentos en los cuales la temperatura es un factor significativo. En el caso de la destilación, influyó únicamente en el contenido de DNA.

***Palabras clave**: Destilación, lisis celular, mosto, temperatura.*

Abstract

In the present work, fermented mash was characterized physicochemically (conductivity, density, COD, phosphorus, nitrites, dissolved O_2, pH, turbidity, ST, RC, content of DNA, RNA and proteins) and then was distilled, in order to prove that process temperature influences the release of genetic material contained in the yeast Saccharomyces cerevisiae.

An unifactorial experimental design was used, considering temperature as a factor. Distillation was carried out at laboratory level for 3 hours, extracting samples every 30 minutes, at which ST, DNA, RNA, proteins, pH and cellular content were quantified. To determinate the significance of temperature in lysis and release of genetic material, analysis of variance was used to find experiments in which temperature is a significant factor. In distillation, it only influenced the DNA content.

***Key words**: Distillation, cellular lysis, mash, temperature.*

Introducción

El etanol se obtiene por medio de la destilación del mosto de caña fermentado por levadura *Saccharomyces cerevisiae*. La destilación es un procedimiento de separación de mezclas basado en la diferencia de puntos de ebullición de los componentes de la misma. Durante la destilación, se lleva a cabo la ruptura de la pared celular de la levadura, con lo cual se liberan al medio glicoproteínas, polisacáridos, lípidos, polifosfatos, proteínas y ácidos nucleicos [1]. Estos dos últimos componentes son de importancia en el proceso ya que pasan a ser parte del contenido del efluente final de destilación, las vinazas, las cuales posteriormente se concentran para producir un extracto evaporado que es utilizado como complemento en la alimentación animal.

Para los animales, consumir proteínas es de beneficio, ya que contribuyen al correcto desarrollo de sus estructuras corporales [2], y los ácidos nucleicos ayudan a la maduración intestinal de los rumiantes y promueve el crecimiento de las aves de corral [3].

El objetivo del presente trabajo fue caracterizar fisicoquímicamente el mosto de caña fermentado, así como analizar la influencia de la temperatura en la liberación de proteínas, DNA y RNA mediante sus cinéticas de comportamiento, ya que la hipótesis planteada indica que, a mayor temperatura, habrá mayor cantidad de dichas macromoléculas en el medio, lo que puede ser de interés industrial para producir suplementos forrajeros de mayor calidad, así como eficientar el proceso de destilación.

Metodología

Análisis fisicoquímico del mosto

Para el desarrollo de éste experimento se usó un lote de mosto de caña procedente de una industria alcoholera de la región, transportado a temperatura ambiente en contenedores plásticos. A fin de conocer sus propiedades, se hizo una caracterización fisicoquímica de la muestra apegada a las normas oficiales mexicanas vigentes, como se describe en la tabla 1:

Tabla 1. Análisis fisicoquímico en mosto

Parámetro	Método	Norma
Conductividad Eléctrica	Electrométrico	NMX-AA-093
Densidad	Picnómetro	
Demanda Química de Oxígeno	Espectrofotometría	NMX-AA-030
Fósforo	Espectrofotometría	NMX-AA-029
Nitritos	Espectrofotometría	NMX-AA-099
Oxígeno disuelto	Electrométrico	NMX-AA-012
pH	Potenciométrico	NMX-AA-008
Turbidez	Nefelométrico	NMX-AA-038
Sólidos totales	Gravimétrico	NMX-AA-034
Recuento Celular	Microscópico	R. Martínez [4]
Cuantificación de DNA y RNA	Espectrofotometría	Eppendorf [5]
Proteínas	Espectroscópico	M. Bradford [6]

Para la medición de conductividad eléctrica y pH se usó el potenciómetro Conductronic® PC45. Para la densidad se utilizó un picnómetro. En el caso de DQO, fósforo y nitritos se hicieron diluciones 0.5:100, se procesaron de acuerdo a los métodos establecidos en las normas correspondientes y para su cuantificación se hizo uso del espectrofotómetro marca Genesys® 10S UV-VIS. Para O_2 disuelto se usó el medidor marca Lutron® YK-22DO. En la lectura de turbidez se ocupó el turbidímetro Oakton® T-100. En la determinación de sólidos totales se utilizó un horno Binder® E-28. Para el recuento celular se empleó una cámara de Neubauer. La cuantificación de DNA y RNA se llevó a cabo con un espectrofotómetro Eppendorf® BioPhotometer plus, y finalmente para cuantificar proteínas se utilizó un lector de microplacas Thermo Fisher® Multiskan EX.

Análisis del efecto de la temperatura de destilación en la lisis celular

El proceso de destilación se llevó a cabo en un equipo de destilación a escala laboratorio. Se montó un equipo como el indicado en la Figura 1, el cual consiste en una parrilla de calentamiento eléctrica y con agitación magnética, un matraz balón, bala de agitación, refrigerante, termómetro y un tubo hueco de vidrio. Se colocó1 litro de mosto de caña previamente fermentado en el matraz, se encendió la parrilla a la temperatura requerida (en éste experimento se ocupan temperaturas de 85, 90 y 95 °C) a la misma vez que se sometió a agitación. Al caer la primera gota de destilado, se contaron tres

 ISSN 2007-8102

horas, tiempo suficiente para llevar a cabo la destilación completa. En éste tiempo, a intervalos de 30 minutos, se extrajeron aproximadamente 100 ml. De muestra del matraz a través del tubo de vidrio, a la cual se le hicieron análisis de pH, sólidos totales, proteínas, cuantificación de DNA y RNA y recuento celular. Se optó por ésta opción debido a que requiere pocas cantidades de muestra y es sencillo en su operación y control. La transferencia de calor hace que los componentes más volátiles del mosto pasen a fase de vapor, los cuales se condensan y finalmente se recolectan [7].



Figura 1. Sistema de destilación a escala laboratorio

Análisis estadístico de los resultados

Se hizo el análisis estadístico de todos los datos obtenidos de forma práctica con la finalidad de identificar los experimentos en los que la temperatura es un factor de impacto en los resultados (pH, sólidos, proteínas, cuantificación de DNA y RNA y recuento celular). Para ésta tarea se hizo uso del software *Minitab 18 Statistical Software*, con el cuál se hicieron los análisis de varianza (ANOVA) con un diseño unifactorial.

Cinética de lisis celular de levaduras mediante hidrólisis térmica

Para evaluar los resultados obtenidos es necesario utilizar un modelo que describa la cinética de la lisis celular respecto al tiempo, ya que se asumió que conforme avanza el tiempo de destilación, el contenido genético aumentará e inversamente el total de células disminuirá. Para tener certeza de lo anterior se procedió a construir el modelo matemático utilizando una regresión lineal o un modelo exponencial negativo para predecir el comportamiento de las levaduras ante los cambios en temperatura, y así obtener gráficas y valores de correlación correspondientes a cada experimento. Para ésta tarea se utilizó el software *Microsoft Excel 2013*.

Resultados y discusión

Caracterización fisicoquímica

Los resultados de los análisis fisicoquímicos al mosto de caña se condensan en la tabla 2. El valor de conductividad se debe a que la muestra tiene contenido de iones (como K, Ca, Mg, Na) en disolución [8]. La densidad se ve afectada por la cantidad de sólidos o impurezas presentes en el mosto, así como la temperatura a la cual se hace la medición, lo cual explica la pequeña diferencia entre el resultado del presente reporte y el dado por Mazariegos Barrios, de 1.471 g/ml [9]. La DQO está relacionada con la carga orgánica proporcionada por la materia prima usada en el proceso [10], por lo cual hay diferencia con el valor de 8.101 g O_2/L proporcionado por Palomino [11].

 ISSN 2007-8102

Tabla 2. Resultados análisis fisicoquímicos del mosto

Determinación	Unidades	Resultados
Conductividad	µS/cm	7.5
Densidad	g/ml	1.029
DQO	g O_2/L	244
Fósforo	g/L	1.5512
Nitritos	g/L	0.2328
Oxígeno disuelto	g/L	0.0382
pH	N/A	5.19
Turbidez	NTU	131
Sólidos totales	%	8.352
Recuento celular	Levaduras/ml	2,400,000
Contenido DNA	g/l	0.0116
Contenido RNA	g/l	0.0125
Proteínas	g/l	155.63

El contenido de fósforo encontrado en el mosto es relativamente bajo, y su presencia se debe a la composición de los fertilizantes utilizados en la caña [12]. Por otro lado, la fertilización nitrogenada provee a la planta de NH_4^+ y NO_3^- [13]. Éste último se convierte a NO_2^- por medio de la enzima nitrato reductasa [14] presente en los tejidos de la caña de azúcar [15], lo cual justifica los nitritos en la muestra. El resultado obtenido de O_2 disuelto es casi el triple reportado por Campués [16], de 0.01 g/l, diferencia atribuible a la cantidad de levadura utilizada durante el proceso de fermentación del mosto. La lectura de pH no difiere mucho con los indicados por Fajardo [17], de entre 5.5 a 6.5, el cual es resultado de los hidróxidos adicionados en el proceso de clarificación y la temperatura del mosto [17]. En el caso de la turbidez, el resultado es ligeramente superior al dado por Quezada [18], de 100 NTU. Si el mosto proviene de cañas deterioradas, con pH más ácido de lo normal, se necesitará mayor cantidad de NaOH para neutralizarlo, lo cual incrementará la turbidez en la solución [19]. Los sólidos totales difieren a lo señalado por Laluce [20], que indican valores entre 18 al 33%. La diferencia está en la cantidad de azúcares disueltos e impurezas presentes (tierra, bagazo) [21] en las muestras utilizadas para los análisis. En el recuento celular se tomó en cuenta la población total de levaduras en un litro de mosto fermentado, y la diferencia del resultado dado por Acosta [22] de 25g/hl de levadura estriba en el método utilizado para el conteo de células. En el caso de DNA y RNA no hay en la literatura parámetros de referencia, pero su presencia es debido a que las levaduras contienen en su estructura entre el 5 al 12% de ácidos nucléicos [23], los cuales se liberan mediante lisis térmica o mecánica. Las proteínas obtenidas son el triple de las indicadas por Donaires [24] de 0.5 a 0.6%, variación causada posiblemente por la cantidad y calidad de levadura usada en la fermentación, asi como el método de cuantificación utilizado.

Análisis estadístico del efecto de la temperatura en la lisis celular

El ANOVA corrido en los análisis llevados a cabo indica que la temperatura fue factor de influencia solo en el contenido de DNA, ya que fue el único experimento en el que el análisis de varianza arrojó un valor $P < 0.05$, así como solamente a esa determinación se hizo el modelo cinético mediante una regresión lineal, ya que fue el único experimento en el cual el índice de correlación fue mayor al 90%.

Cinética de la lisis celular durante la destilación

Medición de pH

La cinética para éste experimento en la Figura 2 muestra que en las tres temperaturas el pH se mantuvo constante, con ligeras variaciones, lo cual confirma lo expresado en el análisis estadístico de que la temperatura no afecta el pH. La acidez puede deberse a los ácidos nucleicos [25] liberados al medio por la lisis térmica de las levaduras.

 ISSN 2007-8102

Determinación de sólidos totales

Los sólidos totales tienen un comportamiento lineal a través del tiempo que transcurre en la destilación, sin afectar la temperatura utilizada, como se aprecia en la Figura 3. La causa puede ser que ésta operación unitaria se llevó a cabo en un sistema cerrado. Aun así, a 85 °C se encuentra una mayor cantidad de sólidos en las muestras. Éstos se deben a la gran cantidad de materia orgánica presente en el mosto de caña [26].

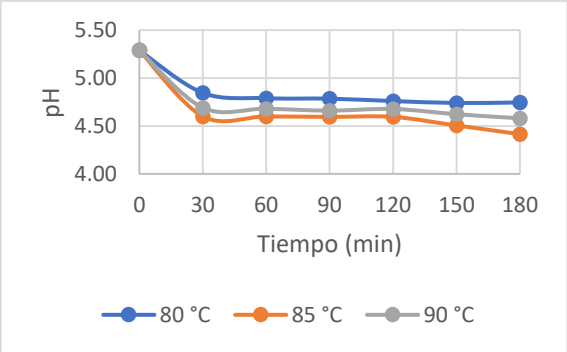


Figura 2. Cinética de pH

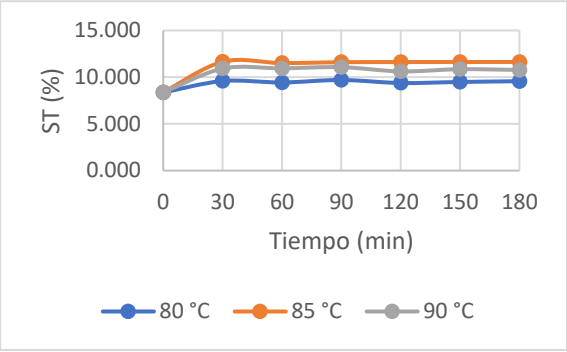


Figura 3. Cinética de sólidos totales

Recuento Celular

Este comportamiento indica que en las diferentes temperaturas empleadas ocurre un comportamiento cinético similar en cuanto a la cantidad de levaduras presentes en el medio. A mayor temperatura (90°C) hay una menor cantidad de células presentes, como se aprecia en la Figura 4. La levadura *Saccharomyces cerevisiae* es estable a aproximadamente 36 °C. Arriba de esa temperatura se puede provocar su muerte y, entre más alta sea, se llega a la ruptura de su pared celular [27].

Contenido de DNA

El comportamiento mostrado confirma la significancia de la temperatura en la concentración de DNA de las muestras descrita en el análisis estadístico, como se muestra en la Figura 5, ya que a esa temperatura se alcanza la estabilidad de la ruptura de pared celular para liberación de material genético contenido en el interior de la levadura sin la degradación del mismo, que ocurre entre 95 a 98 °C [28], mientras que a 85 °C se obtiene mayor cantidad de DNA de las células.

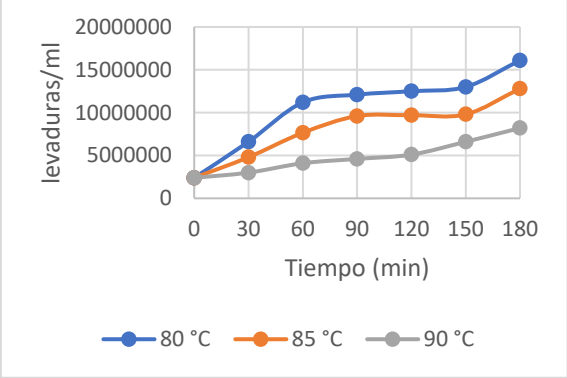


Figura 4. Cinética de recuento celular

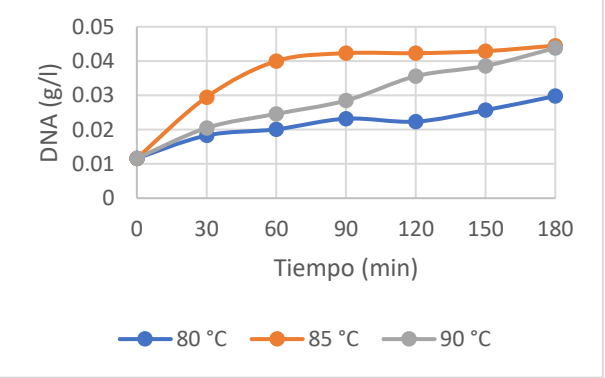


Figura 5. Cinética de DNA

 ISSN 2007-8102

Contenido de RNA

La Figura 6 muestra que hay una baja variabilidad en la concentración de RNA en las tres temperaturas de destilación aplicadas, por lo que no es un factor que influya en el contenido, aunque, acorde con la gráfica de efectos principales mostrada en el ANOVA de ésta prueba, a 85 °C se puede obtener una mayor cantidad de RNA. A mayor temperatura habrá mayor lisis celular, pero también se incrementa el riesgo de degradar el RNA [29] (proceso que empieza a 85°C [30]), razón que justifica que a 80 °C se observa mayor estabilidad en el proceso de liberación de RNA.

Cuantificación de proteínas

La temperatura no influye en la concentración de proteínas durante la destilación, dado que se mantiene estable a lo largo del proceso, con un ligero descenso al final, causado posiblemente por el tiempo prolongado de exposición [1]. El comportamiento cinético es similar entre las tres temperaturas usadas en el experimento, como se observa en la Figura 7.

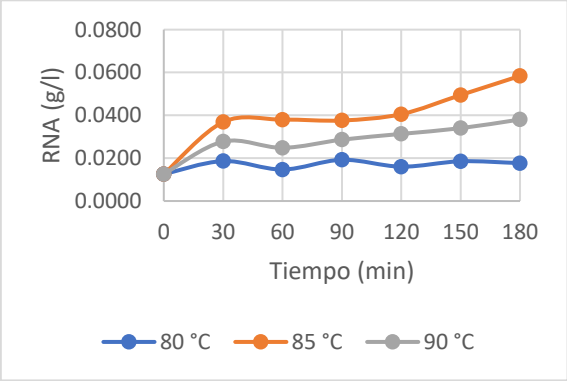


Figura 7. Cinética de RNA

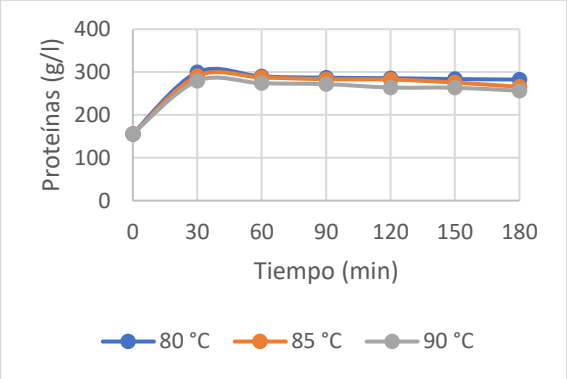


Figura 6. Cinética de proteínas

Trabajo a futuro

Se recomienda realizar una caracterización reológica del mosto de caña para contribuir al estado de arte del mismo, así como tomar en cuenta intervalos más cortos en la toma de muestras de destilación y utilizar un rango de temperaturas de proceso más amplio.

Conclusiones

En la destilación se evaluó principalmente el efecto de la temperatura sobre la liberación del material genético y las proteínas, mediante la lisis de la levadura *Saccharomyces cerevisiae* presente en el mosto de caña, y se encontró que la temperatura sólo fue influyente en el contenido de DNA. Para ambos ácidos se cumplen dos condiciones: a 85°C se logra extraer la mayor cantidad de los mismos y a 90°C el proceso alcanza estabilidad. Con las afirmaciones anteriores se cumple la hipótesis, comprobándose que la temperatura influye en la lisis y liberación del material genético contenido en la levadura.

Agradecimientos

Se agradece al programa de fortalecimiento PFCE 2019 por los recursos destinados para el desarrollo de éste trabajo.

Referencias

[1] C. Suárez-Machín, N. A. Garrido-Carralero y C. A. Guevara-Rodríguez, «Levadura Saccharomyces cerevisiae y la Producción de Alcohol. Revisión Bibliográfica,» *ICIDCA,* vol. 50, nº 1, pp. 20-28, 2016.

[2] O. Martínez Agustín y E. Martínez de Victoria Muñoz, «Proteínas y péptidos en nutrición enteral,» *Nutrición Hospitalaria,* vol. 21, nº 2, pp. 1-14, 2006.

[3] F. Xiao, «All about feed,» 22 April 2016. [En línea]. Available: https://www.allaboutfeed.net/Feed-Additives/Articles/2016/4/Nucleotides-for-young-animal-diets-2793723W/. [Último acceso: 14 Agosto 2020].

[4] R. Martínez, *How to Count Cells With a Neubauer Chamber,* 2011.

[5] Eppendorf, *Biophotometer Plus Operating Manual,* Hamburgo: Eppendorf, 2007.

[6] M. M. Bradford, «A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding,» *Analytical Biochemistry,* vol. 72, pp. 248-254, 1976.

[7] M. Leal, E. Pérez, J. Ferrer, O. Pérez y A. García, «Aspectos Termodinámicos del Equilibrio Líquido-Vapor en la Destilación de Mostos Fermentados: Estado de Arte,» *Ciencciamatria,* vol. 5, nº 8, pp. 125-143, 2017.

[8] N. M. Gavilánez Maldonado y Á. M. Hernández Quinatoa, *Diseño y construcción de un evaporador de simple efecto para concentrar vinaza en la empresa Soderal S.A.,* Riobamba: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, 2012.

[9] H. Mazariegos Barrios, *Determinación de la eficiencia de fermentación referida a los azúcares fermentables de los 4 fermentadores de una destileria de 300,000 litros de alcohol por día, utilizando como materia prima melaza,* Guatemala: Facultad de Ingeniería Universidad de San Carlos, 2013.

[10] M. E. López B., *Producción de Biogás a partir de la biodegradación anaeróbica de la "vinaza" generada por las destilerías de alcohol y su aprovechamiento energético como combustible de calderas,* Cuenca: Universidad Politécnica Salesiana, 2013.

[11] M. A. Palomino, M. F. Ortegón, T. Betancourt Rojas, J. Martínez, J. Valderrama, R. Barragán, A. Pérez y H. Luna Wandurraga, «Evaluación del potencial acidogénico para producción de AGV de melaza de la industria azucarera como valorización de éste subproducto,» *Revista ION,* vol. 29, nº 1, pp. 71-80, 2016.

[12] L. García Gómez y R. Quintero Melchor, «Respuesta de la caña de azúcar (Saccharum spp. Híbrido) a diferentes fórmulas de NPK y formas de aplicación en la zona de influencia del ingenio central progreso S.A. de C.V.,» *ATAM,* vol. 11, nº 2, 2017.

[13] E. Romero, L. G. P. Alonso, S. D. Casen, M. F. Leggio Neme, M. Tonatto, J. Scandaliaris, P. A. Digonzelli, J. A. Giardina y J. Fernández de Ullivarri, «Fertilización de la caña de azúcar. Criterios y recomendaciones,» de *Manual del Cañero*, Tucumán, EEAOC, 2009, pp. 87-100.

[14] R. Lemos dos Santos, F. J. Freire, E. C. Almeida de Oliveira, M. B. Galvão dos Santos Freire, J. Brossard West, J. de Arruda Barbosa, M. J. Alves de Moura y P. da Costa Becerra, «Nitrate Reductase Activity and Nitrogen and Biomass Acumulation in Sugarcane under Molybdenum and Nitrogen Fertilization,» *Revista Brasileira de Ciência do Solo,* vol. 43, p. Epub, 2019.

[15] C. L. Rodrigues dos Santos, J. O. Cazetta, L. M. Saran y A. Sanches, «Otimização da análise da atividade da redutase do nitrato e sua caracterização em folhas de cana-de-açúcar,» *Pesquisa Agropecuária Brasileira,* vol. 49, nº 5, pp. 384-394, 2014.

[16] J. K. Campués Tulcán y J. C. Tarupi Rosero, *Obtención de alcohol a partir de jugo de caña, cachaza y melaza, mediante la incorporación de dos niveles de fermento (Saccharomyces cerevisiae),* Ibarra: Editorial de la Facultad de Ingeniería en Ciencias Agropecuarias y Ambientales, 2011.

[17] E. E. Fajardo Castillo y S. C. Sarmiento Forero, «Evaluación de melaza de caña como sustrato para la producción de Saccharomyces cerevisiae,» Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá, 2007.

[18] W. Quezada Moreno y I. Gallardo Aguilar, «Clarificación del jugo de caña mediante el empleo de plantas mucilaginosas,» *ICIDCA Sobre los derivados de la caña de azúcar,* vol. 48, nº 3, pp. 41-48, 2014.

[19] R. Basanta, M. A. García Delgado, J. E. Cervantes Martínez, H. Mata Vázquez y G. Bustos Vázquez, «Sostenibilidad del reciclaje de residuos de la agroindustria azucarera: una revisión,» *Ciencia y Tecnología Alimentaria,* vol. 5, nº 4, pp. 293-305, 2007.

[20] C. Laluce, G. R. Leite, B. Z. Zavitoski, T. T. Zamai y R. Ventura, «Fermentation of sugarcane juice and molasses for ethanol production,» de *Sugarcane-Based Biofuels and Bioproducts*, John Wiley & Sons, 2016, pp. 53-86.

[21] H. Mazariegos Barrios, *Determinación de la eficiencia de fermentación referida a los azúcares fermentables de los 4 fermentadores de una destilería de 300,000 litros de alcohol por día, utilizando como materia prima melaza,* Guatemala: Edit. Facultad de Ingeniería, 2013.

[22] C. Acosta Romero, *Evaluación de la fermentación alcohólica para la producción de hidromiel,* Bogotá: Universidad Nacional de Colombia, 2012.

[23] D. Lapeña, G. Kosa, L. D. Hansen, L. T. Mydland, V. Passoth, S. J. Horn y V. G. H. Eijsink, «Production and characterization of yeasts grown on media composed of spruce-derived sugars and protein hydrolysates from chicken by-products,» *Microbial Cell Factories,* vol. 19, 2020.

[24] L. Donaires Quispe, *Fermentación del mosto de caña de azúcar (Saccharum officinarum) con uso de catalizadores naturales y comerciales para obtener aguardiente,* Abancay: Universidad Tecnológica de los Andes, 2018.

[25] Á. Herráez, Biología molecular e ingeniería genética, Segunda ed., Barcelona: Elsevier, 2012.

[26] R. Ibarra-Camacho y L. León-Duharte, «Caracterización Químico-Física de Vinazas de Destilerías,» *Ciencia en su PC,* vol. 1, nº 2, pp. 1-13, 2018.

[27] A. Jain, «How cells grow,» Birla Institute of Technology & Science, 2018.

[28] E. van Pelt-Verkuil, A. van Belkum y J. P. Hays, Principles and Technical Aspects of PCR Amplification, Netherlands: Springer, 2008.

[29] D. Shedlovskiy, N. Shcherbik y D. G. Pestov, «One-step hot formamide extraction of RNA from Saccharomyces cerevisiae,» *RNA Biology,* vol. 14, nº 12, pp. 1722-1726, 2017.

[30] A. Hernández, P. Martín Vasallo, A. Torres y E. Salido, «Análisis de RNA: Estudio de la expresión génica,» *Nefrología,* vol. 14, nº 2, pp. 0-244, 1994.

Evaluación de un insecticida orgánico a base extracto de albahaca

*J. Ramírez Guzmán[1], N. Gutiérrez-Casiano[*1], E. Hernández-Aguilar[1], I. Sánchez Bazán[1], J. Vicente Martínez[1]*
[1]Facultad de Ciencias Químicas, Universidad Veracruzana, Oriente 6, Núm. 1009, Col. Rafael Alvarado, C.P. 94340, Orizaba, Veracruz, México
**nagutierrez@uv.mx*
***Área de participación**: Ingeniería Química*

Resumen

Los insecticidas orgánicos son compuestos procesados a base de ingredientes vegetales los cuales ayudan a controlar, disminuir o hasta eliminar la población de distintas plagas que ocasionen problemas a los cultivos de chayote. Se realizó la evaluación de un insecticida a base de extracto de albahaca el cual actúa como repelente con la finalidad de disminuir la población de la mosca doméstica, problemática que se presenta en el municipio de Ixtaczoquitlán. Se realizó una caracterización fisicoquímica a la materia prima y al extracto obtenido. Se evaluaron los factores porcentaje volumen/volumen (% v/v) y cantidad de jabón para analizar la influencia de estos sobre el pH, la volatilidad, la densidad y la disminución de la población del vector. Se encontró que al asperjar en los cultivos 30 mL de insecticida con 15 mL de extracto y 85 mL de agua con 3 g de jabón se obtuvo una mayor acción repelente.

Palabras clave: *insecticida orgánico, albahaca, gallinaza*

Abstract

Organic insecticides are processed compounds based on plant ingredients that help control, reduce or even eliminate the population of different pests that cause problems for chayote crops. We evaluated an insecticide based on basil extract that acts as a repellent in order to reduce the population of the house fly, a problem that occurs in the municipality of Ixtaczoquitlán. A physicochemical characterization of the raw material and the extract obtained was made. volume/volume (% v/v) and soap quantity factors were evaluated to analyze their influence on pH, volatility, density and vector population decrease. It was found that spraying in the crops 30 mL of insecticide with 15 mL of extract and 85 mL of water with 3 g of soap obtained a greater repellent action.

Key words: *organic insecticide, basil, physicochemical characterization*

Introducción

El chayote (*Sechium edule*) es una fruta que constituye uno de los principales alimentos de América Central y Sur América Tropical y otras partes del mundo, pues se considera que más del 80% de este fruto es comestible. Posee una gran cantidad de propiedades nutricionales, por lo que es muy recurrente encontrarlo en varias dietas, por su bajo contenido calórico y en almidón, alto contenido en agua y su presencia de potasio [1]. En México la zona de producción más importante se ubica en la región central de Veracruz [2]. En la zona de Cuautlapan, Ixtaczoquitlán uno de los principales abonos orgánicos que se utiliza para incrementar la calidad del suelo y brindar los nutrientes a los plantíos de chayote es la gallinaza.

La gallinaza es una combinación de excremento producido por la gallina y otros materiales y que tiene aplicación como abono orgánico. Cabe destacar que el uso de este abono tiene ciertas desventajas, ya que el mal manejo de la gallinaza, la mala disposición de los residuos sólidos y aguas residuales generadas por este abono pueden traer consigo varias consecuencias como el aumento de olores, propagación de enfermedades, el aumento o proliferación de vectores (moscas) [3]. En los últimos años el aumento de estas plagas ha tenido un gran impacto en los cultivos de chayote en Ixtaczoquitlán debido a las enfermedades que causan como las enfermedades gastrointestinales, lo que provoca que la producción baje y afecte al cultivo en diferentes etapas de desarrollo [4]. Para contrarrestar esta problemática es necesario crear estrategias que permitan controlar estas plagas y que a su vez disminuyan el consumo de insecticidas a base de químicos que seas nocivos para el medio ambiente.

Metodología

Trampeo y conteo inicial de moscas

El estudio se realizó en el municipio de Ixtaczoquitlán, Veracruz en la zona de Cuautlapan con las coordenadas geográficas 18°51’55’’N97°01’36’’W (sistema de posicionamiento global GPS), el monitoreo de las poblaciones aéreas se realizó mediante un trampeo, para facilitar el análisis del área se tomó una captura satelital con la aplicación de Google Earth. Se ocuparon trampas de tiras de papel adhesivo de la marca caza fácil de color blanco atendiendo a las recomendaciones realizadas por Pridybailo [5], dado que el color blanco y amarillo atraen a este tipo de vector. Se colocaron 18 trampas distribuidas en el área del cultivo, para lo cual se emplearon tiras de 9 cm de largo y 2.3 cm de ancho

Obtención del extracto etanólico de albahaca para insecticida orgánico

Se utilizó albahaca como materia prima a la cual se le realizó una caracterización fisicoquímica para determinar pH, humedad y cenizas totales mediante técnicas de la Norma Mexicana. Las hojas y los tallos se lavaron con agua destilada, una vez secos se introdujeron en bolsas de papel perforadas y se colocaron en una estufa por convección a 55°C por 28 horas [6]. Para la obtención del extracto se emplearon las hojas y ramas secas de albahaca y se pulverizaron, almacenando el producto en frascos oscuros por 2 días. Una vez finalizado ese tiempo se pesaron 300 g de la muestra, posteriormente en un recipiente de una capacidad de 5000 mL se colocó primero una muestra adicionando 3750 mL de etanol para diluir la muestra dejándola en reposo por 48 horas a 26°C. El extracto se filtró a través de un embudo de separación rápida para remover los sólidos de la solución, y más tarde se llevó de 200 mL en 200 mL al rota vapor para que el disolvente se evaporara hasta secar y así obtener el 10% de extracto etanólico. Por último, fue almacenado en frascos de vidrio color ámbar y a una temperatura de 10 °C hasta el momento de su uso [7]. Se realizó una caracterización fisicoquímica del extracto de albahaca mediante la determinación de los siguientes parámetros: pH utilizando una técnica potenciométrica [8], color se determinó empleando un colorímetro [8], viscosidad mediante viscosímetro DV1 Blookfield, densidad se utilizó el método del picnómetro [9], solubilidad en diferentes solventes [10], sólidos totales [11], índice de acidez mediante la valoración por KOH [12] e índice de refracción se midió con un refractómetro de Abbe [13].

Se aplicó un diseño de experimentos 2 factorial cuyos factores son la concentración con 3 niveles cuantitativos y la cantidad de jabón con 2 niveles cuantitativos, con los que se llevaron a cabo 6 experimentos diferentes, con 3 réplicas para cada uno de los insecticidas orgánicos obteniéndose un total de 18 valores de las variables de respuesta las cuales son pH, densidad, volatilidad y cantidad de moscas

Obtención y caracterización del insecticida orgánico

Para la elaboración del insecticida orgánico se tomaron las cantidades de extracto y agua necesario para hacer soluciones de 100 mL con 5, 10 y 15 mL de extracto en seguida de haber hecho los % v/v Extracto/Agua se mezcló el jabón (axión en polvo) y se agitó hasta obtener una mezcla uniforme. Luego se trasladó la solución a un recipiente para asperjarse. Para la caracterización del insecticida se determinó pH y densidad con las técnicas descritas anteriormente. Además, se determinó la volatilidad de este para ello se pesó en una balanza analítica una caja petri, posteriormente se adicionó una muestra de 1 mL de extracto y se colocó en la caja, se tapó y se registró su pesó, después se mantuvo abierta la caja por un tiempo aproximado de 1 minuto, se volvió a cerrar y de nuevo se registró su peso, el procedimiento se repitió hasta llegar a peso constante.

Aplicación del insecticida orgánico

Se asperjó y se aplicó 10 mL ± 1 mL dentro del área previamente delimitada o campana. Los insecticidas elaborados se asperjaron al mismo tiempo en diferentes puntos los cuales fueron señalados para el conteo final de moscas. Después de asperjado el insecticida orgánico sobre la campana de gallinaza se esperó un tiempo de 24 horas para hacer el conteo de moscas e identificar cuál de los insecticidas repelió más al vector. Posteriormente, se analizaron los resultados mediante el uso de gráficas de cajas y se seleccionaron los dos insecticidas con menor variabilidad y mejor media de moscas atrapas y se hizo un asperjado final ahora tomando el número de bombadas que fueron 10 y 30 sobre las campanas de gallinaza para poder evaluar el efecto del volumen asperjado y el insecticida sobre el número de moscas atrapadas. Por último, se dejaron por 24 horas y se realizó el conteo final de las moscas atrapas, los resultados fueron estudiados mediante un análisis de varianza realizado en Minitab 18.

 ISSN 2007-8102

Resultados y discusión

Conteo inicial de moscas

En la Figura 1 se muestra el conteo del número de moscas totales que tenía cada trampa en un periodo de 24 horas, los insectos ajenos al vector estudiado en cuestión fue excluido teniendo como promedio un total de entre 15 y 16 moscas por trampa, con un límite máximo de 22 moscas, un límite mínimo de 9 y una desviación estándar de 9 moscas, esto puede deberse a algunos factores geográficos a la hora de colocar las trampas, como la proximidad al río, mayor cantidad de maleza, entre otros lo que afectó presencia del vector problema.

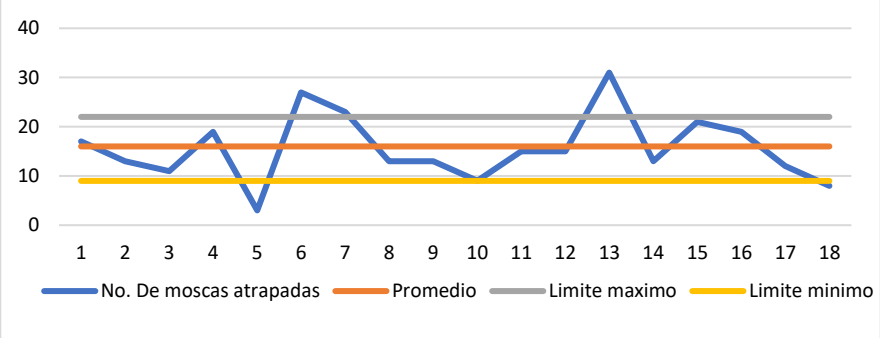


Figura 1. Desviación estándar del conteo inicial de moscas.

Caracterización fisicoquímica de la albahaca

Las características fisicoquímicas de la albahaca utilizada como materia prima se muestran en la Tabla 1. El porcentaje de humedad fue de un 88.2%, lo que refleja que esta planta contiene una alta cantidad de agua. El valor del pH fue de 5.86, este valor se encuentra dentro del rango que debe de tener el suelo donde se cultivó lo que le da las propiedades adecuadas para ser utilizada como insecticida orgánico. El porcentaje de cenizas fue de 13.43%, valor muy cercano al indicado por Reyes [14].

Tabla 1. Características fisicoquímicas de la materia prima (albahaca).

Parámetros	Valor obtenido	Otros autores	Referencias Bibliográficas
Humedad	88.2%	92%	[15]
pH	5.86	4.2 – 8.3	[16]
Cenizas	13.43%	14.3%	[14]

Caracterización fisicoquímica del extracto de albahaca

El extracto de albahaca se empleó para la producción del insecticida que se asperjo directamente sobre la campana de gallinaza el cual tiene las características fisicoquímicas y químicas mostradas en la Tabla **2**. Como se puede observar el pH, la solubilidad, los sólidos totales e índice de refracción se encontraron dentro del rango encontrado en la literatura por otros autores. Por otro lado, el color fue un color verde oscuro y las coordenadas arrojadas por el colorímetro fueron L: 26.01, a: 1.12 y b: .06, el color por lo general el extracto es amarillo, pero esto se debe a que únicamente se ocupan las flores de la albahaca, sin embargo, al ocupar las demás partes de esta la tonalidad cambió. La densidad tuvo un valor de 0.8268 g/mL, estudios anteriores indican que la densidad de los aceites esenciales es menor a la densidad del agua, aunque en comparación con la densidad que obtuvo Yánez [17] fue más baja. El índice de acidez es de 4.2950 g /mL, muy por encima del rango propuesto por Plaza [18]. La viscosidad dio un valor de 1.95 cP, por lo que se infiere que el extracto es poco viscoso.

Evaluación del efecto de concentración de albahaca y cantidad de jabón sobre el pH del insecticida orgánico

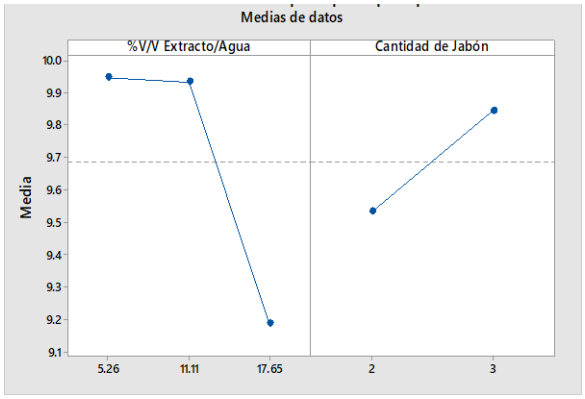
En la Figura 2 se observa que el pH tiende a incrementarse cuando la solución tiene 5.26 % v/v de extracto/agua y 3 g de jabón, por el contrario a valores altos de % v/v (17.5 %) y bajos de jabón (2 g) el pH disminuye, esto se debe a que el extracto tiene un pH ácido de aproximadamente 4.81, sin embargo, éste se encuentra en menor proporción en el insecticida, entre más bajo sea el pH, mayor será el tiempo de vida

 ISSN 2007-8102

Tabla 2. Características fisicoquímicas del extracto de albahaca.

Parámetro	Valor		Otros Autores	Referencia Bibliográfica
pH	4.81		5-5.81	[19]
Olor	Ácido		Ácido	[15]
Solubilidad	Cloroformo	Soluble	Soluble	[20]
	Metanol	Soluble	Soluble	
	Etanol	Soluble	Soluble	
	Acetato de etilo	Soluble	Soluble	
	Agua	Insoluble	Insoluble	
Densidad g/mL a 20°C	0.8268		0.8743, 0.918 -0.924	[15, 21]
Sólidos Totales %	2.688			
Índice de acidez (mL/g)	4.2950		1.958- 2.938	[18]
Índice de Refracción	1.44		1.40 – 1.60	[19]
Color	Verde Oscuro		Amarillo	[22]
Viscosidad Dinámica	1.95 cP			

a)



b)

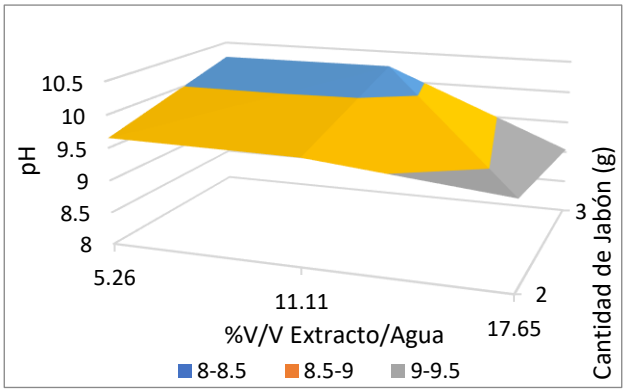
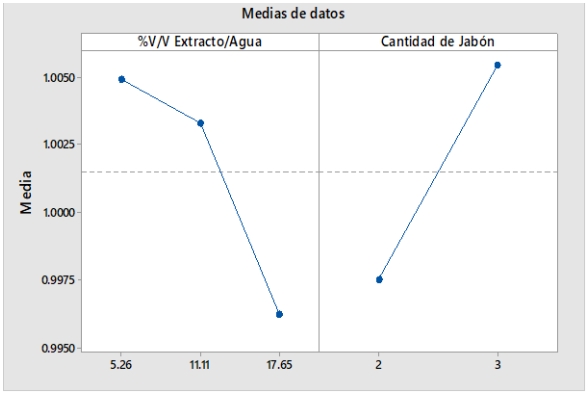


Figura 2. Lado izquierdo (a) Efectos principales del % v/v extracto/agua y cantidad de jabón (g) sobre el pH del insecticida, lado derecho (b) Análisis del comportamiento de pH con diferentes % v/v extracto/agua (mL) y cantidad de jabón (g).

Evaluación del efecto de la concentración de albahaca y la cantidad de jabón sobre la densidad del insecticida orgánico

En la Figura 3 se observa que el valor más alto de densidad se encontró cuando el insecticida tiene un % v/v de 5.26 y 3 g de jabón, el valor más bajo se obtuvo con el % v/v de 17.65 y con 2 g de jabón. Al igual que en el pH la densidad se ve afectada por el agua debido a que el extracto tiene una densidad de 0.8268 g/mL menor a la del agua, por lo que al mezclarse con ésta y al estar en mayor proporción aumenta el valor de la densidad.

a)



b)

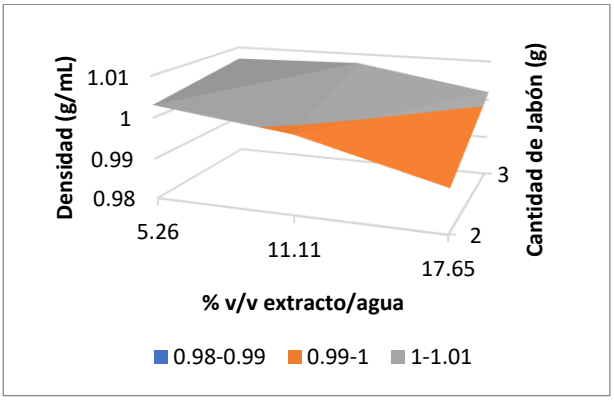
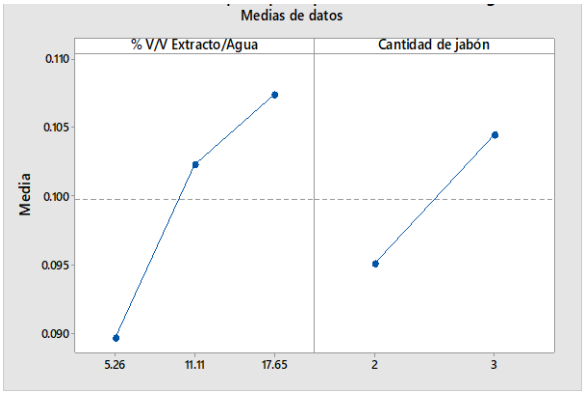


Figura 3. Lado izquierdo (a) Efectos principales del % v/v extracto/agua (%) y cantidad de jabón (g) sobre la densidad del insecticida, lado derecho (b) Gráfica de superficie del % v/v extracto/agua y cantidad de jabón (g) sobre la densidad del insecticida

 ISSN 2007-8102

Evaluación del efecto de la concentración de albahaca y la cantidad de jabón sobre la volatilidad del insecticida orgánico.

En la volatilización del insecticida se tomó en cuenta dos variables de respuesta las cuales fueron el peso perdido de la muestra y el tiempo que tardó en llegar a un peso constante. En la Figura 4 se puede observar que cuando el insecticida tiene un % v/v de 17.65 y 3 g de jabón pierde la mayor cantidad de peso, al contrario de esto si él % v/v es de 5.26 y la cantidad de jabón es de 2 g la cantidad de insecticida que se volatiliza es menor. El comportamiento está dentro de lo esperado, ya que el extracto es una sustancia volátil, por lo que podemos deducir que, a mayor cantidad de extracto, mayor porción del insecticida se volatilizará y por ende se verá reflejado en su peso reduciéndolo.

a) 

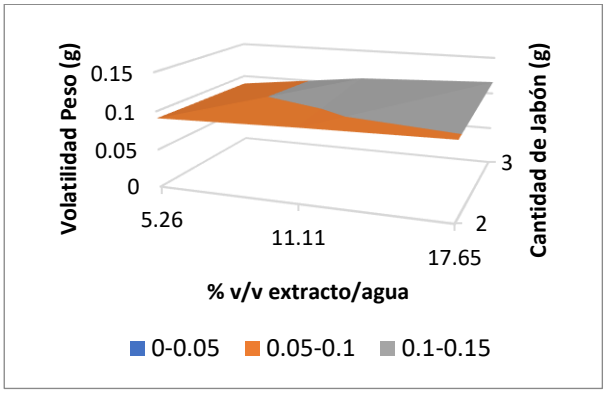
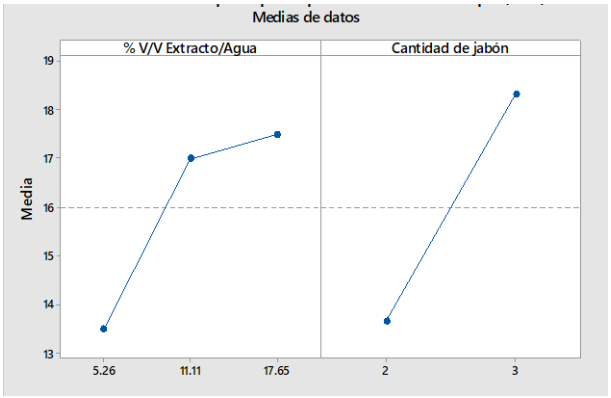
b) 

Figura 4. Lado izquierdo (a) Efectos principales del % v/v extracto/agua (%) y efecto de la cantidad de jabón (g) sobre la volatilidad (peso) del insecticida, lado derecho (b) Comportamiento de la volatilidad peso (g) con diferentes % v/v extracto/agua y de cantidad de jabón (g).

El efecto que tiene el tiempo de volatilización del extracto se muestra en la Figura 5, es muy similar al anterior, puesto que, el insecticida que tardo más tiempo en llegar al peso constante fue el que tuvo un % v/v de 17.65 y 3 g de jabón, por el contrario, el que tuvo un tiempo menor fue el % v/v 5.26 y 2 g de jabón. Esto es proporcional ya que a mayor cantidad de extracto que se debe volatilizar, mayor será el tiempo que tarde en llegar a un peso estable. El tiempo de volatilización es importante que sea alto, ya que tiene relación con el tiempo de vida del insecticida. Es decir, mientras más tarde en volatilizarse mayor será la presencia del extracto en el insecticida y su efecto durará más tiempo.

a) 

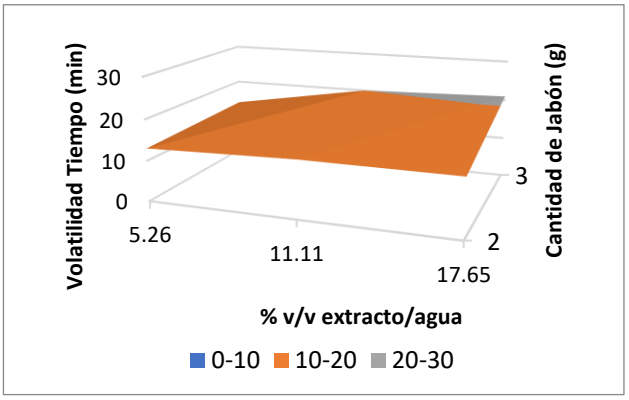
b) 

Figura 5. Lado izquierdo (a) Efecto del % v/v extracto/agua y efecto de la cantidad de jabón (g) sobre la volatilidad (tiempo) del insecticida, lado derecho b) Volatilidad Tiempo (min) con diferentes % v/v extracto/agua y de cantidad de jabón (g).

Evaluación del efecto de la concentración de albahaca y la cantidad de jabón sobre la cantidad de moscas presentes

En la Figura 6 se muestran los resultados del asperjado de todos los insecticidas, como se observa los insecticidas que tuvieron el menor número de moscas atrapadas fueron los dos con 3 g de jabón y aquellos con un % v/v

 ISSN 2007-8102

extracto/agua de 17.65 y 11.11, este insecticida tuvo un mayor efecto repelente y una baja variabilidad. La cantidad de jabón y de extracto si influye en la presencia del vector disminuyendo su población.

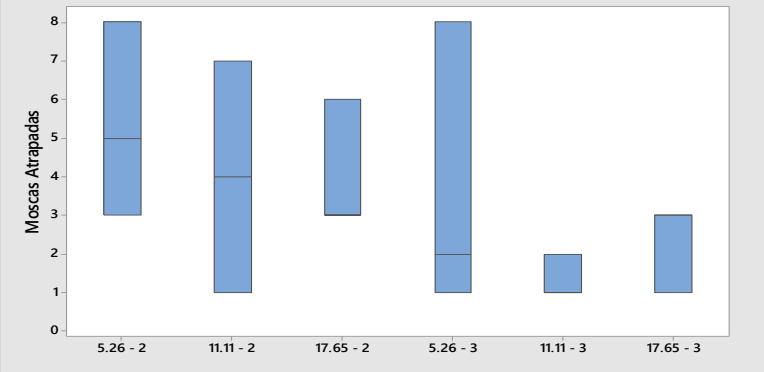
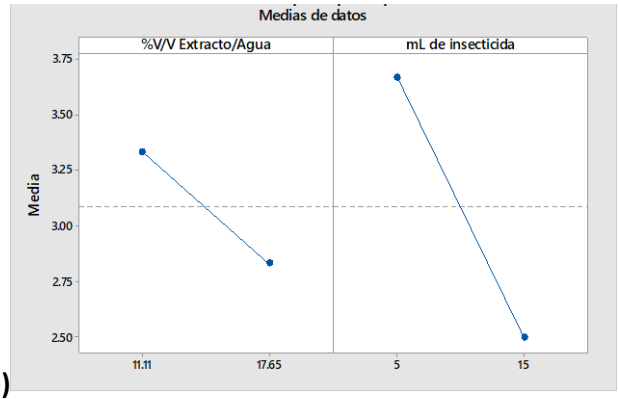
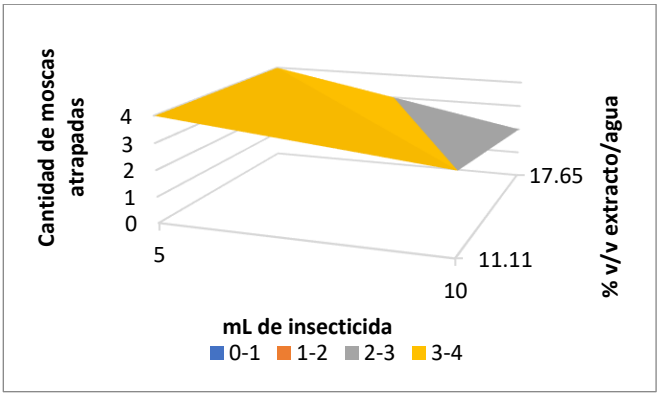


Figura 6. Análisis de la variabilidad y media de moscas atrapadas por insecticida mediante una gráfica de cajas.

Los insecticidas, se asperjaron nuevamente y se analizó cómo influye la cantidad de insecticida rociado se encontró diferencias al aplicar 5 ó 15 mL sobre las campanas de gallinaza, en la Figura 7 se observa que, la cantidad de insecticida interviene en el número de moscas atrapadas, hay mayor ausencia de moscas cuando se aplicaron 15 mL del insecticida y un % v/v 17.65, por el contrario, donde hubo mayor número de moscas presentes fue donde se aplicó 5 mL de insecticida y un % v/v 11.11. Los dos insecticidas tenían la misma cantidad de jabón por lo que no fue factor significativo a la hora de evaluar, por la cantidad de mL rociados influyó. En la Figura 8 se muestra la efectividad de los insecticidas, el promedio inicial de moscas por trampa fue de 15 moscas. Como se observa el insecticida con mejor resultado fue aquel con un % v/v extracto/agua de 17.65 con una cantidad asperjada de 15 mL de insecticida con promedio final de una mosca.



a)



b)

Figura 7. Lado izquierdo (a) Efecto del % v/v extracto/agua (%) y efecto del volumen gastado de insecticida (mL) sobre la cantidad de moscas atrapadas, lado derecho (b) Cantidad de moscas atrapas con diferentes % v/v extracto/agua y mL de insecticida (g).

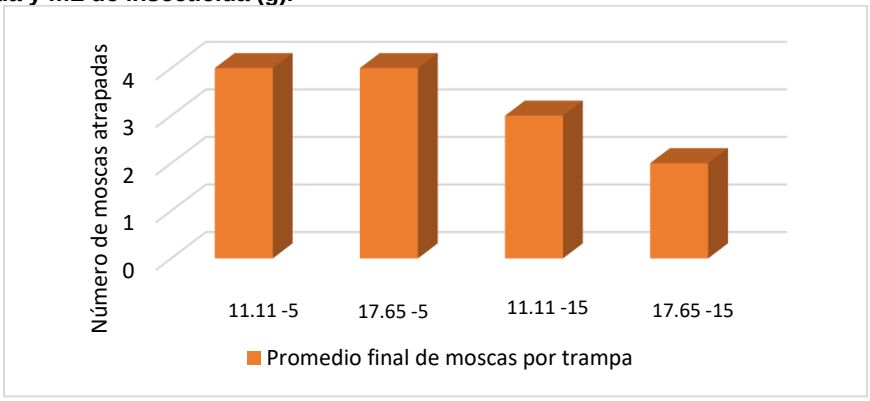


Figura 8. Comparación del promedio inicial de moscas con respecto al final

Trabajo a futuro

Identificar los factores que pudieron afectar a la hora del muestreo del vector problema y ocupar volúmenes más altos de extracto de albahaca para comparar nuevos resultados con los que se obtuvieron en el presente trabajo.

Conclusiones

La caracterización de la albahaca cultivada en la región demostró ser de buena calidad ya que alcanzó un pH de 5.86, así mismo el extracto la caracterización del extracto natural fue satisfactoria, debido a que los resultados de cada una de las pruebas realizadas se encontraron dentro o cercanas al rango dados por otros autores por lo que se puede afirmar que su calidad es óptima. Uno de los parámetros a controlar es el pH, este parámetro en los insecticidas anteriormente realizados obtuvo su estabilidad hasta el quinto día con un rango de entre 9 y 10, la literatura reporta que los insecticidas con un valor alto de pH tienen una duración de entre 24 a 48 horas. Por lo que sería necesario asperjar constantemente para reducir la población de moscas. Otro parámetro importante es la cantidad de insecticida asperjado, concluyendo que a mayor cantidad de insecticida asperjado mejores serán los resultados obtenidos. En conclusión, el insecticida con 15 mL de extracto de albahaca y 3 gramos de jabón el cual se asperjo 15 mL fue el que presentó una mayor actividad repelente al disminuir el promedio de 15 moscas por trampa a 1, logrando una reducción del 93.34%.

Referencias

[1] J. Á. Frías Tamayo, R. P. C. d. l. P. L. Gladis, C. Herrero Pacheco y Y. Acosta Campusano, «Sechiem edule (jacq) sw: potencia fitoterapéutica como agente antibacteriano,» *MediSur,* vol. 14, nº 6, Noviembre-Diciembre 2016.

[2] G. Olguín Hernandez, G. Valdovinos Ponce, J. Cadena Íniguez y M. d. L. Arévalo Galarza, «Etíologia de la marchitez de plantas del chayote (Sechiem edule) en el estado de Veracruz,» *Revista Mexicana de Fitología,* vol. 31, nº 2, pp. 161-169, 2013.

[3] I. M. Guaminga, «Manejo y procesamiento de la gallinaza,» Riobamba, 2012.

[4] M. Rosales V., P. Sepúlveda R. , C. Rjas B., C. Medina V., G. Sepulveda Ch., J. K. Brown y R. Mora R., «Virus trasmitidos por insectos vectores en tomate en la Región de Arica y y Parinacota: situación actual y manejo.,» nº 112, 2011.

[5] A. H. Pridybailo, «Evaluación y monitoreo en el control de mosca mlanca (Bemisia tabaci G.) en cultivo de chile dulce (Capsicum annuum L.) bajo ambiente protegido en Pueblo Nuevo de Zarcero, provincia de Alajuela, Costa Rica,» Boletín ProNAP 5 (30), Alajuela, 2011.

[6] J. Colivet, G. Marcano, G. Belloso, D. Brito y E. Gómez , «Efecto antimicrobiano de extractos etanólicos de albahaca (Ocimum basilicum L.) sobre el crecimiento de Staphylococcus aureus,» *Revista Venezolana de Ciencia y Tecnología de Alimentos,* pp. 313-320, 2011.

[7] N. Ramos de León, M. E. Sanabria Chópite, D. A. Rodríguez González y D. Ulacio, «Efecto del extracto etanólico de la albahaca genovesa (Ocimum basilicum var. Genovese) sobre Cercospora apii Fressen y el tizón temprano del celery (Apium graveolens),» *Revista Científica UDO Agrícola ,* pp. 472-478, 18 Junio 2012.

[8] J. R. Q. Morales, «Evaluación del tiempo y la temperatura en el proceso de pasteurización del néctar de pepino-limón y menta,» Orizaba, 2018.

[9] K. Ochoa Pumaylle, L. R. Paredes Quiroz, D. L. Bejarano Luján y R. J. Silva Paz, «Extracción, caracterización y evaluación de la actividad antibacteriana del aceite esencia de Senecio graveolens Wedd (Wiskataya),» *Scientia Agropecuaria,* vol. 3, nº 4, pp. 291-302, 15 Diciembre 2012.

[10] N. M. Campos, «Evaluación del efecto de insecticidas orgánicos sobre las propiedades fisicoquímicas de abonos orgánicos utilizados en agrosistema de chayote,» Orizaba, 2018.

[11] A. Ochoa Pacheco, J. Marin Moran, D. Rivero Breff y E. M. Aguilera Saborít, «Caracterización física, fisíco-química y química de extractos totales de la hojas frescas de Petiveria alliacea L. con acción microbiana,» *Revista mexicana de ciencias farmacéuticas,* vol. 44, nº 1, pp. 52-59, Marzo 2013.

[12] I. A. Coronel Cazares y J. S. Piedra Santana, «Estudio de la propiedades físicas y composición química de los aceites esenciales de las hojas de Peperomia inaequalifolia Ruiz & Pav. y Piper pubinervulum C. DC., y del Rizoma de Renealmia thyrsoidea subsp. thyrsoidea,» Quito, 2014.

[13] E. Leal Torres, A. López Malo Vigil y M. E. Sosa Morales, «Extracción, composición y caracterización de los aceites esenciales de hoja y semilla de cilantro (Coriandrum sativum),» de *Temas Selectos de Ingeniería de Alimentos*, San Andres Cholula, Puebla, 2013, pp. 97-103.

[14] J. L. H. Reyes, «Aceite de albahaca (Ocimum basilicum L.) y su potencial de producción sustentale para uso medicinal,» Torreón, 2010.

[15] C. F. A. Paredes, «Parámetros de extracción del aceite esencial de albahaca (Ocimum basilicum L.) por arraste de vapor,» Puno, 2018.

[16] C. Vázquez Vázquez , G. I. Ojeda-Mijares, M. Fortis Hernández, P. Preciado Rangel y J. Antonio González, «Sustratos orgánicos en la producción de albhaca (Ocimum Basilicum L.) y calidad fitoquimica,» *Red de Revistas Científicas de América Latina y el Caribe, España y Portugal,* vol. 6, nº 8, pp. 1833-1844, 31 Diciembre 2015.

[17] P. Yánez M., A. Escoba, C. Molina y G. Zapata, «Comparación de la actividad acaricida de los aceites esenciales de Ocimum basilicum, Coriamdrum sativum y Thymuys vulgaris contra Tetranychus urticae,» *LA GRANJA: Revista de Ciencias de la Vida,* vol. 19, nº 1, pp. 21-33, 22 Julio 2014

[18] M. Plaza y M. Ricalde , «Establecer parámetros de control de calidad físico-químicos del aceite esencial de Schinus molle l. obtenido por arrastre de vapor,» *Revista Ciencia, Tecnnología e Innovación,* vol. 11, nº 12, pp. 693-696, 2015.

[19] P. a. V. Ponce, «Caracterización y uso del extracto de albahaca como funcida en bienes patrimoniales maderosos de Quito D.M.,» Quito, 2013.

[20] E. Murillo, K. Fernández, D. M. Sierra y A. Viña, «Caracaerización físico -química del aceite esencial de albahaca II,» *Revista Colombiana de Quimica,* vol. 33, nº 2, 2004.

[21] G. A. Cardoso-Ugarte y M. E. Sosa-Morales, «Propiedades del aceite esencial de albahaca (Ocimum basilicum L.) y sus aplicaciones en alimentos,» de *Temas Selectos de Ingenieria de Alimentos*, Exhacienda St. Catarina Martir, Puebla, 2012, pp. 54-65.

[22] C. E. Clemente Sotteccani y R. Paucar López , «Actividad microbiana del extracto etanólico de las hojas de Schinus molle L. "Molle".,» Lima, 2017.

Evaluación de los índices de calidad y viabilidad de un kéfir adicionado con *Lactobacillus reuteri*

S. Cruz Valdez[1], E. Paz Gamboa[1], M. A Vivar Vera[1], A. Pérez Silva[1], A. Chávez Montaño[1].*
[1]Tecnologico Nacional de México-Instituto Tecnológico de Tuxtepec, Coordinación de Posgrado e Investigación, AV.Dr, Víctor Bravo Ahuja S/N, 5 de Mayo, San Juan Bautista Tuxtepec, 68350, México
ernestina_paz@hotmail.com

***Área de participación**: Ingeniería Química*

Resumen

El kéfir es una bebida láctea fermentada cuyo consumo está aumentando debido a sus efectos positivos en la salud. El objetivo de este trabajo fue evaluar los índices de calidad y viabilidad de un kéfir adicionado con *Lactobacillus reuteri*. Se elaboraron 12 tratamientos y 4 controles (sin adición de *Lactobacillus reuteri*-glicerol) de bebidas a partir de leche ultrapasteurizada comercial y leche bronca pasteurizada utilizando cultivo liofilizado y granos de kéfir. Se les determinó: índices de calidad (pH, ácido láctico, sinéresis y °Brix) y viabilidad de *Lactobacillus reuteri*. La adición de *Lactobacillus reuteri* redujo el pH (4.61-4.1) e incrementó acidez (0.6-0.85% ácido láctico), %sinéresis (39-80%) y °Brix (10-5). La producción de reuterina disminuyó la viabilidad de *Lactobacillus reuteri* (9.5 UFC/mL). Los valores de índice de calidad se encontraron en lo establecidos por la NOM-185-SSA1-2002 y CODEX 243-2003.

***Palabras clave**: Kéfir, Lactobacillus reuteri, Índices de calidad*

Abstract

Kefir is a fermented milk drink whose consumption is affected due to its positive effects on health. The aim of this work was to evaluate the quality and viability indexes of a kefir added with *Lactobacillus reuteri*. 12 treatments and 4 controls (without addition of *Lactobacillus* reuteri-glycerol) of beverages were prepared from commercial ultrapasteurized milk and pasteurized raw milk using lyophilized culture and kefir grains. They were determined: quality indices (pH, lactic acid, syneresis and ° Brix) and viability of *Lactobacillus reuteri*. The addition of *Lactobacillus reuteri* reduced pH (4.61-4.1) and increased acidity (0.6-0.85% lactic acid),%syneresis (39-80%), and ° Brix (10-5). Reuterin production decreased the viability of *Lactobacillus reuteri* (9.5 CFU / mL). The values of quality and viability index were found in the provisions of NOM-185-SSA1-2002 and CODEX 243-2003.

***Key words**: Kefir, Lactobacillus reuteri, Quality index*

Introducción

El kéfir es una leche fermentada originada en el Cáucaso, es ácida, ligeramente carbonatada y presenta pequeñas cantidades de alcohol, lo que distingue al kéfir de las leches fermentadas tradicionales (yogurt) [1, 2,3]. El kéfir puede ser elaborado de manera industrial utilizando cultivos liofilizados o de forma tradicional utilizando granos de kéfir [4]. Sin embargo, la demanda de kéfir producido con granos está aumentando debido a que el kéfir producido tradicionalmente satisface las preferencias de sabor, olor, consistencia, sensación al paladar y también por los efectos positivos que tiene en la salud [5], tales como, efecto antimicrobiano, antihipertensivo, hipocolesterolémico, antiinflamatorio, sistema inmune, nivel de glucosa en plasma, entre otros. Estos beneficios a la salud se debe a la gran diversidad de compuestos bioactivos que se forman durante la fermentación como

los aminoácidos (serina, lisina, alanina, treonina, triptófano, valina, metionina, fenilalanina e isoleucina), vitaminas (A, C, K), minerales (Mg, Ca, P, Fe, Co y Mn), ácido láctico, CO2 y etanol [6].

El *Lactobacillus reuteri* (*L. reuteri*) es una bacteria heterofermentativa gram positiva que se encuentra en el intestino de los humanos y animales, es considerado como uno de los probióticos más importantes, debido a que se ha valorado cada vez más en la industria alimentaria y medicina funcional; encontrándose numerosos informes sobre sus efectos benéficos en el huésped [7,8]. El *Lactobacillus reuteri* tiene la capacidad de fermentar una gama completa de diferentes fuentes de carbono, puede producir vitamina B12 y otros compuestos favorables, su estado seguro lo convierte en un microorganismo prometedor en la industria alimentaria. Además, *Lactobacillus reuteri* produce reuterina, un compuesto con numerosas aplicaciones potenciales en las industrias alimentaria, médica y química [9]. La reuterina o 3-hidroxipropionaldehído (3-HPA) es una sustancia neutra, soluble en agua y de naturaleza aldehídica producida por *Lactobacillus reuteri* durante el metabolismo anaeróbico del glicerol [10,11]. El objetivo de esta investigación fue evaluar los índices de calidad y viabilidad del kéfir adicionado con *Lactobacillus reuteri*, se elaboraron 12 tratamientos y 4 controles a partir de 2 tipos de leche bronca y ultrapasteurizada (UHT), y dos tipos de cultivos: granos de kéfir y liofilizado.

Metodología

Materiales

La leche bronca fue adquirida en el rancho Santa María de Guadalupe, ubicado en Palmilla, Tuxtepec, Oaxaca. La leche ultrapasteurizada que se utilizó fue de una marca comercial conocida fue adquirida en un supermercado local. Los granos de kéfir fueron proporcionados por el Ingeniero Jaime Castillo Ramson y el cultivo liofilizado de kéfir marca “Genesis” fue importado de Bulgaria. El glicerol marca “Deiman” fue comprado en el local comercial de la ciuidad de Tuxtepec, Oax. La cepa de *Lactobacillus reuteri* NRRL-14171 fue donada por la UNIDA/TNM/I.T. Veracurz.

Elaboración del kéfir

Elaboración del kéfir con granos. Se siguió el método descrito por Stewart *et al*. (2018) [12] con algunas modificaciones, en 1 L de leche se inocularon 8 g de granos de kéfir, se fermentó durante 24 h a 25 °C en una estufa marca Zeigen, Modelo: DFA-700, hasta obtener un pH de 4.6, una vez alcanzado el pH, los granos de kéfir se separaron de la bebida con la ayuda de un tamiz #60 y se adicionó *Lactobacillus reuteri* a concentraciones de (0.20%, 0.25% y 0.27%) y glicerol (45 y 50 mM), la bebida fue almacenada a 4 °C para posteriores análisis.

Elaboración del kéfir con cultivo liofilizado. De acuerdo a las condiciones establecidas por la marca “Génesis” en 1 L de leche a 30 °C se inocularon 0.075 g de cultivo liofilizado, la leche inoculada se fermentó a 29 °C durante 24 h en una estufa marca Zeigen, Modelo: DFA-700 hasta obtener un pH de 4.6, una vez alcanzado el pH, se adicionaron las concentraciones de *Lactobacillus reuteri* (0.20%, 0.25% y 0.27%) y de glicerol (45 y 50 mM), se almacenó la bebida a una temperatura de 4 °C para posteriores análisis.

Determinación de los índices de calidad del kéfir

pH. Fue medido utilizando un potenciómetro marca “Denver” modelo UB-10 previamente calibrado con soluciones buffer pH 4 y pH 7. El electrodo fue sumergido en 10 mL de muestra de kéfir previamente homogenizada [13].

Acidez titulable. Se determinó de acuerdo a la NOM-155-SCF1-2012, 9 mL de muestra se titularon con NaOH O.1 N y 3 gotas de fenolftaleína al 1% como indicador [14].

 ISSN 2007-8102

Sinéresis. El porcentaje de sinéresis de las muestras del kéfir fue determinado de acuerdo al método descrito por Amatayakul *et al*. (2006) [15]. 10 g de muestra previamente homogenizada fue transferida a tubos cónicos de polipropileno y centrifugadas a 4200 rpm por 15 min a 10 °C.

°Brix. Se determinó mediante el método descrito por la AOAC (932.12, 1996) [16], utilizando un refractómetro Marca "Hanna", Modelo HI96801.

Determinación de la viabilidad de *Lactobacillus reuteri.* Se midió 1 mL de muestra de las bebidas tipo kéfir elaboradas y se realizaron diluciones en tubos de ensaye con agua peptonada hasta llegar a la dilución 10^{-9} , de las diluciones 10^{-7}, 10^{-8} y 10^{-9} se tomó 1 mL para adicionarlo en caja petris con agar MRS (DIBICO). Se incubaron a 37 °C en anaerobiosis en una incubadora marca "Novatech", modelo DBO-100. La cuantificación del *Lactobacillus reuteri* se realizó durante los días 0, 7, 14 y 21 utilizando un contador de colonias marca "Quebec", modelo 3325. Para fines de esta determinación a los controles se les añadió 0.25% de *Lactobacillus reuteri* para realizar una comparación con el resto de los tratamientos.

Estrategia experimental. Se elaboraron 12 tratamientos de kéfir con las concentraciones de *Lactobacillus reuteri* (0.20%, 0.25%, 0.27%), glicerol (45 y 50 mM), dos tipos de cultivos (Liofilizados y en granos) y dos diferentes tratamientos térmicos en leche (pasteurizada y ultrapasteurizada),estas concentraciones fueron previamente seleccionadas de un estudio anterior en donde se observó que a estas concentraciones hay mayor producción de reuterina, también se contaron con cuatro controles sin *Lactobacillus reuteri* y sin glicerol, con granos de kéfir y cultivo liofilizado en leche de vaca pasteurizada y ultrapasteurizada

Resultados y discusiones

Determinación de los índices de calidad

Cambio del pH en los tratamientos.

El cambio del pH de los tratamientos durante 21 días de almacenamiento a 4 °C se observa en la Figura 1. Todos los tratamientos presentaron disminución de pH a los 21 días, reflejándose más en los tratamientos T10 (4.35-4.11), T11 (4.36-4.11), T12 (4.4-4.13) que son los elaborados con leche pasteurizada y granos. Los tratamientos control que son las bebidas tipo kéfir sin la adición de *Lactobacillus reuteri* y glicerol: control 1(Leche Pasteurizada-Liofilizado), control 2(Leche UHT-Liofilizado), control 3 (Leche UHT- Granos), control 4 (Leche pasteurizada-Granos) tuvieron pH final entre 4.43-4.47, por lo que la adición de *Lactobacillus reuteri* tuvo influencia en el pH favoreciendo su reducción.

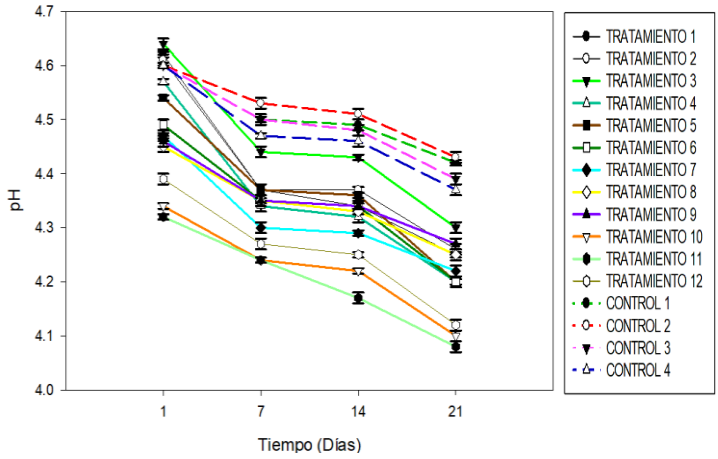


Figura 1. Cambio del pH de los tratamientos durante 21 días de almacenamiento a 4 °C

Autores como Araujo *et al*., 2018, tuvieron pH de 4.2 en 3 h en kéfir elaborado con cultivo liofilizado; Gronnevik *et al*., 2011 [2], tuvieron pH de 4.41 en 8 semanas con cultivo liofilizado y Tugba *et al*., 2013 [17] obtuvieron un pH final de 4.29 para el kéfir elaborado con granos y 4.35 para el kéfir elaborado con cultivo liofilizado. KÖk *et al. (*2013) [18] mencionan que esta disminución de pH se puede deber a la acción de bacterias ácido lácticas y se ve aun mayor la acción de estas bacterias en los tratamientos elaborados con granos de kéfir ya que al realizar el filtrado de las bebidas se van restos de los granos de kéfir que continúan con la fermentación ocasionando una disminución mayor de pH. Aunado a esto la NOM-185-SSA1-2002 [19] establece que el pH máximo para una bebida láctea fermentada debe de ser 4.4.Por otra parte la federación internacional de lechería (FIL-IDF) [20] señala que el pH de un producto lácteo fermentado debe ser ≤4.6, por lo que todos los tratamientos se encuentran dentro de los parámetros establecidos.

Variación de la acidez en los tratamientos

La variación de la acidez de los tratamientos durante el periodo de almacenamiento se encuentra en la Figura 2. Todas las muestras presentaron un aumento de la acidez. Los tratamientos T10 (0.25%-50 mM), T11 (0.27%-45 mM), T12 (0.20%- 45 mM) *Lactobacillus reuteri*-glicerol respectivamente tuvieron mayor acidez 0.79-0.85% Ácido láctico en el día 21. Los tratamientos controles alcanzaron una acidez de 0.58.0.62% ácido láctico, la adición de *Lactobacillus reuteri* favoreció la disminución debido al metabolismo propio de la bacteria. Tugba *et al*., 2013 [17], tuvieron una acidez de 0.92% ácido láctico en kéfir elaborado con granos y kéfir elaborado con cultivo liofilizado en 21 días, por otro lado Chen *et al*., 2009 [21], presentaron 0.84% ácido láctico en 21 días. Tugba atribuye que estos aumentos de acidez conforme transcurren los días se puede deber a la actividad microbiana, donde los microorganismos (*Lactobacillus kefiri, Lactobacillus kefiranofaciens, Lactobacillus kefirgranum* incluso *Lactobacillus reuteri*) degradan la lactosa a ácido láctico. El CODEX STAN 243-2003 [22] establece que la acidez titulable mínima debe de ser 0.6% ácido láctico, de modo que los tratamientos se encuentran dentro de los parámetros establecidos.

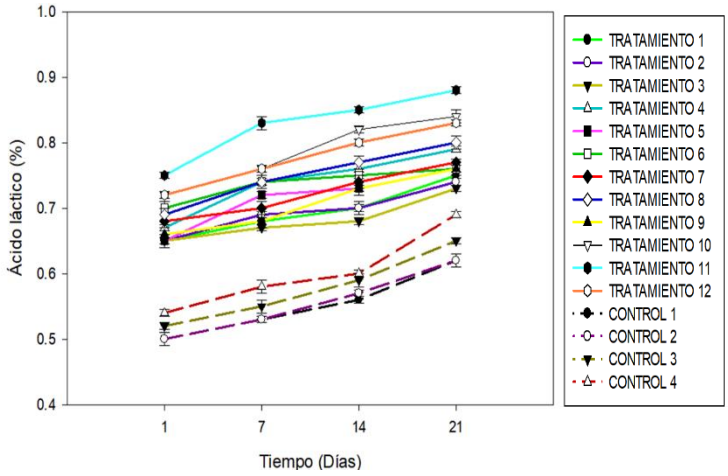


Figura 2. Variación de la acidez de los tratamientos durante 21 días de almacenamiento a 4 °C

Variación del porcentaje de sinéresis en los tratamientos

El porcentaje de sinéresis de los tratamientos durante 21 días de almacenamiento a 4 °C se encuentra en la Figura 3. El porcentaje de sinéresis en las muestras fue aumentando conforme pasaban los días, en los tratamientos del T1-T12 hubo un incremento promedio de 38-80% de sinéresis y en los controles de 35-46% de sinéresis. El incremento de la sinéresis en los tratamientos adicionados con *L. reuteri* y glicerol se debe a la producción de ácido láctico favorecido con las

adición de *L reuteri* dado que estos tratamientos presentaron mayor porcentaje de sinéresis. Montanuci *et al*., 2012 [23], presentaron 26.48% de sinéresis en el kéfir elaborado con granos a los 21 días siendo menor a lo obtenido en esta investigación ya que Montanuci *et al*., 2012, utilizaron inulina como prebiótico y este a su vez actuó reteniendo el suero. Parra, 2014 [24] obtuvo 50% de sinéresis a los 28 días de almacenamiento, el aumento de sinéresis se puede atribuir al contenido de acidez, siendo este un factor que influye en este parámetro ya que la acidez conlleva a que las micelas de caseína se contraigan y logren la expulsión del suero. El aumento de acidez fue mayor en los tratamientos T10 (0.25%-50 mM), T11 (0.27%-45 mM), T12 (0.20%- 45 mM) *Lactobacillus reuteri*-glicerol respectivamente, elaborados con leche pasteurizada y granos de kéfir, el mayor aumento de acidez en estos tratamientos se debe a los microorganismos que contienen los granos es más abundante en bacterias ácido lácticas y levaduras (*Lactobacillus Kefiri, Lactobacillus kefiranofaciens, Lactobacillus kefirgranum, Lactobacillius parakefirsp, Saccharomyces cerevisiae, Saccharomyces pastorianus, Saccharomyces carlbergensis, Saccharomyces unisporus, Saccharomyces turicensis*) (Kök *et al.*, 2013), en comparación al cultivo liofilizado que está más controlada su composición (*Lactococcus lactis sp.lactis, Lactococcus lactis sp.lactis biovar diacetylactis, Lactococcus lactis sp. cremoris, Leuconostoc mesenteroides sp. cremoris, Lactobacillus kefir, Saccharomyces unisporus*) . También pudo haber influido el tipo de leche que se utilizó, ya que la leche ultrapasteurizada es sometida a mayor temperatura (135-140 °C/ 3-5 s) para tener una vida de anaquel más larga, por lo tanto hay más perdida de componentes (Lactosa) susceptible de ser utilizado como sustrato [18].

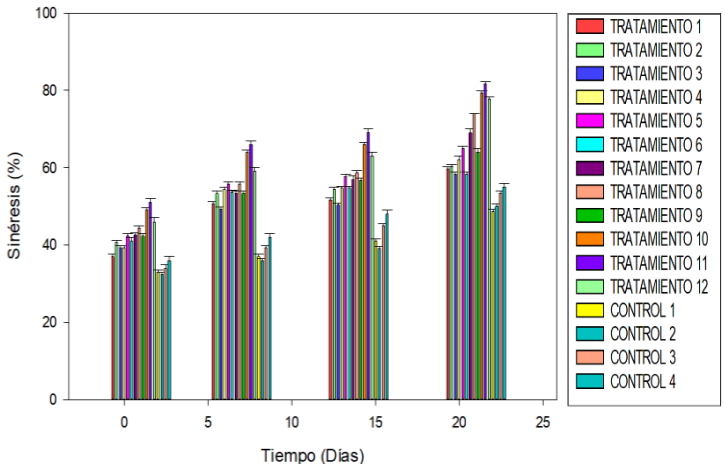


Figura 3. Porcentaje de sinéresis de los tratamientos durante 21 días de almacenamiento a 4 °C

Variación de los °Brix en los tratamientos

En la figura 4 se observa la variación de los °Brix de los tratamientos durante 21 días de almacenamiento a 4 °C. En los tratamientos e incluso en los controles se observa la disminución de los °Brix, esto puede deberse a que los microorganismos propios de kéfir (*Lactobacillus acidophilus, Lactobacillus brevis, Lactobacillus kefiri, Lactobacillus kefiranofaciens subsp. Kefiranofaciens, Lactobacillus kefiranofaciens subsp. Kefirgranum, Saccharomyces unisporus, Zygosaccharomyces rouxii, Saccharomyces turicensis, Saccharomyces exiguus y Kluyveromyces marxianus (t) / Candida kéfir*) y el *Lactobacillus reuteri* utilizan lactosa como fuente de sustrato siendo esta transformada a ácido láctico y etanol durante la fermentación. Asimismo, se observa una mayor disminución de °Brix (7.5-5.5 °Brix) en los tratamientos T10 (0.25%-50 mM), T11 (0.27%-45 mM), T12 (0.20%- 45 mM) *Lactobacillus reuteri*-glicerol respectivamente, debido a que posiblemente en estos tratamientos durante el lapso de filtración se lograron traspasar residuos de los granos de kéfir y los microorganismos que están en ellos continuaron fermentando y degradando la lactosa.

 ISSN 2007-8102

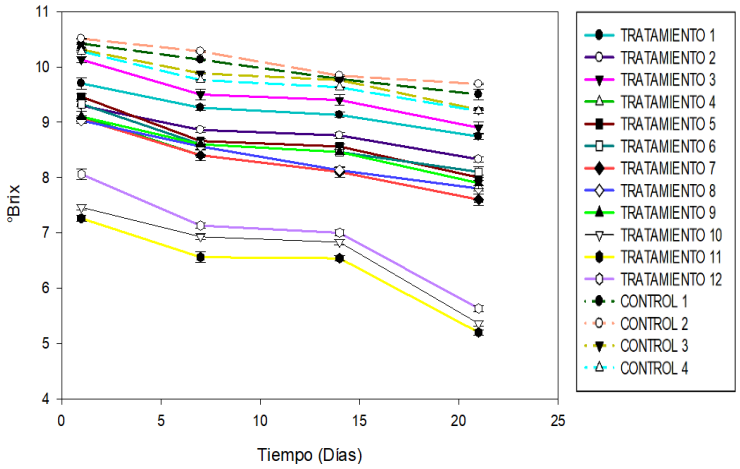


Figura 4. Variación de los °Brix en los tratamientos durante 21 días de almacenamiento a 4 °C

Evaluación de la viabilidad de *Lactobacillus reuteri* en los tratamientos

La evaluación de la viabilidad del *Lactobacillus reuteri* en los tratamientos durante el periodo de almacenamiento se observa en la Figura 5. Los tratamientos T7 (0.25% *L. reuteri*-50 mM glicerol, Leche pasteurizada-liofilizado) y T10 (0.25% *L. reuteri*-50 mM glicerol, Leche pasteurizada-granos) fueron significativamente diferentes en relación a los demás tratamientos, obteniendo mayor viabilidad 9.47 Log UFC/mL y 9.48 Log UFC/mL respectivamente en el día 21. Los controles C1 (0.25% *L. reuteri*-Leche pasteurizada-liofilizado) y C4 (0.25% *L. reuteri*-Leche pasteurizada-granos) tuvieron 10.2 Log UFC/mL en el día 21, obteniendo 0.73 ciclos logarítmicos de diferencia con los tratamientos T7 y T10. Por otro lado los controles C1 y C4 tuvieron un ciclo logarítmico de diferencia con los tratamientos T8 (0.27%-45 mM), T9 (0.20%- 45 mM), T11 (0.27%-45 mM) y T12 (0.20%- 45 mM) *Lactobacillus reuteri*-glicerol respectivamente, demostrando así que los tratamientos tienen menor viabilidad que los controles. Lo mismo sucedió con los tratamientos T1 (0.25% *L. reuteri*-50 mM glicerol, Leche Ultrapasteurizada-liofilizado) y T4 (0.25% *L. reuteri*-50 mM glicerol, Leche Ultrapasteurizada-granos), tuvieron una viabilidad de *Lactobacillus reuteri* de 8.37 y 8.39 respectivamente en el día 21, teniendo 1.62 ciclos de diferencia de los controles C2 (0.25% *L. reuteri*-Leche Ultrapasteurizada-liofilizado) y C3 (0.25% *L. reuteri*-Leche Ultrapasteurizada-granos) ya que en el día 21 mantuvo una viabilidad de 10 Log UFC/mL, comparando estos controles con los tratamientos T2 , T3, T5 y T6 presentaron 2.6 ciclos logarítmicos de diferencia. Por lo que este comportamiento en ambos casos se puede atribuir al efecto inhibitorio que tiene la reuterina producida en las bebidas sobre la viabilidad de *Lactobacillus reuteri*.

No obstante los tratamientos elaborados con leche pasteurizada (T7, T8, T9, T10, T11 y T12) presentaron una mayor viabilidad de *Lactobacillus reuteri* que los tratamientos elaborados con leche ultrapasteurizada (T1, T2, T3, T4, T5, T6), si se comparan los tratamientos T7 y T10 con los tratamientos T1 y T4, estos tienen un ciclo logarítmico de diferencia, por lo que se puede atribuir a que la leche pasteurizada posiblemente tenga mayor concentración de sustrato que los microorganismo puedan utilizar. Comportamiento similar tuvo Ortiz *et al*., 2017 [25], los cuales tuvieron una viabilidad inicial de 9 Log UFC/mL y 0 en 21 días, considerando que mantuvieron una producción de 9 mM de reuterina, este comportamiento era de esperarse ya que es necesario tener 8.5 mM de reuterina para inhibir totalmente la viabilidad del *Lactobacillus reuteri* en el producto. Por otro lado Langa *et al*., 2013 [26], contaron con una viabilidad inicial de 5 Log UFC/mL y una viabilidad final de 3 Log UFC/mL en 30 días reportando una producción de reuterina de 13.22 mM. Por otro lado para que una bebida tenga un efecto probiótico debe tener una viabilidad mínima de 6 Log UFC/mL teniendo en cuenta que todos los tratamientos superan esta viabilidad, las bebidas tienen un efecto probiótico [25]

 ISSN 2007-8102

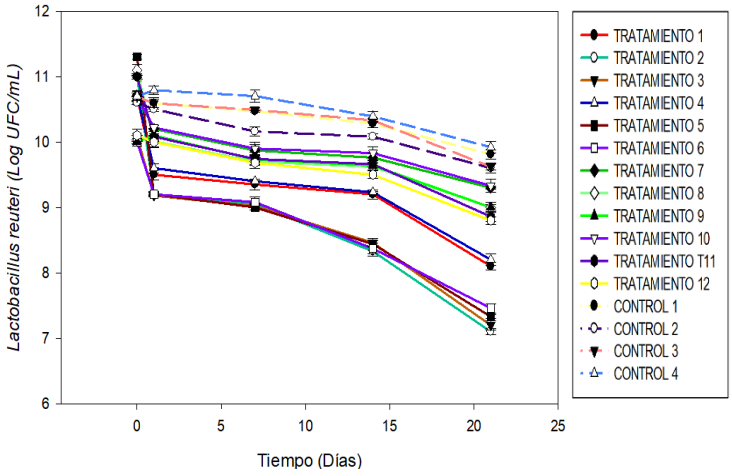


Figura 5. Evaluación de la viabilidad de *L. reuteri* en los tratamientos durante 21 días de almacenamiento a 4 °C

Trabajo a futuro

Adicionar nanoparticulas de zinc y cuantificar el contenido de zinc, así como también cuantificar el contenido de reuterina producida en las bebidas elaboradas.

Conclusiones

La adición de *L. reuteri* redujo el pH e incrementó acidez, °Brix y sinéresis en relación a los controles, puesto que el *Lactobacillus reuteri* también estuvo degradando la lactosa, por lo tanto fermentando aún más el producto e influyendo en los índices que se analizaron. La utilización de leche bronca pasteurizada favorece la viabilidad de *Lactobacillus reuteri* ya que fue mayor en las bebidas elaboradas con leche bronca pasteurizada debido a que en esta leche hay más sustrato disponible con el que el microorganismo pueda alimentarse, esto debido a que la leche ultrapasteurizada es sometida a un proceso de calentamiento superior al de la leche pasteurizada por lo tanto la lactosa se degrada, sin embargo las bebidas preparadas con ambas leches pueden considerarse bebidas probióticas debido a que tienen una viabilidad superior a 6 Log UFC/mL. Los valores del índice de calidad de las bebidas se encuentran dentro de los valores establecidos por la NOM-185-SSA1-2002 y el CODEX STAN 243-2003, indicando que puede ser un producto con perfil a ser comercializado.

Referencias

[1]. M. García, S. Martínez, I. Franco, J. Carballo, “Microbiological and chemical changes during the manufacture of Kefir made from cows’ milk, using a commercial starter culture”, *International Dairy Journal*, vol.16, no.7, pp. 762–767, 2006.

[2]. H. Grønnevik, M. Falstad, J. Narvhus, “Microbiological and chemical propertie of Norwegian kefir during storage”, *International Dairy Journal*, vol. 21, no.9, pp. 601–606, 2011.

[3]. I. Mainville , N.Robert, B. Lee, E. Farnworth, “Polyphasic characterization of the lactic acid bacteria in kefir”, *Systematic and Applied Microbiology*, vol.29, no.1, pp. 59–68, 2006.

[4]. S. Otles, O. Cagindi, “Kefir: a probiotic dairy-composition nutritional and therapeutic aspects”, *Pak. J. Nutr*, vol. 2, no. 2, pp 54–59, 2003.

[5]. K. O’Brien, K. Aryana, W. Prinyawiwatkul, K. Carabante, “Short communication: The effects of frozen storage on the survival of probiotic microorganisms found in traditionally and commercially manufactured kéfir”, *J. Dairy Sci*. vol.99, pp.1–6, 2016.

[6]. D. Rosa, M. Manoela, L. Dias, K. Grzes, R. Sandra, L. Conceição, M. Peluzio, “Milk kefir: nutritional, microbiological and health benefits”, *Nutrition research reviews*, vol.30, no.1, pp. 82, 2017.

[7]. F. Fang, P. O'Toole, “Genetic tools for investigating the biology of commensal lactobacilli”, *Frontiers in Bioscience*, vol.14, no.1, pp. 3111-3127, 2009.
[8]. P. Oh, A. Benson, D. Peterson, P. Patil, E. Moriyama, S. Roos, “Diversification of the gut symbiont Lactobacillus reuteri as a result of host-driven evolution”, *The ISME Journal*, vol. 4, pp. 377-387, 2010.
[9]. S. Vollenweider, E. Evers, K. Zurbriggen, C. Lacroix, “Unraveling the hydroxypropionaldehide (HPA) system: an active antimicrobial agent against human pathogens”, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, vol. 58, pp. 10315-10322, 2010.
[10]. K. Smiley, M. Sobolov, “A cobamide-requiring glycerol dehydrase from Standing Committee on the Scientific Evaluation of Dietary Reference Intakes, *Food and Nutrition Board*, vol. 12, no. 3, pp.351-398, 1962.
[11]. S. Vollenweider, G. Grassi, I. König, Z, “Purification and structural characterization of 3-hydroxypropionaldehyde and its derivates”, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, vol. 51, no. 11, pp. 3287-3293, 2003.
[12]. L. Stewart, P. Smoak, D. Hydock, R. Hayward, K. O’Brien, J. Lisano, A. Mathias, “Milk and kefir maintain aspects of health during doxorubicin treatment in rats”, *Journal of Dairy Science*, vol. 102, no. 2, pp.1–8, 2018.
[13]. O. Gul, M. Mortas, I. Atalar, M. Dervisoglu, T. Kahyaoglu, “Manufacture and characterization of kefir made from cow and buffalo milk, using kefir grain and starter culture”, *J. Dairy Sci*. vol. 98, no. 5, pp.1517–1525. 2015.
[14]. Norma Oficial Mexicana NOM-155-SCFI-2012, Leche-Denominaciones, especificaciones fisicoquímicas, información comercial y métodos de prueba.
[15]. T. Amatayakul, F. Sherkat, N. Shah, ”Syneresis in set yogurt as affected by EPS starter cultures and levels of solids”, *International Journal of Dairy Technology*,vol. 59, no. 3, pp. 216–221, 2006.
[16]. AOAC (932.12, 1996). Official methods of analysis (18th Ed.). Washington, D.C: Association of Official Analytical Chemists.
[17]. K. Tuğba, A. Seydim, B. Özer, Z. Guzel-Seydim, “Effects of different fermentation parameters on quality characteristics of kefir”, *Journal of Dairy Science*, vol. 96, no. 2, pp. 780–789, 2013.
[18]. T. Kök, A. Seydim, B. Özer, Z.Guzel,”Effects of different fermentation parameters on quality characteristics of kefir”, *Journal of Dairy Science*, vol. 96, no.2, pp. 780–789, 2013
[19]. NORMA Oficial Mexicana NOM-185-SSA1-2002, Productos y servicios. Mantequilla, cremas, producto lácteo condensado azucarado, productos lácteos fermentados y acidificados, dulces a base de leche.
[20]. Federación Internacional de Lecheria. Estandares de calidad de la leche, 2011.
[21]. T. Chen, Y. Wang, N. Chen, R. Liu, J. Chen, “Microbiological and chemical properties of kefir manufactured by entrapped microorganisms isolated from kefir grains”, *Journal of Dairy Science*, vol. 92, no. 7, pp. 3002–3013, 2009.
[22]. CODEX ALIMENTARIUS COMMISION. (2003). Codex Standard para Leches Fermentadas. CODEX STAN 243-2003
[23]. F. Montanuci, T. Pimentel, S. Garcia, S. Prudencio, “Effect of starter culture and inulin addition on microbial viability, texture, and chemical characteristics of whole or skim milk Kefir”, *Food Science and Technology*, vol. 32, no. 4, pp. 580-865, 2012.
[24]. R. Parra, “Efecto de la adición de yacon (*Smallanthus sonchifolius*) en las características fisicoquímicas, microbiológicas, proximales y sensoriales de yogur durante el almacenamiento bajo refrigeración”, Unipamplona, vol. 1, no.12, pp. 5-14, 2014.
[25]. Y. Ortiz, R. Sánchez, N. Gutierrez, J. Leon, C. Acosta, “Production of reuterin in a fermented milk producto by *Lactobacillus reuteri*: Inhibition of pathogens, spoilage microorganisms, and lactic acid bacteria”, *J. Dairy Sci*, vol.100, no. 18, pp.1-11,2017.
[26]. S. Langa, I. Landete, E. Cabrejas, J. Rodríguez, M. Arqués, “In situ reuterin production by *Lactobacillus reuteri* in dairy products”, *Food Contr*, vol. 33, no 31, pp.200–206, 2013.

 ISSN 2007-8102

Determinación espectrofotométrica del contenido de alicina presente en extractos de ajo obtenidos por ultrasonido

G.L. Pech Damián[2] , J. Amador Hernández[1], S.C. Rangel Ortega[2], A.V. Charles Rodríguez[2], D.G. Martínez Vázquez[2]*
[1]Departamento de Química Analítica, Facultad de Ciencia Químicas, Universidad Autónoma de Coahuila, Blvd. Venustiano Carranza s/n C.P. 25280, Saltillo, Coah., México
[2]Departamento de Ciencia y Tecnología de Alimentos, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Calzada Antonio Narro 1923 Buenavista C.P. 25315, Saltillo, Coah., México
**gabriela.martinez@uaaan.edu.mx*
***Área de participación**: Ingeniería Química*

Resumen
Se obtuvieron extractos acuosos de ajo a partir de la aplicación de ultrasonido a mezclas de ajo fresco y agua como disolvente, a tres diferentes tiempos de sonicación: 5, 10 y 15 min a 25°C; posteriormente fueron concentrados eliminando el exceso de agua mediante extracción de fase sólida (SPE). El analito de interés fue la alicina contenida en los extractos, la cual fue cuantificada por espectrofotometría UV-Visible a 412 nm. Se calculó la concentración de alicina, así como su rendimiento de extracción. Los resultados muestran un contenido de alicina de $2.4x10^{-5}$ mmol/mL y un rendimiento del 19.7% a un tiempo óptimo de sonicación de 10 min, presentando un ligero incremento de la temperatura del extracto, ofreciendo con esto una mayor estabilidad al sistema.

***Palabras clave**: Ajo, Alicina, Ultrasonido, Espectrofotometría*

Abstract
Aqueous garlic extracts were obtained from ultrasound application to fresh garlic mixtures and water as solvent, at three different sonication times: 5, 10 and 15 min at 25 ° C; later, they were concentrated eliminating the water excess by extraction method of solid phase (SPE). The analyte of interest was allicin contained in the extracts, which was quantified by UV-Visible spectrophotometry at 412nm. Allicin concentration was calculated as well as its extraction efficiency. The results showed an allicin content of 2.4x10-5 mmol / mL and an efficiency of 19.7% at an optimal sonication time of 10 min, presenting a slight increase in the extract temperature, thus offering greater stability to the system.

***Key words**: Garlic, Allicin, Ultrasound, Spectrophotometry*

Introducción
En los últimos años, los consumidores han mostrado interés por reducir el consumo de alimentos que contengan aditivos sintéticos, procurando ingerir aquellos que incluyan aditivos de origen natural. Esto ha impulsado a los científicos a investigar el contenido de sustancias activas presentes en los alimentos para ser utilizados con tal fin, así como la manera de obtenerlos. [1]. La extracción de compuestos activos con disolventes, es la técnica más utilizada no solo a nivel laboratorio sino también en diversas industrias. Algunos disolventes empleados son el metanol, etanol, acetato de etilo, entre otros, o diluciones acuosas de éstos obteniendo rendimientos moderados. Por otro lado, algunas técnicas no convencionales de extracción contemplan, además del uso de los disolventes antes mencionados, algunas bases y/o ácidos logrando una mejor extracción de compuestos [2]. Sin embargo, en ocasiones, estos métodos no son amigables con el medio ambiente por el alto consumo

de energía, tiempos largos de extracción, así como la presencia de impurezas debido a las trazas de los disolventes utilizados [3].

Dentro de las llamadas técnicas no convencionales o alternativas también se encuentran la tecnología de fluidos supercríticos, extracción asistida con microondas y extracción asistida con ultrasonido, las cuales buscan mejorar el rendimiento en la extracción de los compuestos de interés. La técnica de ultrasonido aprovecha las vibraciones mecánicas y el efecto térmico producido, para favorecer la transferencia de masa, un mezclado más eficaz reduciendo los gradientes térmicos y de concentración, además de una extracción más selectiva; buena parte de estas ventajas se deben a una de sus principales propiedades conocida con el nombre de cavitación, la cual es un fenómeno donde las ondas de sonido que pasan a través de un medio (disolvente) generan procesos de compresión y de expansión [4]. Generalmente el soluto de interés se encuentra dentro de la célula, en la pared celular, en el citoplasma y/o los organelos, por lo que lograr una extracción con disolventes no es fácil y la eficiencia es mucho menor, por lo que el proceso de sonicación representa una alternativa adecuada para la extracción de sustancias activas.

El ajo (*Allium sativum* L.) es considerado uno de los bulbos de mayor importancia en la industria de los alimentos, así como en la industria farmaceútica debido a su contenido de compuestos bioactivos. En la actualidad se conocen por lo menos 100 compuestos activos derivados del ajo con una amplia gama de propiedades nutraceúticas, entre los que sobresale la alicina (S-2-propenil éster del ácido 2-propenol-1sulfinotiotico) [5]. La alicina es un tiosulfinato altamente inestable que no se encuentra de manera natural en el ajo, sino que se forma cuando se fractura, corta o machaca el bulbo liberándose la aliína o S-alilcisteína sulfóxido, compuesto sulfurado más abundante en el citoplasma de las células del ajo. El ajo contiene 7-14 mg de aliína por gramo de peso fresco y de 18-42 mg/g de peso seco [6]. Por otro lado, la enzima alinasa se encuentra en las vacuolas de la célula separada físicamente de su sustrato natural, la aliína; por lo que al romperse las células esta última expuesta se convierte en tiosulfinatos, de los cuales entre el 70-80 % es la alicina responsable del aroma característico del ajo fresco, y de sus propiedades antitrombóticas, antitumorales, anticancerígenas, antiparasitarias y antifúngica [7,8,9].

En este trabajo se propone el uso de la técnica de ultrasonido como una alternativa de extracción de alicina a partir de la sonicación de material vegetal usando agua como disolvente, variando el tiempo de exposición y generando extractos acuosos con diferente contenido de alicina, la cual será cuantificada mediante espectrofotometría UV-visible.

Metodología

Materiales

En la elaboración de los extractos acuosos en estudio se utilizó ajo fresco de la variedad morada obtenido del ejido Rinconada, N.L. y agua destilada. En la etapa de la concentración del extracto mediante extracción en fase sólida se utilizó n-hexano (Fisher ChemAlert® Guide), metanol (Analytyka), agua desionizada (Alquime) y cartuchos de 6 g de octadecilo C_{18} como adsorbente (Supelco). Durante la medición por espectrofotometría UV se utilizó L-Cisteína (Sigma Aldrich), agua bidestilada (Analytyka) y DTNB (Trizma® hydrochloride, Scientific™).

Preparación de extractos acuosos de ajo

Se prepararon extractos acuosos de *Allium sativum (*ajo) utilizando 20 g de ajo previamente cortado y 80 mL de agua destilada. La mezcla fue sometida a un proceso de sonicación con una frecuencia de 40 kHz, utilizando un baño de ultrasonido Branson CPXH-3800; variando el tiempo de exposición a 5, 10 y 15 min en condiciones isotérmicas de 25 °C. Cada muestra fue preparada por triplicado.

Concentración de los extractos mediante extracción en fase sólida (SPE)

El método de extracción en fase sólida o SPE, por sus siglas en inglés, fue utilizada para eliminar el exceso de agua de los extractos acuosos de ajo, concentrando el analito de interés para su cuantificación. El método consiste de cuatro etapas: *(i) Etapa de acondicionamiento* de los cartuchos C_{18} mediante la aplicación de 3 mL de n-hexano con la finalidad de extender las cadenas de la fase estacionaria, seguido de 5 mL de metanol puro para generar una interface entre la matriz de la muestra y el adsorbente. Posteriormente, para eliminar cualquier exceso de los disolventes anteriores, se aplicaron 10 mL de agua desionizada. *(ii) Etapa de adsorción*, en donde el extracto pasa a través del cartucho de C_{18}. *(iii) Etapa de lavado*, para eliminar interferencias co-adsorbidas en la fase sólida mediante la aplicación de 10 mL de una solución de metanol al 3 % V/V. 4) *Etapa de elución*, para la remoción de los analitos de interés mediante la adición de 3 mL de metanol puro como disolvente [10].

Cuantificación de alicina por espectrofotometría UV-Visible

Para cuantificar el contenido de alicina de los extractos de ajo se utilizó el método espectrofotométrico, el cual consiste en mezclar 5 mL de una solución de L-cisteína al 10 µM preparada en un buffer de Tris-HCL a 50 µM (pH 7.5), con 1 mL del extracto obtenido por SPE. De la mezcla resultante se tomó 1 mL para ser diluida en 99 mL de H_2O bidestilada; de esta dilución se tomaron 4.5 mL y se le adicionaron 0.5 mL de DTNB al 1.5 µM preparado con Tris-HCL buffer 50 µM (pH 7.5). Para evidenciar una reacción colorimétrica es necesario dejar la disolución reposar por 15 min y posteriormente, mediante un espectrofotómetro UV-visible se obtuvo la absorbancia a 412 nm. Para el blanco se sustituyó el mL de extracto por 1 mL de H_2O bidestilada [11].

La concentración total de alicina fue determinada mediante la siguiente ecuación:

$$C_{alicina}(mmol/mL) = (\Delta A_{412} - \beta)/(2 * 14{,}150) \quad (1)$$

Donde

$$\Delta A_{412} = A_0 - A \quad (2)$$

Siendo A_0, la absorbancia del blanco; A, la absorbancia de la muestra; β, la dilución de la L-Cisteína; 14,150, es el coeficiente de extinción molar (E) de la alicina en agua y $C_{alicina}$, es la concentración de la alicina en mmol/mL.

Análisis estadístico

El contenido de alicina en los extractos de ajo fueron evaluados por triplicado. Los resultados experimentales fueron analizados con el software PAST mediante el cálculo de medias y desviación estándar. Además, se aplicó la prueba de ANOVA de una vía, realizando la prueba de Tukey para determinar las posibles diferencias significativas entre los valores medios de cada parámetro. Las diferencias se consideraron estadísticamente significativas al nivel $p<0.05$

Resultados y discusión

Posterior a la obtención de los extractos acuosos variando el tiempo de sonicación, se pre concentró la alicina utilizando la técnica de extracción en fase sólida (SPE), con el fin de aumentar su concentración antes de su cuantificación. Después, se calculó la concentración de alicina de cada extracto mediante espectrofotometría UV-Vis y, aplicando la ecuación (1), se obtuvieron los valores mostrados en la Tabla 1 y Figura 1. Cabe mencionar que la exposición del ultrasonido, ocasionó un ligero aumento en la temperatura de los extractos, como se puede observar adicionalmente en esta misma tabla.

 ISSN 2007-8102

Tabla 1. Contenido de alicina presente en extractos acuosos de ajo sometidos a diferentes tiempos de sonicación, y a una temperatura inicial de 25°C.

Tiempo (min)	$C_{ALICINA}$(mmol/ml) X 10^5	Temperatura Final (°C)
5	0.78±0.30 [a]	26.3±0.6
10	2.39±0.03 [b]	29.3±0.6
15	2.10±0.04 [b]	37.6±1.1

NOTA: Las mediciones se realizaron por triplicado. Letras diferentes, indican una diferencia estadística significativa (α=0.05).

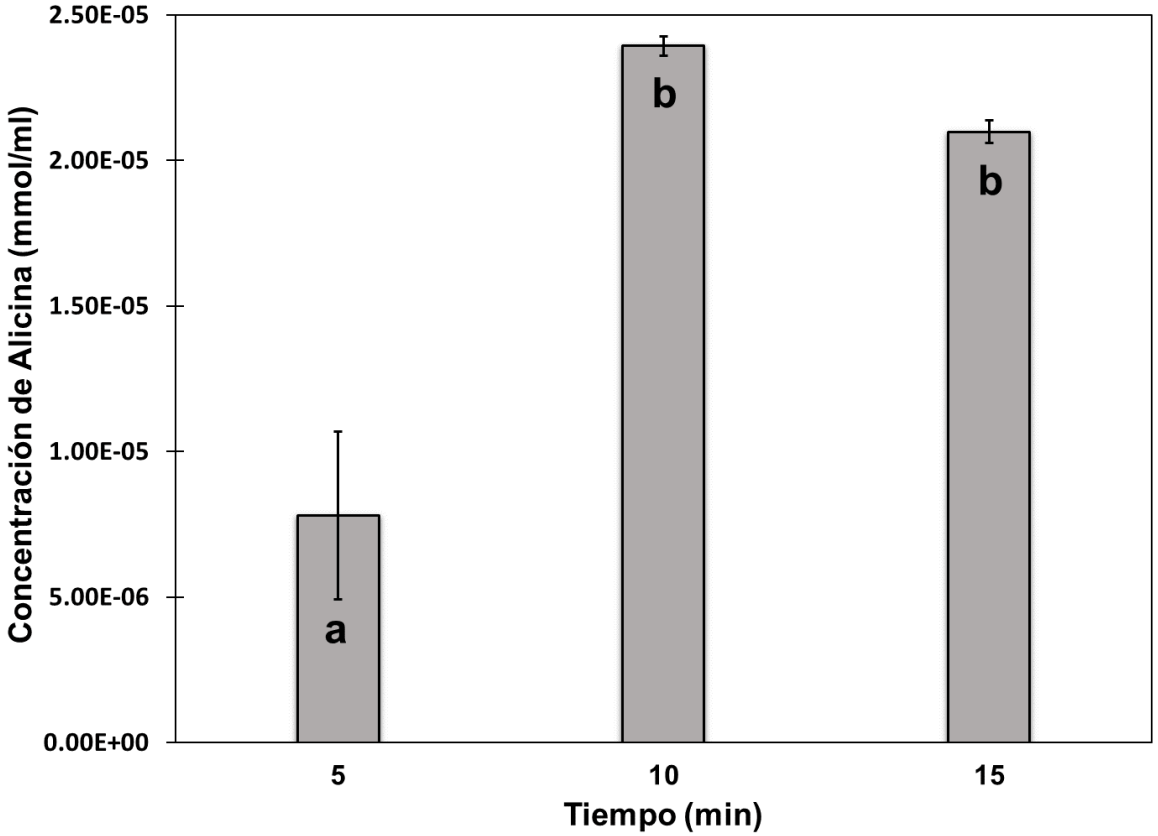


Figura 1. Concentración de alicina en extractos acuosos de ajo expuestos a diferentes tiempos de sonicación y una temperatura inicial de 25°C.

Los resultados muestran que se obtuvo una mayor concentración de alicina en los extractos sometidos a un tiempo de sonicación de 10 min, disminuyendo ligeramente al aumentar el tiempo de exposición a 15 min; sin embargo, esta diferencia no es estadísticamente significativa. Adicionalmente, en esta última condición se observa un incremento en la temperatura de más de 12 °C respecto a la temperatura inicial (25 °C). Lo anterior se puede atribuir a que la actividad enzimática decrece con la temperatura, específicamente la inactivación de la enzima alinasa se produce a partir de los 42 °C y al llegar a los 60 °C es destruida en su totalidad [12].

En la Tabla 2 y la Figura 2 se presenta el contenido aliina por masa de ajo fresco, así como la eficiencia de su extracción ocasionada por la cavitación de las burbujas o cavidades formadas en el disolvente, las cuales terminan por explotar violentamente produciendo un incremento de presión y temperatura, lo que favorece una mejor penetración del disolvente (agua) en el interior del sólido [13].

 ISSN 2007-8102

Tabla 2. Contenido de aliína presente en el ajo fresco y el rendimiento de extracción de alicina a diferente tiempo de sonicación.

Tiempo (min)	Contenido de aliína (mg aliína/g ajo)	Rendimiento de extracción (%)
5	0.506±0.20 [a]	6.42±2.4 [a]
10	1.553±0.02 [b]	19.72±0.3 [b]
15	1.362±0.02 [b]	17.30±0.3 [b]

NOTA: Las mediciones se realizaron por triplicado. Letras diferentes, indican una diferencia estadística significativa (α=0.05).

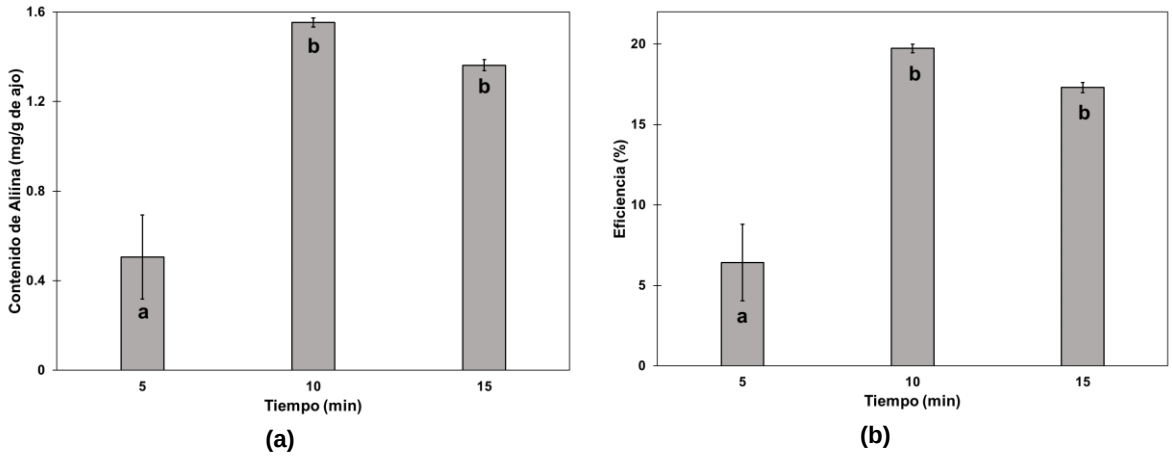


Figura 2. (a) Contenido de aliína por masa de ajo fresco; (b)Porcentaje de eficiencia en la extracción de alicina presente en extractos acuosos de ajo sometidos a diferentes tiempos de sonicación a una temperatura inicial de 25 °C.

Los resultados anteriores muestran un mayor contenido de aliina extraída del material vegetal en estudio disponible como sustrato de la enzima alinasa, aplicando a un tiempo de sonicación de 10min, siendo a estas condiciones 3 veces mayor respecto a la cantidad obtenida con 5 min de tratamiento. Por lo anterior, las condiciones óptimas de sonicación para extracción de alicina en extractos acuosos de ajo fresco se obtuvieron a los 10 min de sonicación con un rendimiento del 19.72 %.

Son muchas las investigaciones acerca de la aplicación de la tecnología del ultrasonido en la extracción de compuestos activos, algunos ejemplos de ello es el estudio realizado por González-Centeno y col. [14], en donde evaluó el efecto de la frecuencia acústica (40, 80, 120 kHz) y el tiempo de extracción (5, 15, 25 min) en la obtención de fenoles totales, flavonoides totales y su capacidad antioxidante provenientes del orujo de uva, encontrando las mejores condiciones de extracción para esos compuestos activos a 40kHz y 25 min de tiempo de sonicación. En otra investigación se realizó la extracción de compuestos fenólicos del rizoma *Sparganium,* en la cual se estudió la concentración de etanol utilizado como disolvente, el tiempo de extracción y la proporción de disolvente al material [15]. Con lo anterior se muestra que los estudios de investigación utilizando ultrasonido están centrados en conocer las condiciones óptimas de extracción asistidos por esta técnica, enfocándose en estudiar sus principales variables como son la temperatura, la frecuencia, la potencia y el tiempo de sonicación para obtener el máximo rendimiento de extracción. Sin embargo, existen muchos otros estudios que no solo se centran en las variables anteriores, sino en otros factores como el tipo de solvente, el tamaño de partícula y sus posibilidades de combinación con las variables antes mencionadas [16, 17].

Trabajo a futuro

Hasta el momento se ha determinado el efecto del tiempo de exposición de sonicación a temperatura ambiente de los extractos acuosos de ajo. Los estudios sucesivos al presente se enfocarán en la evaluación del efecto de la sonicación a diferentes temperaturas, sin exceder la temperatura de degradación de la enzima alinasa, que permitan determinar las condiciones de tiempo y temperatura óptimas para la obtención eficiente de extractos de ajo con alto contenido de alicina, además de confirmar la presencia de este compuesto activo mediante otra técnica complementaria como lo es el HPLC.

Conclusiones

Se formaron extractos acuosos de ajo mediante la aplicación de la técnica de ultrasonido con diferente tiempo de sonicación; posteriormente, se llevó acabo la concentración de los mismos mediante el método de extracción en fase sólida y la evaluación del contenido de alicina por el método de espectrofotometría UV-Visible. Los resultados prueban que el ultrasonido es una herramienta alternativa para la extracción de compuestos bioactivos debido a su propiedad de cavitación, además de que el uso de agua como disolvente, evita la presencia de impurezas ocasionadas por trazas de disolventes orgánicos tóxicos al ser humano. Se observó que el tiempo óptimo de sonicación fue de 10 min, presentándose un incremento del rendimiento de extracción de alicina hasta de 3 veces mayor que cuando se aplicó la mitad del tiempo (5 min). Adicionalmente se determinó un aumento en la temperatura de los extractos con forme se prolongaba el tiempo de sonicación, siendo el incremento hasta por 12 °C a los 15 min de exposición. Esto último debe ser considerado para evitar la inhibición de las enzimas y/o degradación de los compuestos bioactivos por efecto de la temperatura.

Agradecimientos

A la M.C. Alma Leticia Martínez Herrera, técnica académica del Departamento de Ciencia y Tecnología de Alimentos de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN), por su apoyo en la realización de las técnicas analíticas necesarias durante la elaboración del presente estudio.

Referencias

[1] D. B. Bojalil y M. E. Bárcenas-Pozos, “El Ajo y sus aplicaciones en la conservación de alimentos” *Temas Selectos de la Ingenieria en Alimentos*, 2013

[2] M. Soto-García y M. Rosales-Castro, “Effect of solvent and solvent-to-solid ratio on the phenolic extraction and the antioxidant capacity of extracts from Pinus durangensis and Quercus sideroxyla bark” *Maderas. Ciencia y Tecnología*, 18 (4), http://dx.doi.org/10.4067/S0718-221X2016005000061, 2016

[3] M.A. Córdova- Betancourt “Extracción y purificación de alicina a partir de ajo (*Allium sativum* L.) implicaciones analíticas” *Tesis de Posgrado del IPN-CIIDIR* Unidad Oaxaca, 2010

[4] F. Chemat, Zill-E-Huma y M.K. Khan. “Applications of ultrasound in food technology: Processing, preservation and extraction” *Ultrasonics Sonochemistry*, *18*(4), 813–835. http://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2010.11.023, 2011

[5] H. Fujisawa, K. Suma, K. Origuchi, H. Kumagai, T. Seki y T. Ariga, “Biological and chemical stability of garlic-derived allicin”, *Agricultural and Food Chemistry* 56(11), 4229.4235, 2008

[6] E.B. Kuettner, R. Hilgenfeld y M. Weiss “Purification, characterization, and crystallization of allinase from garlic” *Archives of biochemistry and biophysics*, Vol.402, pp. 192- 200, 2002.

[7] M. González-Maza y G. Guerra-Ibañez, “Revisión bibliográfica sobre el uso terapéutico del ajo” *Revista Cubana de Medicina Física y Rehabilitación*,pp. 61-71, 2014.

[8] L.D. Lawson, “Garlic: A review of its medicinal and indicated active compounds” *American Chemical Society* : pp 176-209, 1998.

[9] L.D. Lawson y Z.J. Wang “Allicin and allicin-derived garlic compounds increase breath acetone through allyl methyl sulfide: use in measuring allicin bioavailability” *Journal of Agricultural and Food Chemistry* Vol. 53, pp1974-1983, 2005.

[10] N.J.K. Nigel, M.J. M Wells, "Introduction to solid-phase extraction” *Solid-Phase Extraction, Principles, Techniques and Applications*, Ch.01, pp. 1-5, Ed. Marcel Dekker, Inc. N.Y. ISBN: 0-8247-0021-X, 2000.

[11] C. Zhou, X. Hu, C. Chao, H. Li, S. Zhang, X. Yan, F. Yang y Q. Li “Quantitation of allicin in garlic-based products: Comparisons among Spectrophotometry, GC and HPLC” *Advance Journal of Food Science and Technology*, 9(4), pp. 269-277, 2015

[12] J.G. Krest y M. Keusgen, “Cysteine sulfoxidos and alliinase activity of some allium species” *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, Vol.48, pp. 3753-3760, 2000

[13] K. Suslick, S. Kirk-Othmer Encyclopedia of Chemical Technology, Ed. J. Wiley & Sons, Vol. 26, pp. 517-541, 1998

[14] M. R. González-Centeno, K. Knoerzer, H. Sabarez, S. Simal, C. Rosselló y A. Femenia, “Effect of acoustic frequency and power density on the aqueous ultrasonic-assisted extraction of grape pomace (Vitis vinifera L.) - A response surface approach”, *Ultrasonics Sonochemistry*, 21(6), 2176–2184. http://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2014.01.021, (2014).

[15] X. Wang, Y. Wu, G. Chen, W. Yue, Q. Liang y Q. Wu, “Optimisation of ultrasound assisted extraction of phenolic compounds from Sparganii rhizoma with response surface methodology”, *Ultrasonics Sonochemistry*, 20(3), 846–854. http://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2012.11.007, 2013.

[16] S. Nojavan, T. Gorji y Hossiny Davarani, A. Saied Saeed Morteza Najarian, “Solvent selection in ultrasonic-assisted emulsification microextraction: Comparison between high- and low-density solvents by means of novel type of extraction vessel”, *Analytica Chimica Acta*, 838, 51–57. http://doi.org/10.1016/j.aca.2014.06.004 , 2014.

[17] N.C. Tobón-Arroyave “Extracción asistida por ultrasonido de compuestos fenólicos de la pulpa de café (*Coffea arabica* L.) variedad Castillo” *Tesis de Maestría* Corporación Universitaria Lasallista. Facultad de Ingenierías. Caldas Antioquía, 2015.

 ISSN 2007-8102

Métodos de separación; simulación con fines de optimización para la producción de etanol anhidro

A. Carrasco Sierra[1], F. J. Sánchez-Ruiz[2]*
[1]Maestrante de Ing. Ambiental y Desarrollo sustentable en Facultad de ciencias biológicas, Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla, Edificio de Posgrados, Calle 17 Sur 711, Barrio de Santiago, 72410 Puebla, Pue.
[2]Docente e investigador. Depto. de ciencias biológicas. Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla. Av. 11 Pte. 2314 Barrio de Santiago, Puebla, Pue.

azael.carrasco@upaep.edu.mx

***Área de participación**: Ingeniería Química*

Resumen

En la búsqueda por aplicar optimización estocástica al proceso de separación para la obtención de etanol anhidro, es necesario determinar el sistema de separación más viable para las condiciones de la mezcla con la que se trabaja. Dentro de este trabajo se han comparado dos principales métodos de destilación, por un lado, la destilación reactiva y por el otro el método de destilación por pared dividida (DWC), buscando determinar para una mezcla predominante de agua-etanol, el método favorable para la implementación de optimización estocástica. La optimización estocástica ha mostrado en múltiples estudios ventajas económicas y de consumo energético dentro de su aplicación a los sistemas de separación líquido-líquido, representando una alternativa viable dentro del desarrollo de energías renovables o biocombustibles. A pesar de esto, cuando se trata de etanol anhidro, la bibliografía puede presentarse escasa y en ocasiones poco actualizada.

***Palabras clave**: Destilación reactiva, destilación DWC, optimización estocástica, etanol anhidro.*

Abstract

Looking forward to apply stochastic optimization to the separation process to obtain anhydrous ethanol, a previous step is to determine the most viable separation system for the conditions of the mixture with which one works. Within this work, two main distillation methods have been compared, first, reactive distillation and, the other one, the divided-wall column distillation method (DWC), seeking to determine for a predominant mixture of water-ethanol, the favorable method for implementing stochastic optimization. Stochastic optimization has shown in multiple studies economic advantages and energy consumption within its application to liquid-liquid separation systems, representing a viable alternative within the development of renewable energies or biofuels. Despite this, when it comes to anhydrous ethanol, the bibliography can be lack and sometimes not up-to-date.

***Key words**: Reactive distillation, DWC, anhydrous ethanol, stochastic optimization.*

Introducción

El proceso de destilación es uno de los métodos más comunes y utilizados para la separación de sustancias, y presenta una gran cantidad de ventajas respecto a otros sistemas de separación, y posiblemente la mejor alternativa cuando se busca obtener etanol anhidro. Sin embargo, mediante la aplicación de algunos métodos de destilación es posible conseguir el grado de etanol anhidro entre 99.9° y 100° de Gay Lussac, con menos de 200 ppm de agua y menos de 30 ppm de impurezas [1]. Por lo cual, conseguir el grado requerido puede resultar costoso en términos económicos y energéticos sin aplicarse un proceso de optimización previo.

 ISSN 2007-8102

El etanol conforma uno de los combustibles más antiguos, caracterizado por su gran eficiencia y las bajas emisiones de carbono en la atmósfera, además de que hoy en día existen diversas generaciones de bioetanol, conforme a su procedencia, desde una primera generación hasta una tercera producida a partir de residuos sólidos urbanos [2].

Pensar en la producción masiva del etanol a grado de motor presenta una gran alternativa al sector energético ante las bajas dentro de las reservas actuales de combustibles fósiles, además de la comparación en cuanto a la emisión de contaminantes, eficiencia y origen, y es que a pesar de sus costos operativos por el método de obtención, la optimización estocástica, [3-4], se han logrado reducciones en costos de operación de hasta un 30%, lo que nos permite visualizar una alternativa altamente viable en un futuro muy cercano.

La optimización estocástica aplicada a la obtención de etanol anhidro es una opción que se plantea como una necesidad en vista al futuro próximo, antes de ello es necesario analizar los métodos de separación líquido-líquido existentes y determinar el más viable para la mezcla con la que ha planteado el desarrollo del presente proyecto.

Aunque son diversos los sistemas de destilación que existen, cuando se trata de una mezcla predominante de agua y etanol, el principal yace en la manipulación de los azeótropos, y frente a esto una de las alternativas más utilizadas es la destilación reactiva [5], además de su capacidad para separar dos o más sustancias mediante la manipulación de reactivos, ha mostrado una gran capacidad para disminuir el equipo de operación, los costos y la energía empleada dentro del proceso, claro, siempre y cuando el equilibrio líquido-vapor sea bien determinado.

Por otro lado, se contempla dentro de este estudio, la presencia de la destilación por pared dividida (*DWC por sus siglas en inglés*) [6] se trata de un sistema de separación atípico, caracterizado por tener una pared divisoria dentro de su columna, lo cual permite tener la eficiencia de dos columnas de destilación dentro de una sola.

A lo largo del presente documento se aborda una comparación bibliográfica, acompañada de simulación computacional de ambos métodos de separación previamente mencionados, para buscar definir aquel sistema que ofrezca mejores alternativas y parámetros para el manejo y procesamiento de la mezcla inicial.

Sistemas de separación

La destilación es uno de los métodos más comunes para la separación de sustancias dentro de la química y la industria, y presenta una gran cantidad de ventajas frente a la eficiencia energética [7] considera que, durante un proceso de producción de bioetanol, a través de destilación, la emisión y consumo de CO_2 se reduce hasta en un 115% al compararse con la producción de combustibles fósiles. Aunque el beneficio presente en los procesos de separación por destilación suena alentador, los costos operativos que un sistema de destilación puede llegar a generar, y es que, de acuerdo a los autores previamente citados dentro del presente documento, los costos operativos pueden llegar a representar hasta el 50% del total de una planta de operación. Es por esto que el desarrollo e innovación tecnológica dentro de los sistemas de separación ha aportado grandes beneficios al medio global, los cuales se traducen en mejoras a la calidad de vida de los seres humanos.

Son diversos los tipos de destilación que podemos encontrar y los fundamentos teóricos y matemáticos que les complementan, sin embargo, para fines de este trabajo se puntualiza en dos principales, la destilación reactiva y la destilación por pared dividida, ya que, con base en la literatura revisada estas dos se presentan como las mejores alternativas para trabajar compuestos que muestra tendencia a la formación de azeótropos como lo es el caso de una mezcla predominante de etanol-agua.

Destilación reactiva

La destilación reactiva conforma un método de gran eficiencia, ya que al igual que todos los sistemas de destilación, consiste en la separación de los componentes de una mezcla a través de la aplicación de energía calórica dentro del sistema, sin embargo, a diferencia de otros sistemas, una columna de destilación reactiva, además de funcionar como reactor, funge también como el contenedor, disminuyendo la cantidad de columnas requeridas para la separación de una mezcla. Además, es necesario contemplar que una columna de destilación reactiva se compone de diversos segmentos o apartados, entre los que resaltan las zonas de contacto a través de platos o membranas y una de rectificación. (Figura 1)

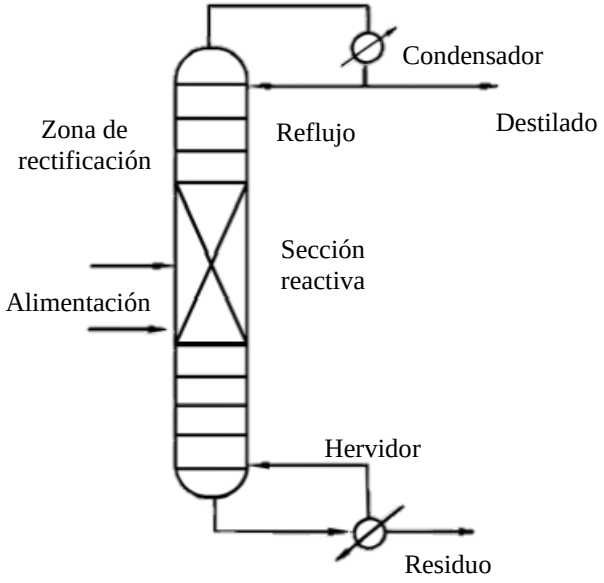


Figura 1. Columna de destilación reactiva y sus componentes. [8]

La destilación reactiva ha sido una innovación tecnológica de suma importancia dentro de la química y la industria, durante la década de 1990, se observó en diversos estudios realizados que una pared de destilación reactiva llegaba a consumir una considerable cantidad menor de energía que un sistema compuesto por diversas columnas de destilación además de que este método permite la manipulación de azeótropos dentro de una mezcla y por ende, una mejor separación [9].

Además, la destilación reactiva muestra una gran cantidad de bibliografía donde se han empleado técnicas de optimización o de intensificación del proceso aplicado a una gran cantidad de mezclas, y en las que, se han conseguido disminuciones en costos operativos, ingesta de energía, incluso en el mismo tamaño o cantidad de equipo, que ascienden al 20%, sin embargo, a pesar de la gran innovación y ventajas que ofrece esta alternativa, dentro de la búsqueda por optimizar un proceso de destilación reactiva, siguiendo al mismo autor, son diversas y muy variadas la cantidad de factores, parámetros o limitantes que es posible encontrar durante el proceso, variables que van desde la etapa de alimentación, número de platos, temperatura, fugacidad, presión, o hasta el mismo almacenamiento del producto destilado [10]. A través de la búsqueda bibliográfica se resaltan algunas desventajas o limitantes que se pueden presentar al trabajar con destilación reactiva, como las discordancias de temperatura y su interferencia dentro del equilibrio del sistema, no deben existir discordancias entre las temperaturas ideales para las reacciones dentro de la mezcla y entre las temperaturas necesarias para llevar a cabo la separación. Otra desventaja se presenta en términos de la volatilidad relativa de los compuestos y también se menciona la velocidad de reacción de los compuestos [11].

 ISSN 2007-8102

Destilación por pared dividida

La destilación por pared dividida *(DWC por sus siglas en inglés)*, es una de las alternativas más viables dentro de la producción de combustibles y una de las que plantea gran futuro y desarrollo dentro de los próximos años. Dicha técnica ha mostrado gran eficiencia al separar mezclas con formación o caracterización azeotrópica [12], donde la intensificación de proceso de un sistema DWC, permitió obtener etanol de gran pureza al 99.8% wt, logrando evadir la formación azeotrópica de etanol-agua formada usualmente al 95.6% wt. La intensificación de proceso aplicada al DWC para la deshidratación de etanol, a través del uso de destilación extractiva con etilenglicol, donde se presenta un diseño óptimo operativo, ha sido otros de los ejemplos que han mostrado la eficiencia de dicho método, en el cual en su implementación ha generado ahorros energéticos y económicos [13]. Una de las razones por las que este método se considera atípico o poco convencional es que, a pesar de que su primera implementación proviene de 1949, reside en su compleja estructura, la cual, al compararle con los métodos convencionales, esta requiere de cálculos más complejos para el diseño de parámetros y estructura.

Este método consiste en una columna con una pared divisora en su interior (Figura 2), la cual, se asemeja a una etapa previa de fracción de la mezcla, similar al método de Petlyuk, sin embargo, este método permite separar hasta 3 o más componentes y alcanzar mayores niveles de pureza dentro del producto destilado final. Dentro de este método, en la zona de alimentación se puede contar con una mezcla de 3 o más compuestos, donde uno de estos facilita la separación de los compuestos principales, al reducir la volatilidad del compuesto más pesado. Este compuesto facilitador será posible encontrarlo en el destilado y en el compuesto más pesado, sin embargo, la pared divisoria permite la separación del compuesto a destilar.

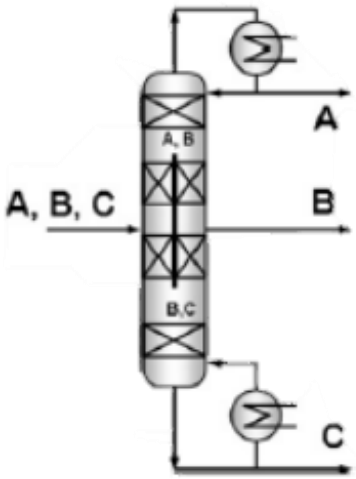


Figura 2. Sistema de destilación de pared dividida (DWC) [14]

Metodología

Mezcla

Para los objetivos del presente estudio se ha utilizado una mezcla equimolar de etanol-agua relación 0.5-0.5, con parámetros de presión constante a 100KPa y una temperatura dentro del sistema de 76°C.

Determinación de curva de equilibrio y fases de separación.

Para la determinación de curvas de equilibrio y diversos parámetros requeridos como fracciones de vapor, tasa de reflujo y número de etapas mínimas para la columna de destilación se optaron por los métodos de la ecuación de Antoine para curvas y constantes de equilibrio, Rachford-Rice con la implementación de Newton-Raphson, y por último, para la definición de componentes como reflujo, volatilidad relativa y número de etapas se optó por el método de McCabe Thiele, el cual es altamente útil para generar los cálculos mencionados en sistemas con presencia de membranas o dispositivos de contacto entre fases [15].

Simulación.

Para los fines del presente estudio, la simulación se corrió a través de la herramienta computacional de Aspen Plus V10, donde el DWC se empleó a través de la equivalencia del sistema de Petlyuk, mediante un Flash como etapa previa de fracción y posterior a ella una columna RadFrac. En el caso de la destilación reactiva se empleó el modelo de RadFrac.

Resultados y discusión

Parámetros obtenidos

De los cálculos realizados para obtener los parámetros necesarios para la simulación en Aspen Plus, se obtuvieron curvas de equilibrio Txy, y-x, diagrama de etapas y parámetros necesarios para simulación, los cuales serán resumidos en la Tabla 1 y las figuras 3 y 4 representan el diagrama de equilibrio líquido-vapor para la mezcla azeotrópica de etanol/agua, y en la figura 4 se representan las etapas teóricas obtenidas a implementar en la torre de destilación.

Tabla 1. Parámetros determinados para simulación y diseño de torres de destilación.

Parámetro	Valor	Unidad
Presión	100	KPa
Temperatura	77	°C
Alimentación	150	Kmol/h
Relación molar Etanol respecto a mezcla	0.5	-
Relación molar Agua respecto a mezcla	0.5	-
Taza de reflujo	0.6077	-
Número de etapas	9	-
α (volatilidad relativa)	8.8	-

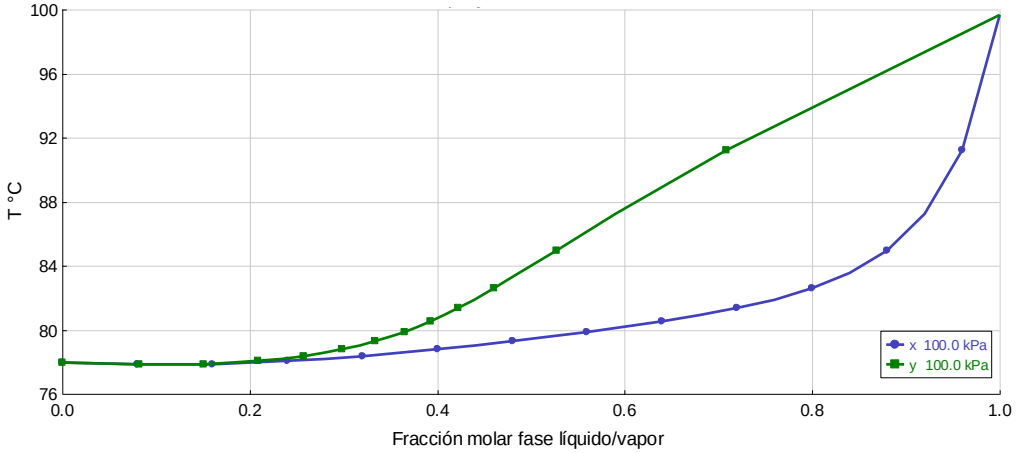


Figura 3. Diagrama T-xy para equilibrio líquido/vapor para sistema etanol-agua.

 ISSN 2007-8102

En la Figura 4 se muestra la determinación de etapas reales para operación, es decir las etapas de separación o platos que deberán ser empleados para la simulación computacional, adicional a ello, el método McCabe Thiele determina también las líneas de agotamiento y enriquecimiento, las cuales muestran las zonas o platos donde se alimenta la torre de destilación y los platos a partir de los cuales se muestra un enriquecimiento en la sustancia destilada.

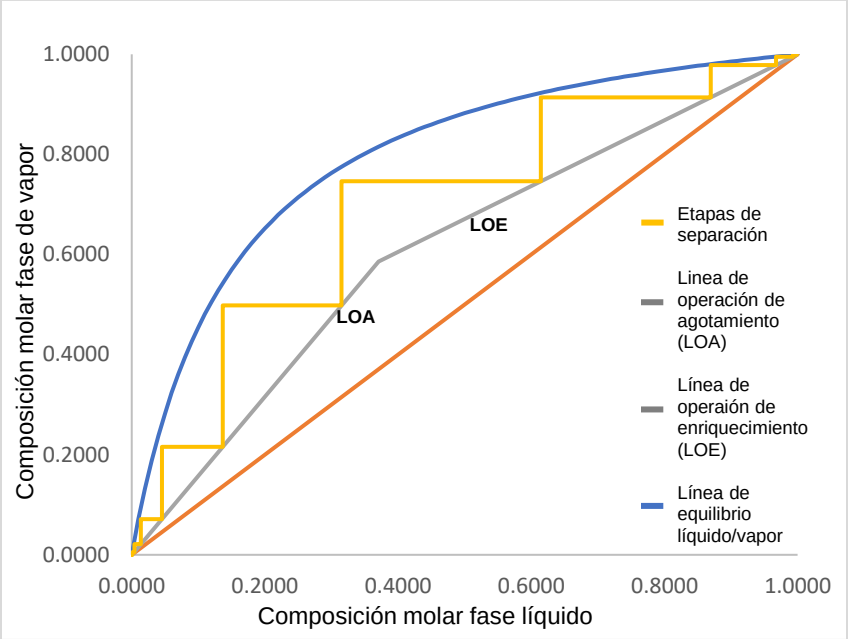


Figura 4. Diagrama de etapas reales calculado a través del método McCabe Thiele.

Resultados de simulación

Buscando seguir los objetivos del presente trabajo, de los resultados obtenidos dentro de las simulaciones se ha optado por prestar atención únicamente en los valores de energía global del sistema, y las concentraciones molares y másicas de etanol para el producto destilado. No se han comparado en este estudio los valores económicos ni la energía empleada en el reboiler, ya que, al no emplearse aun un proceso de optimización a los sistemas de separación, dichos valores no se consideran viables para la presente comparación.

Con base en la simulación realizada, y a pesar de que ambos métodos cuentan con los mismos parámetros (reflujo, alimentación, temperatura, presión, fracción vaporizada, composición molar de los compuestos, etc.), el procedimiento de destilación por pared dividida ofrece un mejor resultado final respecto a la pureza del compuesto a separar, en este caso el etanol, con un valor del 83.2%, el cual es ligeramente superior al ofrecido por una simulación de destilación reactiva, lo mismo pasa para la fracción molar en el producto destilado, y en el caso de la entalpía global obtenida dentro del sistema, representa mayor entalpía global dentro del sistema para el método DWC respecto al método de destilación reactiva. (Tabla 2)

Tabla 2. Resultados obtenidos de simulación.

Parámetro	Resultado DWC	Resultado dest. reactiva
Entalpía global	-4.00246e+06 kJ/h	-4.22221e+06 kJ/h
Fracción molar final de etanol en destilado	0.65949	0.657918
Fracción másica de etanol en destilado	0.832011	0.831031

Trabajo a futuro

El siguiente paso dentro del trabajo de investigación se enfoca en la optimización estocástica para el proceso de destilación del método DWC, buscando obtener etanol anhidro de un producto inicial con concentración másica al 40% de etanol.

Conclusiones

Los resultados observados durante la presente investigación se contemplan como un primer acercamiento en la determinación del método de separación a utilizar para la aplicación de un proceso de optimización estocástica al sistema de destilación destinado a la obtención de etanol anhidro. A través de la literatura se ha logrado observar que, aunque ambos métodos han presentado grandes avances tecnológicos y científicos en la separación de compuestos, el método de destilación por pared dividida presenta mejores ventajas frente a la manipulación de compuestos que manifiestan formación de azeótropos, y aunque, en la simulación implementada en Aspen, se han obtenido parámetros ligeramente mejores dentro de la pureza del destilado producto final, estos resultados no se toman como representativos en una primera instancia, por lo que es necesario continuar con la simulación de sistemas, aplicando parámetros y métodos de optimización.

Agradecimientos

A CONACYT por su apoyo a la investigación, bajo el número de beca 1021059. A UPAEP, por su apoyo en la colegiatura y la constante motivación y preparación de sus docentes y estudiantes.

Referencias

[1] R. Katzen, P.W. Madson, y G.D. Moon, Jr. *The alcohol text book. Chapter 18; distillation fundamentals.* Nottingham University Press, 3rd edition. 1999.

[2] S. Jambo, R. Abdulla, S. Mohd Azhar, H. Marbawi, J. Gansau and P. Ravindra, "A review on third generation bioethanol feedstock", *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 65, pp. 756-769, 2016. Disponible: 10.1016/j.rser.2016.07.064.

[3] J. Segovia-Hernández, S. Hernández y A. Bonilla Petriciolet, "Reactive distillation: A review of optimal design using deterministic and stochastic techniques", *Chemical Engineering and Processing: Process Intensification*, vol. 97, pp. 134-143, 2015. Disponible: 10.1016/j.cep.2015.09.004.

[4] C. Calzon-McConville, M. Rosales-Zamora, J. Segovia-Hernández, S. Hernández y V. Rico-Ramírez, "Design and Optimization of Thermally Coupled Distillation Schemes for the Separation of Multicomponent Mixtures", *Industrial & Engineering Chemistry Research*, vol. 45, no. 2, pp. 724-732, 2006. Disponible: 10.1021/ie050961s.

[5] W. Luyben y C. Yu, *Reactive distillation design and control*. Hoboken, N.J.: John Wiley, 2008.

[6] C. Zhai, Q. Liu, J. Romagnoli y W. Sun, "Modeling/Simulation of the Dividing Wall Column by Using the Rigorous Model", *Processes*, vol. 7, no. 1, p. 26, 2019. Disponible: 10.3390/pr7010026.

[7] A. Laude, O. Ricci, G. Bureau, J. Royer-Adnot y A. Fabbri, "CO2 capture and storage from a bioethanol plant: Carbon and energy footprint and economic assessment", *International Journal of Greenhouse Gas Control*, vol. 5, no. 5, pp. 1220-1231, 2011. Disponible: 10.1016/j.ijggc.2011.06.004.

[8] G. Asfaw, "Simulation of Reactive Distillation: Comparison of Equilibrium and Nonequilibrium Stage Models", International Journal of Chemical Engineering, vol. 6, pp. 1231-1239, 2012. Disponible: https://www.researchgate.net/publication/257985635_Simulation_of_Reactive_Distillation_

Comparison_of_Equilibrium_and_Nonequilibrium_Stage_Models/citation/download. [Revisada el 17 de Septiembre 2020].

[9] V. H. Agreda, L. R. Partin, y W. H. Heise, High-purity methyl acetate via reactive distillation, Chem. Eng. Prog. 86(2), p. 40–46, 1990.

[10] J. Siirola, "Industrial applications of chemical process synthesis", *Adv. Chem. Eng.*. p. 1062, 1996.

[11] C. Mueanmas, K. Prasertsit and C. Tongurai, "Feasibility Study of Reactive Distillation Column for Transesterification of Palm Oils", International Journal of Chemical Engineering and Applications, pp. 77-83, 2010. Disponible: 10.7763/ijcea.2010.v1.13.

[12] A. Kissa y D. Suszwalak, "fficient Bioethanol Dehydration in Azeotropic and Extractive Dividing-wall Columns", *Procedia Engineering*, vol. 42, pp. 566-572, 2012. Disponible: 10.1016/j.proeng.2012.07.449.

[13] S. Tututi-Avila, A. Jiménez-Gutiérrez, J. Hahn, Control Analysis of an Extractive Dividing-Wall Column used for Ethanol Dehydration, Chemical Engineering and Processing (2014), Disponible: 10.1016/j.cep.2014.05.005

[14] "Wikisheet Divided Wall Column", *Rvo.nl*, 2020. [Online]. Disponible: https://www.rvo.nl/sites/default/files/2017/08/Wikisheet%20Divided%20Wall%20Column%20-%20RVO.pdf. [Accessed: 17- Sep- 2020].

[15] J. Armijo. C, Separación mediante membranas II. Analogía entre destilación en columna y el permeado de gases en arreglo de etapas múltiples. Rev. Per. Quím. Ing. Quím. Vol. 17 N.º 2, p. 41-47, 2014.

Caracterización fisicoquímica y sensorial de extractos hidroalcohólicos de vainilla obtenidos por extracción convencional y ultrasonido

*I. Rivera Abascal, R. Carmona García, J. Lopez Cruz, D.I. Nolasco Baltazar, A. Pérez Silva**

Departamento de Ingeniería Química y Bioquímica, Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico de Tuxtepec, Av. Tecnológico, Dr. Víctor Bravo Ahuja s/n, 4 col. 5 de Mayo. C.P. 68350, Tuxtepec, Oaxaca, México.

*apsilva30@hotmail.com

***Área de participación**: Ingeniería Química.*

Resumen

El objetivo del presente trabajo fue evaluar el contenido de vainillina, características sensoriales y fisicoquímicas de extractos hidroalcohólicos de vainilla obtenidos por una extracción convencional y por ultrasonido. El contenido de vainillina en los extractos hidroalcohólicos obtenidos por ultrasonido con un tiempo de extracción de 40 minutos fue de 0.251 a 0.216 g/100mL, los obtenidos por una extracción Soxhlet por 8 h fue de 0.2754 g/100mL, mientras que el contenido de vainillina de un extracto de vainilla comercial fue de 0.2025 g/100mL. Los descriptores aromáticos generados por los panelistas en los extractos hidroalcohólicos evaluados fueron; vainilla, madera, chocolate, frutal, café y caramelo. Los extractos alcohólicos de vainilla elaborados presentaron con características fisicoquímicas y un contenido de vainillina dentro de los parámetros establecidos en la NMX-F188-SCFI-2012. Los resultados mostraron que el uso de la extracción por ultrasonido representa una alternativa de extracción rápida y eficiente para la obtención de extractos hidroalcohólicos de vainilla.

***Palabras clave**: extractos hidroalcohólicos de vainilla, ultrasonido, Soxhlet*

Abstract

The objective of this work was to evaluate the vanillin content, sensory and physicochemical characteristics of hydroalcoholic extracts of vanilla obtained by conventional extraction and by ultrasound. The vanillin content in the hydroalcoholic extracts obtained by ultrasound with an extraction time of 40 minute was from 0.251 to 0.216 g / 100mL, those obtained by a Soxhlet extraction for 8 h was 0.2754g/100 mL, while the vanillin content of a commercial vanilla extract was 0.2025 g/100mL. The aromatic descriptors generated by the panelists in the hydroalcoholic extracts evaluated were vanilla, wood, chocolate, fruit, coffee and caramel. The elaborated alcoholic vanilla extracts presented physicochemical characteristics and a vanillin content within the parameters established in the NMX-F188-SCFI-2012. The results showed that the use of ultrasound extraction represents a fast and efficient extraction alternative for obtaining hydroalcoholic vanilla extracts.

***Key words**:* hydroalcoholic vanilla extracts*, Ultrasonic, Soxhlet.*

Introducción

Los frutos de *Vanilla planifolia* son comercializados alrededor del mundo por su apreciable aroma. Hoy en día el aroma “vainilla” es considerado como el aroma con mayor importancia a nivel mundial. Su uso se aplica en distintos ámbitos industriales, que va desde la industria alimentaria, alcoholera, refresquera, farmacéutica, cosmética y tabacalera [1]. El aroma de la vainilla natural en los alimentos es conferido principalmente por uso de los extractos hidroalcohólicos en la elaboración de los productos. Los cuales se obtienen por maceración, percolación, destilación u otros procedimientos que permiten extraer los principales componentes aromáticos de las vainas beneficiadas en presencia de una mezcla de etanol-agua [2]. En el comercio, el extracto de vainilla natural se vende como un extracto etanólico diluido que contiene aproximadamente 1.0 g / L de vainillina [2].

El color del extracto de vainilla es influenciado por la calidad de las vainas de vainilla, el grado alcohólico del solvente, la duración de la extracción, y la presencia de glicerina que se agrega para retardar la evaporación y para retener el aroma en el extracto [3]. Los principales compuestos presentes en las vainas beneficiadas y en los extractos hidroalcohólicos de vainilla son: vainillina, ácido vaníllinico, p-hidroxibenzaldehido y acido p-hidroxibenzoico [4, 5].

Con la finalidad de mejorar los procesos convencionales para la obtención de extractos hidroalcohólicos de vainilla en presente proyecto se evaluaron las características fisicoquímicas y aromáticas de extractos hidroalcohólicos de vainilla obtenidos por extracción convencional [6] y por ultrasonido [7], este último es un método novedoso, ya que el uso del ultrasonido mejora la extracción de diversos componentes [8] y se obtienen extractos a un menor tiempo [9].

Metodología

Materiales

Se utilizaron 250 g de vainilla beneficiada (en polvo) de la comunidad de Loma san Rafael, municipio de San Juan Bautista Valle Nacional, Oax.

Determinación de vainillina en la materia prima

La determinación de vainillina se realizó mediante el método espectrofotométrico. Se tomó 1 mL de extracto y se aforó hasta 10 mL con agua destilada. Se tomaron 0.2 mL de esta solución diluida, se mezclaron con 8 mL de agua destilada y 0.2 mL de NaOH al 0.1 N aforando a 10 mL con agua destilada. Posteriormente se leyó en el espectrofotómetro la absorbancia a 348 nm. Utilizando una solución testigo para ajustar la absorbancia a 0, la cual sigue el mismo procedimiento, excepto la adición de 0.2 mL de NaOH al 0.1 N. Cada experimento se realizó por triplicado.

Elaboración de los extractos hidroalcohólicos

Se realizó la extracción por dos métodos diferentes, para poder evaluar las diferentes características fisicoquímicas y aromáticas que pueden tener cada uno de los extractos.

Extracción por método convencional

Se realizó la extracción convencional por el método Soxhlet 10 g de muestras fueron puestas con 100 mL de una mezcla etanol y agua (1:1, v:v), la extracción se realizó durante 8 horas.

Extracción por ultrasonido

Para la obtención de extractos hidroalcohólicos por este método se realizaron seis tratamientos diferentes por duplicado, como se indican en la Tabla 1.

Caracterización fisicoquímica a los extractos hidroalcohólicos

Las muestras de extractos hidroalcohólicos de vainilla se analizaron en dos fases, la primera es el tiempo inicial y posteriormente a los 30 días de afinado.

Determinación de Vainillina

La determinación de vainillina se realizó mediante el método espectrofotométrico descrito en la NMX-F188-SCFI-2012 [2]. Se tomó 1 mL de extracto y se aforó hasta 10 mL con agua destilada. Se tomaron 0.2 mL de esta solución diluida, se mezclaron con 8 mL de agua destilada y 0.2 mL de NaOH al 0.1 N aforando a 10 mL con agua destilada. Posteriormente se leyó en el espectrofotómetro la absorbancia a 348 nm. Utilizando una solución testigo para ajustar la absorbancia a 0, la cual sigue el mismo procedimiento, excepto la

 ISSN 2007-8102

adición de 0.2 mL de NaOH al 0.1 N. El contenido de vainillina se determinó en dos tiempos, Tiempo (To) al obtener los extractos, y (Tf) después de 30 días.

Tabla 1. Condiciones experimentales realizadas con una extracción con ultrasonido.

Tratamiento	Especificaciones	
	Experimento	Tiempo de extracción
A		
Amplitud 80%	1A	20 min
Pulsos 30%	2A	30 min
Potencia 15%	3A	40 min
B		
Amplitud 80%	1B	20 min
Pulsos 30%	2B	30 min
Potencia 15%	3B	40 min

Grado Alcohólico

En un matraz volumétrico medir 100mL de la muestra a una temperatura de 20°C, colocar en un recipiente con hielo y transferirla a una probeta de 100 mL Tomar la temperatura del líquido y cuando ésta se encuentre a 288 K (15 °C) introducir el alcoholímetro y efectuar la determinación.

Grados Brix

Esta determinación se hizo conforme a lo establecido en la norma mexicana NMX-F-103-NORMEX-2009, la cual se realizó colocando una gota de cada muestra en un refractómetro ATAGO Automatic & water Resistant con un intervalo de medición de 0.0 a 33.0 grados Brix.

Determinación de la gravedad especifica del extracto de vainillina

Para la determinación de la gravedad específica del extracto de vainilla se utilizó el método de prueba establecido en la NMX-F188-SCFI-2012 [2], el cual se basa en determinar la masa a volúmenes iguales de agua y de una solución, para calcular la relación entre ambos valores, bajo condiciones iguales y específicas de temperatura.

pH

En la determinación de pH se utilizó un potenciómetro, el cual se calibró con una solución tampón pH=7, y siempre siguiendo las instrucciones del fabricante, ajustando posteriormente el equipo a pH=4 con una solución correspondiente a ese pH. El potenciómetro se introdujo en un volumen conveniente de extracto de vainilla de tal manera los electrodos estuvieron en contacto directo con la muestra.

Acidez Total Titulable

La determinación de acidez total del extracto de vainilla, se realizó de acuerdo a la metodología descrita en la NMX-V-016-1980 en donde se realizó una titulación con una base alcalina al 0.1 N por 100 mL de muestra utilizando el indicador dentro de la muestra.

Colorimetría

El color de los extractos hidroalcohólicos de vainilla se determinó mediante el uso de un colorímetro triestímulo Hunter Lab (MiniScan Hunter Lab, modelo 45/0L, Hunter Asociates Lab., Ind., Reston Virginia U.S.A). En donde se obtuvieron los valores L (claridad), a* (cromaticidad rojo-verde) y b* (cromaticidad amarillo-azul) a partir de los cuales se calcularon los valores de C* (cromaticidad), h° (ángulo Hue).

 ISSN 2007-8102

Evaluación sensorial

La evaluación sensorial se realizó con los extractos seleccionados con el mayor contenido de vainillina obtenidos de los dos métodos de extracción evaluados. Un panel semientrenado de 10 panelistas evaluó las muestras usando solo el sentido del olfato. 1 mL de muestra fue puesto en frascos de 10 mL, siguiendo el protocolo de Graveline [10].

Resultados y discusión

Análisis de materia prima

Los polvos de vainilla utilizados como materia prima tuvieron un contenido de humedad de 8.98% ± 0.07 y un contenido de vainillina 1.71 (g/100.g.m.s) ± 0.24 g/100.g.m.s. En el caso de humedad, los valores se encuentran por debajo de los parámetros establecidos en la NMX-FF-074-SCFI-2009. Es importante mencionar que el contenido de vainillina se reduce durante el beneficiado debido a los distintos tratamientos y procesos a los cuales es sometida el fruto, (Odoux, 2006; Dunphy et al., 2009; Pérez-Silva et al., 2011) [4,5].

Contenido de vainillina de los extractos hidroalcohólicos

La Figura 1 muestra los resultados obtenidos del tiempo inicial y final del análisis espectrofotométrico para la cuantificación de vainillina en los extractos elaborados por el método convencional y el ultrasonido, los resultados se encuentran dentro del rango permitido en las especificaciones de la NMX-F-188-SCFI-2012 que van de 0.110 a 0.350 g/100mL.

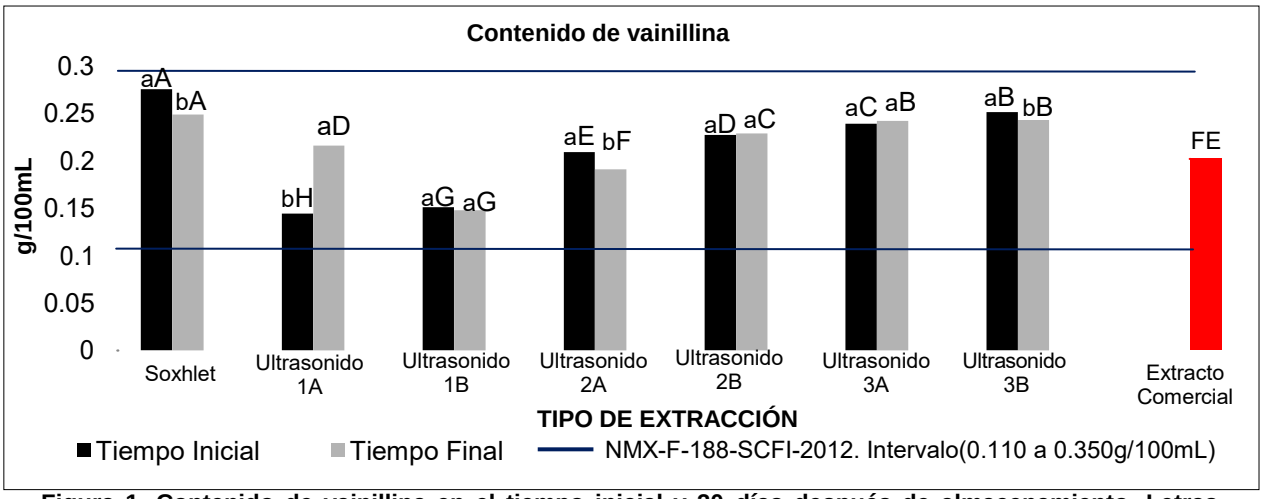


Figura 1. Contenido de vainillina en el tiempo inicial y 30 días después de almacenamiento. Letras minúsculas diferentes indican diferencia significativa de $p<0.05$ entre el contenido de vainillina de cada muestra en tiempo inicial y final. Letras diferentes en mayúsculas indican diferencia significativa $p<0.05$ entre el tipo de método de extracción utilizado.

El extracto obtenido por Soxhlet tuvo un mayor contenido de vainillina en el tiempo inicial disminuyendo en el tiempo final (0.2754 y 0.2486 g/100mL). Sin embargo, comparando los resultados de los extractos obtenidos por el método de ultrasonido con el extracto comercial se observó una diferencia, ya que la muestra comercial presentó con un menor contenido de vainillina (0.2025 g/100mL) que los extractos hidroalcohólicos obtenidos por ultrasonido y el Soxhlet.

Durante el tiempo final de almacenamiento hubo pequeños cambios. Siendo significativos, particularmente en el tratamiento 1A de la extracción con ultrasonido, en el cual se observó un aumento después de un mes de reposo. El contenido de vainillina del experimento 3A (0.242 g/100mL) y 3B (0.243 g/100mL), extraídos durante 40 minutos por ultrasonido con diferente amplitud, presentaron valores de contenido de vainillina semejantes a un extracto convencional Soxhlet y superaron el contenido de vainillina del extracto comercial (0.2025 g/100mL).

Análisis Fisicoquímicos

En la Tabla 2 se muestran los resultados obtenidos de la caracterización fisicoquímica durante el tiempo inicial y el tiempo final.

 ISSN 2007-8102

Tabla 2. Resultados de la caracterización fisicoquímica de extractos hidroalcohólicos de vainilla.

Muestra	Grado Alcohólico		Grados Brix		Densidad (1)		pH		Acidez total titulable (2)	
	To	*Tf*	*To*	*Tf*	*To*	*Tf*	*To*	*Tf*	*To*	*Tf*
Soxhlet	35^{aG}	35^{aG}	17^{aG}	17^{aG}	0.9865^{aA}	0.9871^{aA}	4.57^{bB}	4.62^{aB}	5.05^{aC}	5.1^{aG}
Ultrasonido 1A	40^{aF}	40^{aF}	18^{aF}	18^{aF}	0.9713^{aB}	0.971^{aE}	5.24^{aAB}	5.13^{bAB}	5.3^{aB}	5.1^{bF}
Ultrasonido 1B	40^{aE}	40^{aE}	18^{aE}	18^{aE}	0.9706^{aC}	0.9712^{aEF}	5.29^{aAB}	5.20^{bAB}	5.45^{aB}	5.2^{bC}
Ultrasonido 2A	40^{aD}	40^{aD}	18^{aD}	18^{aD}	0.971^{aBC}	0.9720^{aD}	5.29^{aAB}	5.19^{bAB}	5.62^{aA}	5.1^{bE}
Ultrasonido 2B	40^{aC}	40^{aC}	18.2^{aC}	$18.^{aC}$	0.9729^{aB}	0.9728^{aB}	5.28^{aAB}	5.25^{aAB}	5.55^{aA}	5.2^{bB}
Ultrasonido 3A	40^{aB}	40^{aB}	18^{aB}	18^{aB}	0.9723^{aB}	0.972^{aC}	5.22^{aAB}	5.13^{bAB}	5.3^{aB}	5.1^{bD}
Ultrasonido 3B	40^{aA}	40^{aA}	18.2^{aA}	$18.^{aA}$	0.9706^{aC}	0.9710^{aF}	5.25^{aAB}	5.23^{aAB}	5.3^{aB}	5.2^{bA}

(1) g/mL, (2) mL de álcali 0.1 N por 10 mL de extracto. *To*=Tiempo inicial del afinado/*Tf*= tiempo final de almacenamiento (30 días). Letras minúsculas diferentes indican diferencia significativa (p<0.05) entre el tiempo inicial y final. Letras mayúsculas diferentes indican diferencia significativa (p<0.05) entre el método de extracción utilizado.

Los extractos elaborados por los métodos de extracción por ultrasonido y Soxhlet cumplieron con las características establecidas en la NMX-F-188-SCFI-2012 [2], todos los extractos tuvieron al menos 35% v/v de alcohol, como lo establece la norma.

El contenido de alcohol de la muestra Soxhlet fue menor que en los extractos obtenidos por ultrasonido, esto se debe a la evaporización del alcohol durante el proceso de extracción, ya que este método implica un calentamiento continuo.

En la determinación de grados °Brix, hubo diferencias significativas entre los métodos de extracción utilizados. Sin embargo, los resultados obtenidos en el tiempo inicial y final no cambiaron significativamente. En los valores de pH y acidez total titulable se identificaron cambios significativos durante el almacenamiento.

Colorimetría

Se realizó el análisis colorimétrico a los extractos hidroalcohólicos de vainilla en el tiempo final para poder determinar las diferencias puntuales entre cada una de las muestras obtenidas y compararlas con el extracto comercial. Debido a que a simple viste se observaban diferencias su la coloración, unos eran más oscuros que otros.

En la Tabla 3 se muestran los resultados, en donde se obtuvieron los valores de: L (luminosidad), a* (cromaticidad rojo-verde), b* (cromaticidad amarillo-azul) y se calculó la C* (cromaticidad) y h° (ángulo Hue). La muestra Soxhlet y el extracto comercial no tuvieron diferencias significativas en los parámetros evaluados, es decir, los resultados fueron semejantes en L* (luminosidad), C* (Cromaticidad).

En los extractos elaborados por ultrasonido, hubo diferencias significativas en cada uno de sus valores, las muestras de los extractos 3A y 3B elaboradas por ultrasonido no presentaron diferencias significativas respecto al extracto comercial.

 ISSN 2007-8102

Tabla 3. Resultados de la determinación de color de extractos hidroalcohólicos de vainilla.

MUESTRA	L*	a*	b*	h°	C*
Soxhlet	25.18^{bc}	0.09^{b}	0.46^{c}	78.25^{a}	0.47^{b}
Ultrasonido 1A	26.32^{a}	2.15^{a}	2.29^{ab}	46.64^{cd}	3.14^{a}
Ultrasonido 1B	25.38^{abc}	0.53^{b}	0.81^{bc}	55.30^{c}	0.97^{b}
Ultrasonido 2A	26.24^{a}	2.26^{a}	2.13^{ab}	45.49^{d}	2.99^{a}
Ultrasonido 2B	26.96^{ab}	2.23^{a}	2.53^{a}	48.58^{cd}	3.38^{a}
Ultrasonido 3A	24.9^{c}	0.38^{b}	0.83^{bc}	65.25^{b}	0.92^{b}
Ultrasonido 3B	25.88^{abc}	1.28^{ab}	1.41^{abc}	47.63^{cd}	1.90^{ab}
Extracto comercial	25.17^{bc}	0.26^{b}	0.35^{c}	49.11^{cd}	0.40^{b}

Letras minúsculas diferentes indican diferencia significativa ($p<0.05$) entre el método de extracción utilizado.

Evaluación sensorial

Para la evaluación sensorial se seleccionaron los extractos con mejores características fisicoquímicas y con mayor concentración de vainillina, siendo estos: el Soxhlet, ultrasonido 3A y ultrasonido 3B. Todos los extractos evaluados fueron evaluados en el tiempo final. La evaluación consistió en dos pruebas, la primera fue para obtener los descriptores aromáticos de los extractos y posteriormente determinar su intensidad en una escala de 0 a 5 en niveles. Los descriptores generados por los panelistas fueron: vainilla, madera, chocolate, frutal, café y caramelo, los cuales se muestran gráficamente en la Figura 2.

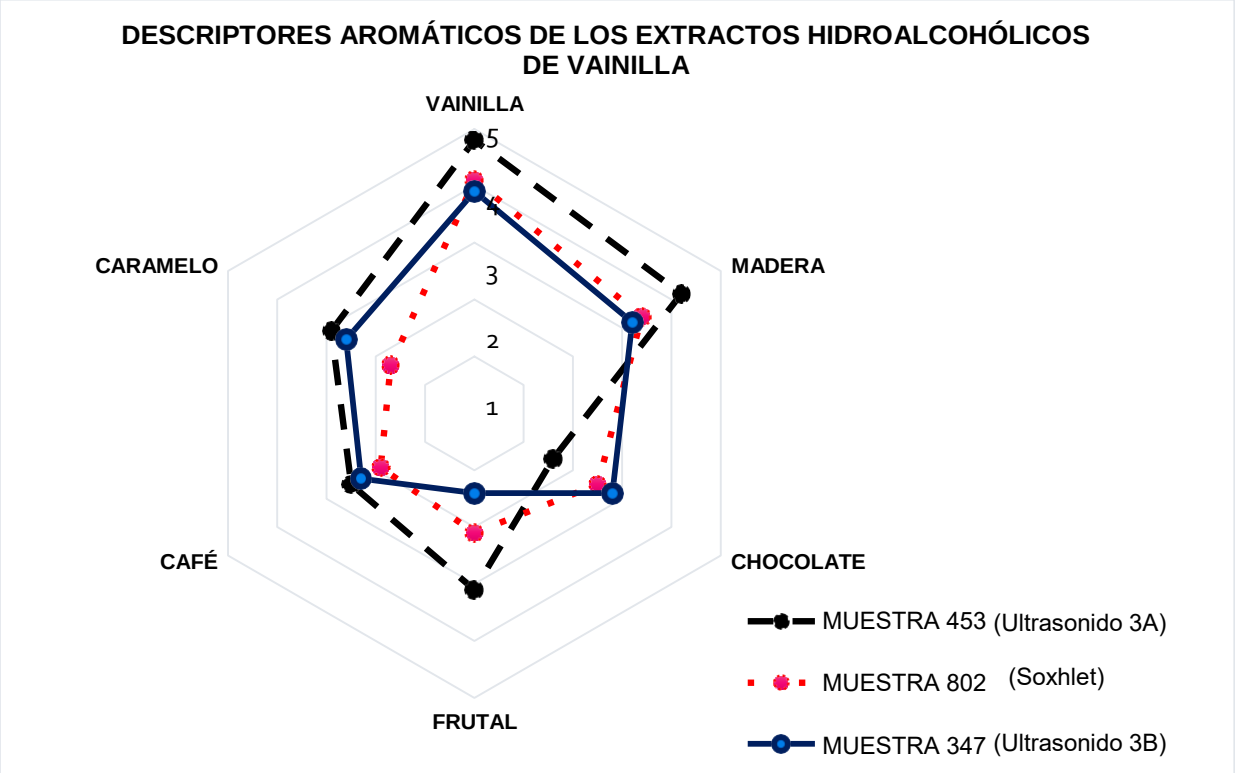


Figura 2. Representación gráfica de los principales descriptores aromáticos e intensidad generada con panelistas mediante un análisis sensorial olfativo.

La muestra de 3A (ultrasonido) presentó una mayor intensidad en todos los descriptores (excepto chocolate). La muestra 3B tuvo intensidad intermedia en los descriptores de caramelo, café y fue la que tuvo mayor intensidad en chocolate. La muestra Soxhlet tuvo intensidad intermedia en la mayoría de los descriptores, a excepción de caramelo, en donde fue la menos intensa.

Trabajo a futuro

Análisis del contenido aromático por cromatografía líquida de alta eficacia (HPLC).

Conclusiones

Los resultados obtenidos de los extractos hidroalcohólicos elaborados por el método convencional Soxhlet no presentaron diferencias a los obtenidos con el método por una extracción por ultrasonido con un tiempo de extracción de 40 minutos; Bajo estas condiciones se obtuvieron extractos que cumplen con las especificaciones de concentración de vainillina y las propiedades fisicoquímicas establecidas en el rango de la NMXF-188-SCFI-2012. Durante el tiempo de añejamiento (tiempo final), hubo variaciones significativas en la concentración de vainillina y en algunas propiedades fisicoquímicas (densidad, pH y acidez total titulable), con respecto a la extracción por ultrasonido. La elaboración de extractos hidroalcohólicos por ultrasonido representa una alternativa de extracción rápida, eficiente y con la obtención de extractos que cumplen las especificaciones de la norma mexicana (NMXF-188-SCFI-2012). Los descriptores generados en los extractos hidroalcohólicos por los panelistas fueron: vainilla, madera, chocolate, frutal, café y caramelo.

Agradecimientos

Al FORDECYT-CONACYT por el apoyo otorgado mediante el proyecto titulado **"Estrategias para la adaptación y mitigación al cambio climático necesarias para el rescate del cultivo de la vainilla en México (VaniClim)",** proyecto número 297484. Bajo la responsabilidad del TecNM/ITTuxtepec.

Referencias

[1] ASERCA (Apoyos y Servicios a la Comercialización Agropecuaria) Revista mensual. La vainilla en México, una tradición con un alto potencial. pp 3-4, 2002.

[2] NMX-F-188-SCFI-2012. Extracto natural de vainilla (*vanilla spp*.), derivados y sustitutos - especificaciones y métodos de prueba. *Secretaría de economía,* 2012.

[3] Sinha, A. K., Sharma, U. K., and Sharma, N. A comprehensive review on vanilla flavor: extraction, isolation and quantification of vanillin and others constituents. International journal of food sciences and nutrition, 59(4), 299-326, 2008.

[4] A. Pérez-Silva, E. Odoux, P. Brat, F. Ribeyre, G. Rodriguez, V. Robles, M.A. García , and Z. Günata, "GC–MS and GC–olfactometry analysis of aroma compounds in a representative organic aroma extract from cured vanilla (Vanilla planifolia G. Jackson) beans," Food chemistry, vol. 99, no. 4, 2006.

[5] Dunphy, P., & Bala, K. Vanilla curing: the senescent decline of a ripe vanilla bean and the birth of vanillin. Perfumer & Flavorist, 34(10), 34-40, 2009.

[6] G. Rodríguez, D. Espinoza, M. Salgado, V. Robles, M. García, "Mass Transfer During Vanilla Pods Solid Liquid Extraction: Effect of Extraction Method," Food Bioprocess Technology 6:2640-2650, 2012.

[7] Hromádkova, "Comparison of conventional and ultrasound-assisted extraction of phenolics-rich heteroxylans from wheat bran," Ultrasonics Sonochemistry 15:1062-1068, 2008.

[8] Jadhav, D. Rekha, B. Parag, R. Virendra, "Extraction of vanillin from vanilla pods: A comparison study of conventional soxhlet and ultrasound extraction," Journal of Food Engineering 93: 421-426, 2009.

[9] M. Rostagno, M. Palma, C. Barroso, "Ultrasound-assisted extraction of soy isoflavones," Journal of Chromatography, vol. 1012, no 2, p. 119-128, 2003.

[10] Nancy Graveline, Jacinthe Fortin, Araceli Gutiérrez-Cervantes, Ernestina Paz-Gamboa, Araceli Pérez Silva. 2014. Aroma characterization of vanilla beans from México (V. planifolia) by sensory analysis. 17th IUFoST World Congress of Food Science and Technology. Montreal, Canadá. Agosto 17 -22, 2014.

Estudio de redes de distribución de fluidos mediante software de simulación hidráulica

R. Armengolt Núñez[1], R. Antonio Cruz[1], F. López Villarreal[1], N.A. Purata Pérez[1], A. Sosa Medina[1].
[1]División de Estudios de Posgrado e Investigación, Tecnológico Nacional de México, Campus Villahermosa, Carretera Villahermosa-Frontera km 3.5, Cd. Industrial 86010, Villahermosa, Tabasco, México.
*rocio.ac@villahermosa.tecnm.mx, ramiro.armengolt.nunez@hotmail.com

***Área de participación**: Ingeniería Química*

Resumen

El transporte de fluidos en la industria de manera eficiente tiene impacto en el ahorro energético, por tanto, cuando se tienen redes de distribución existentes y se realiza una adición o reducción de usuarios o se aumenta o reduce el consumo de los usuarios se requiere realizar un análisis para optimizar la red y así permitir que esta opere en su punto óptimo. La finalidad de este trabajo se centró en realizar la optimización de una red de agua helada mediante el software AFT Fathom. Los resultados muestran que incorporando orificios de restricción y manipulación de válvulas es posible redistribuir el flujo en los equipos y realizar una eficiente remoción de carga térmica del proceso.

***Palabras clave**: Optimización, Agua Helada, AFT Fathom.*

Abstract

The efficient transport of fluids in the industry has an impact on energy saving, therefore when there are existing distribution networks and an addition or reduction of users is made or the consumption of users is increased or reduced, an analysis is required to optimize the network and thus allow it to operate at its optimum point. This work focused on optimizing a chilled water network using the AFT Fathom software. The results show that by incorporating restriction orifices and manipulation of valves it is possible to redistribute the flow in the equipment and carry out an efficient removal of thermal load from the process.

***Key words**: Optimization, chilled water, AFT Fathom.*

Introducción

La simulación hidráulica asistida por ordenador permite optimizar el diseño de redes de distribución hidráulicas. En la actualidad, el modelado y análisis de redes de distribución de fluidos a través de ordenadores constituyen una herramienta confiable y eficaz en la toma de decisiones para su diseño y optimización.

La Comisión Nacional del Agua, utiliza estos softwares para el diseño y optimización de sus redes de distribución de agua potable y así garantizar el abasto al flujo y presión requeridas en cada hogar al menor costo posible [1].

Para el transporte de agua potable en México se tiene una infraestructura de más de 3 mil kilómetros de acueductos y 631 plantas potabilizadoras; para su diseño se utilizan softwares como el EPANET, Pipe flo y SiNet, que simulan las pérdidas de carga en las tuberías, el balance de materia y la difusividad de químicos en el agua [1, 2].

Los modelos matemáticos programados en los softwares determinan la velocidad de flujo, pérdida de carga debido a fricción con las paredes de la tubería, pérdida de carga debido a la diferencia de

niveles en dos nodos diferentes, diferencia de niveles en las fuentes como son tanques, ríos, lagos entre otros, mediante la resolución de ecuaciones de manera simultánea. La solución de estas ecuaciones respeta las leyes de conservación de la masa y de la energía [3, 4].

La simulaciones hidráulicas pueden ser tan sencillas como simular el transporte de un fluido de un punto “A” a un punto “B”, o complejas como simular una red de distribución de agua potable de una ciudad grande. Sin embargo, el trabajo se simplifica al momento de seleccionar la información de entrada y eligiendo diferentes escenarios de simulación en estado estacionario adecuados para describir el comportamiento del sistema [5].

Para lograr una simulación exitosa de una red de distribución de fluidos existente, se debe recopilar la información estadística de mínimo un año de los datos de operación de flujo y presión en las fuentes y demandas de la red, así como realizar un balance general para la estimación de fugas, ya que estas pueden cambiar el comportamiento de la red. Si la fuente es una bomba o compresor, se debe recopilar la información de su curva de operación y esta se debe corroborar por lo menos en tres puntos de operación del equipo. También se debe contar con la información geométrica de la red, como son isométricos de tuberías, donde se indiquen los diámetros y longitud de tuberías, válvulas y accesorios. Otro aspecto importante son las características fisicoquímicas del fluido [3, 6, 7].

Una vez que se construye el modelo en el software, este se calibra con la red real para determinar el factor de incrustación y variables que pueden afectar los resultados del comportamiento [7]. Una vez que el modelo representa el comportamiento de la red real se puede realizar la optimización de la red.

Normalmente la optimización de una red de distribución de fluidos se realiza cuando la demanda del fluido se incrementa o disminuye, esto sucede al incrementar la demanda del fluido por parte de los usuarios o incrementar el número de usuarios en la red, por ejemplo en redes de distribución de agua de enfriamiento o red de agua helada en un complejo industrial, donde se incremente la carga a desalojar en los equipos de proceso, o se incrementen el número de equipos de proceso manteniendo la misma geometría de la red y propiedades del fluido, se requiere realizar una optimización de la red para operarla en su punto óptimo, procurando que el consumo energético por parte de las bombas sea el mínimo; y la cantidad de masa del fluido utilizado para el desalojo de la carga térmica en los diferentes equipos se distribuya de tal forma que cumpla con los datos de diseño de los mismos [3, 8].

Puesto que la distribución de fluidos representa una parte importante en la industria, realizarla de manera eficiente tiene un impacto económico significativo, desde la conceptualización de geometrías que ayudan al mantenimiento en redes de distribución de agua potable en grandes ciudades, como el ahorro energético en la industria, por tanto, este trabajo se centra en la optimización de una red de distribución de agua helada, con la finalidad de realizar una distribución óptima del fluido en los diferentes equipos de proceso que utilizan el agua helada para el control de temperatura.

Metodología

Materiales

Se utilizaron: Manómetro tipo Bourdon, medidor de flujo tipo ultrasónico portátil modelo GT-P118IP010016.

La metodología seguida para la elaboración del modelo de simulación se muestra en la Figura 1.

 ISSN 2007-8102

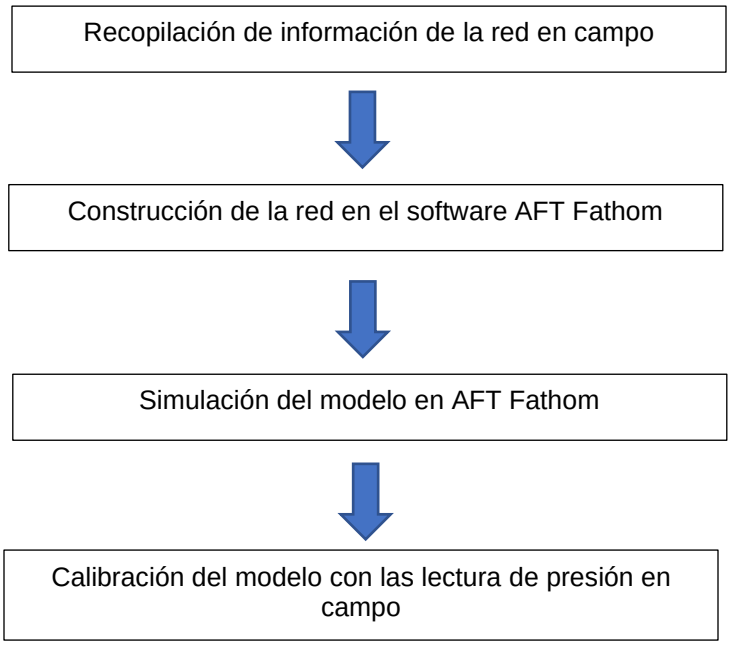


Figura 1. Etapas para la simulación de redes hidráulicas existentes.

Recopilación de información de la red en campo y construcción de la red en el software AFT Fathom

Se recopiló la base de datos de un periodo de operación de un año, de donde se obtuvo la presión de succión y de descarga de las bombas y flujo de agua helada en los diferentes equipos del proceso, con un registro diario de tres lecturas, analizando un total de 1080 lecturas en cada sección (en este periodo la planta tuvo un paro total de 5 días). Para validar la base se realizaron lecturas de la presión de succión y descarga, medición de flujo de agua helada en los diferentes equipos durante un periodo de 1 semana, se tomaron 3 lecturas durante el día, dando un total de 21 datos por cada sección. La media aritmética y desviación estándar de las lecturas que se tomaron de los equipos que operan en la planta se muestran en la Tabla 1 y 2.

Para la construcción de la geometría del modelo se recopilaron los isométricos de la red, estos documentos contienen el tipo de válvulas, accesorios, diámetro y longitud de tuberías. Así como las elevaciones en la red.

También se ingresaron al modelo las curvas de operación de las bombas, para simular su comportamiento.

Tabla 1. Mediciones de presión en campo y su desviación estándar

Sección	Presión [bar]	Desviación estándar
Succión	2.50	0.12
Descarga	4.50	0.17

 ISSN 2007-8102

Tabla 2. Mediciones de flujo en campo y su desviación estándar

Equipo	Flujo medio medido en campo [m^3/h]	Desviación estándar
MF-E-31A	15.70	0.70
MF-E-31B	16.60	1.50
MF-E-2031A	19.10	0.65
MF-E-2031B	18.74	1.10
SN-E-23C	16.30	0.80
SN-E-25	19.20	0.77
SN-E-29A	18.50	1.12
ME-E-20C	33.40	1.35
ME-E-2020C	39.80	1.2
UTV-16	9.76	0.95

Simulación del modelo en AFT Fathom

El software AFT Fathom funciona a través del algoritmo de Hardy-Cross, el cual cumple con la ley de nodos y la ley de mallas, como se muestra en la Figura 2.

Ley de nodos: La masa de fluido (Q) que entra en un nodo debe ser igual a la suma de masas que salen de ese mismo nodo, de acuerdo con la ecuación 1 [3, 4].

$$\sum Q = 0 \tag{1}$$

Ley de mallas: La suma algebraica de las pérdidas de presión o carga h_f en una malla es igual a cero, de acuerdo con la ecuación 2 [3, 4].

$$\sum h_f = 0 \tag{2}$$

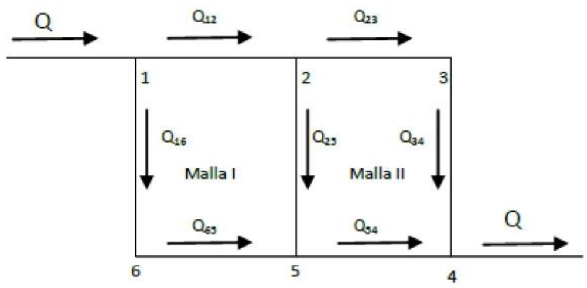


Figura 2. Red mallada de transporte de fluidos.

Para cualquier tubería en el que Q_0 es asumido como el flujo inicial, la ecuación 3, puede ser estimada usando una expansión de la serie Taylor como sigue en la ecuación 4. En la ecuación 5 se muestra el factor de corrección del flujo en cada iteración [3, 4].

$$h_f = KQ^n \tag{3}$$

$$h_f = K({Q_0}^n + {Q_0}^{n-1}\Delta Q + n(n-1){Q_0}^{n-2}\Delta Q^2 + \cdots) \tag{4}$$

 ISSN 2007-8102

$$\Delta Q = Q - Q_0 \quad (5)$$

Donde h_f Caída de presión en la sección de tubería, K Resistencia impuesta por la tubería, n Potencia característica que depende del método para el cálculo de caída de presión para Darcy-Weisbach es 2 y para Hazen-Williams es de 1.852, Q Flujo corregido en cada iteración y ΔQ Es el factor de corrección del flujo.

Si ΔQ es relativamente insignificante en comparación con Q_0, la ecuación 4, podría ser descrita como se muestra en la ecuación 6.

$$h_f = K({Q_0}^n + {Q_0}^{n-1}\Delta Q) \quad (6)$$

Para una red de distribución como la observada en la figura 2 se tiene la ecuación 7.

$$\sum h_f = \sum KQ^n = \sum KQ\,|Q|^{n-1}\Delta Q$$
$$= \sum KQ\,|Q|^{n-1}\Delta Q + \Delta Q \sum knk\,|Q_0|^{n-1} = 0 \quad (7)$$

Donde se asume ΔQ de igual forma para todas las secciones de tubería en la malla. Se denota el valor absoluto para tener en cuenta la dirección de la sumatoria alrededor de la malla dada. Para obtener ΔQ se utiliza la ecuación 8 [2, 3].

$$\Delta Q = \frac{\sum KQ_0|Q_0|^{n-1}}{\sum nk|Q_0|^{n-1}} \quad (8)$$

Calibración del modelo con las lectura de presión en campo

Para calibrar el modelo se realizaron 5 corridas con el software donde se comparó el flujo y la presión obtenida en las mediciones en campo con las calculadas por el modelo hasta obtener resultados similares. Como el sistema ha operado por 15 años, para determinar el porcentaje de incrustaciones e incremento de la rugosidad en las tuberías, se varió el porcentaje de incrustaciones en estas (el factor K promedio de equipos fueron determinados en campo), y así calcular la caída de presión del agua helada desde la descarga hasta retornar a la succión de las bombas, debido a que la caída de presión en las diferentes tuberías determina el comportamiento del agua helada en la red, por tanto es importante que el modelo opere con la misma caída de presión total que la observada en campo. Los resultados se muestran en la Tabla 3.

Tabla 3. Ajuste del modelo a la red real

Corrida	K promedio de equipos	Factor de incrustación [%]	Presión de succión [bar]	Presión de [bar]	Error (succión de bomba)
1.0	50.0	15.0	2.30	4.70	0.20
2.0	50.0	9.0	2.60	4.40	0.10
3.0	50.0	10.5	2.55	4.62	0.05
4.0	50.0	9.5	2.47	4.48	0.03
5.0	50.0	10.0	2.51	4.52	0.01

Resultados y discusión

El diagrama de flujo de la red se muestra en la Figura 3, y el diagrama construido en el software se muestra en la Figura 4.

 ISSN 2007-8102

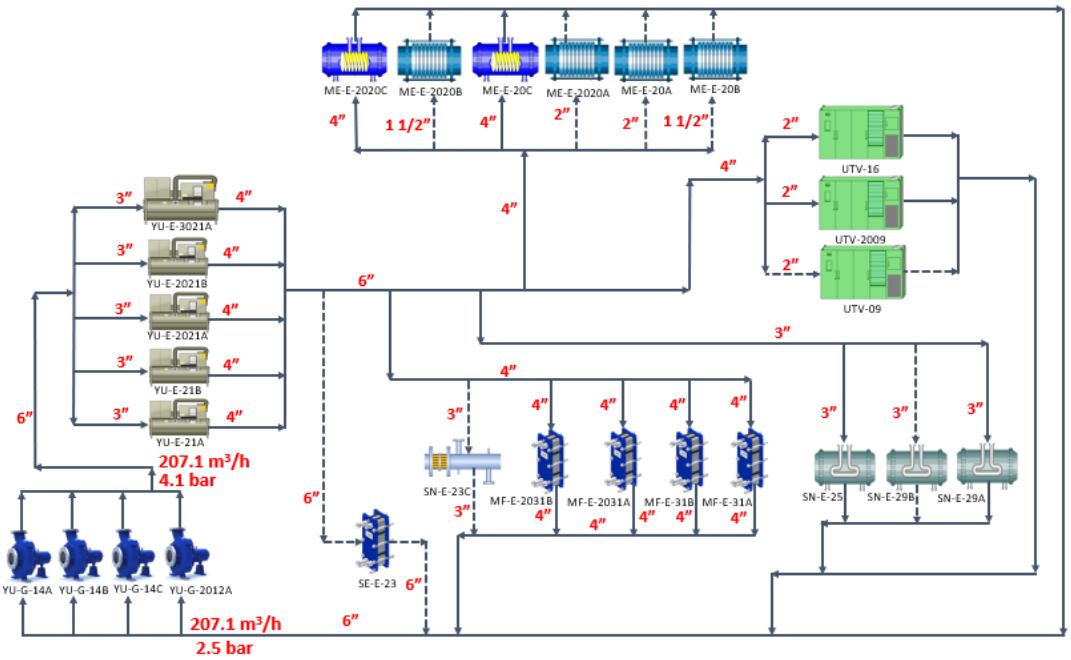


Figura 3. Diagrama de flujo de la red de distribución de agua

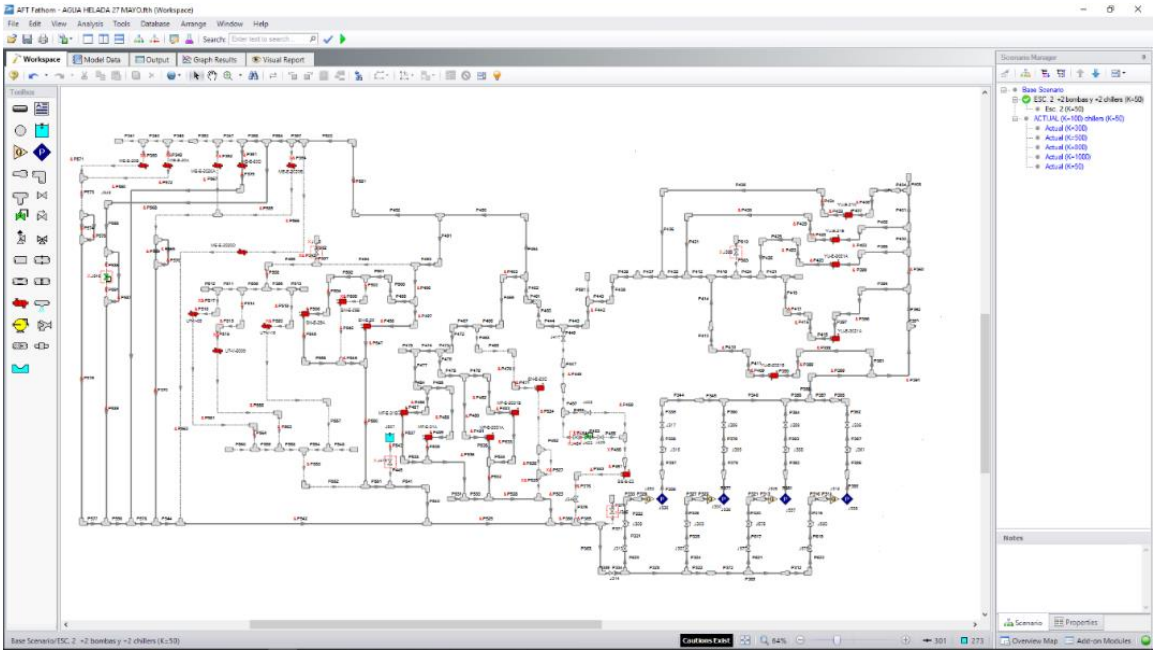


Figura 4. Modelo construido en el software AFT Fathom

En la Tabla 4 se comparan los resultados obtenidos en las mediciones en campo y los resultados calculados con el modelo. El modelo predice con gran exactitud las lecturas de campo, sin embargo; se puede notar que los flujos requeridos por el proceso no se cumplen, puesto que la red no se encuentra balanceada. Para balancear el flujo en la red es necesario incluir orificios de restricción o válvulas que regulen el caudal en cada uno de los equipos, y así distribuir la masa de agua helada en la red de manera eficiente. En la Tabla 5 se muestra el flujo balanceado añadiendo este tipo de accesorios a la red para optimizar el transporte del agua helada.

 ISSN 2007-8102

Tabla 4. Resultados de la simulación y mediciones en campo

Equipo	Flujo calculado [m^3/h]	Flujo medido en campo [m^3/h)]	Flujo requerido por el proceso [m^3/h]	P ent. [bar]	P sal. [bar]
MF-E-31A	16.15	15.7	17.24	2.90	2.82
MF-E-31B	16.15	16.6	17.24	2.90	2.83
MF-E-2031A	18.24	19.1	17.41	2.95	2.86
MF-E-2031B	17.88	18.74	16.89	2.95	2.86
SN-E-23C	15.8	16.3	37.10	2.94	2.73
SN-E-25	19.94	19.2	9.38	3.05	2.71
SN-E-29A	19.39	18.5	2.4	3.04	2.72
ME-E-20C	36.5	33.4	37.20	2.47	2.09
ME-E-2020C	37.06	39.8	41.97	2.47	2.08
UTV-16	9.97	9.76	10.27	1.05	0.64
TOTAL	207.1	207.1	207.1		

Tabla 5. Resultados de la simulación y flujo balanceado

Equipo	Flujo calculado sin accesorios (m^3/h)	Flujo medido en campo (m^3/h)	Flujo requerido por el proceso (m^3/h)	Flujo balanceado (m^3/h)
MF-E-31A	16.15	15.7	17.24	17.4
MF-E-31B	16.15	16.6	17.24	17.2
MF-E-2031A	18.24	19.1	17.41	17.3
MF-E-2031B	17.88	18.74	16.89	16.43
SN-E-23C	15.8	16.3	37.10	36.00
SN-E-25	19.94	19.2	9.38	10.1
SN-E-29A	19.39	18.5	2.4	3.1
ME-E-20C	36.5	33.4	37.20	37.2
ME-E-2020C	37.06	39.8	41.97	42.1
UTV-16	9.97	9.76	10.27	10.27
TOTAL	**207.1**	**207.1**	**207.1**	**207.1**

Conclusiones

Se concluye que para optimizar la red se deben realizar la siguientes acciones:

Controlar el flujo requerido con la válvula HV-SN-392 en la línea de suministro de agua helada para el equipo SN-E-25, ya que al tener el mismo diámetro que el resto de los equipos adyacentes el flujo

se distribuye de forma equitativa, sin embargo, por requerimiento de proceso esté equipo necesita un menor flujo de agua helada.

En los equipos MF-E-31A/B y MF-E-2031A/B para cumplir con los flujos se recomienda bloquear parcialmente a 75 % de apertura, las válvulas de mariposa en las líneas de suministro de agua helada, de esta manera canalizar el flujo al equipo SN-E-23C y así alcanzar el flujo requerido por proceso.

En el intercambiador SN-E-29A se requiere un flujo de 2.4 m^3/h, para llegar al flujo requerido se recomienda utilizar un orificio de restricción de 1/2" ya que la línea de suministro es de 3" y el flujo sin ninguna restricción resulta mucho mayor (Como se observó en la tabla 4).

En el equipo ME-E-20C se recomienda instalar un orificio de restricción de 1/2" y mientras que para el intercambiador de calor ME-E-2020C para cumplir con los flujos se recomienda bloquear parcialmente al 20% de apertura las válvulas de compuerta en las líneas de suministro de agua helada.

En el intercambiador UTV-16 para cumplir con los flujos se recomienda bloquear parcialmente al 20% de apertura las válvulas de compuerta en las líneas de suministro de agua helada.

Agradecimientos

Los autores agradecen al Tecnológico Nacional de México, por el financiamiento otorgado al proyecto con clave 8322.20-P.

Referencias

[1] Conagua, Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento, 2010.
[2] H. Ramesh, L. Santhosh and C. J. Jagadeesh, Simulation of Hydraulic Parameters in Water Distribution Network Using EPANET and GIS, International Conference on Ecological, Environmental and Biological Sciences, January 2012.
[3] Crane, Flujo de fluidos en válvulas, accesorios y tuberías, McGraw-Hill, México 1986, 1992.
[4] Gustavo Valle Tamayo, Leonardo Valbuena Luna, Carlos Rojas Beltran, Manuel Cabarcas Simancas, Modelo Numérico Para El Análisis Y Diseño De Redes De Tubería Para Flujo Bifásico, Abril, 2018.
[5] Kara, S., Karadirek, I. E., Muhammetoglu, A., & Muhammetoglu, H. (2016). Hydraulic Modeling of a Water Distribution Network in a Tourism Area with Highly Varying.
[6] Sarría, F., & Palazón, F. (2008). Estimación de parámetros, validación de modelos y análisis de sensibilidad. Modelización de sistemas ambientales. Modelización de sistemas ambientales.
[7] Rondán Galán, E. (2016). Estado del arte de la calibración de modelos hidráulicos. Modelado de fugas con Epanet.
[8] Muranho, J., Ferreira, A., Sousa, J., Gomes, A., & Marques, A. S. (2014). Pressure-dependent demand and leakage modelling with an EPANET extension–WaterNetGen. Procedia Engineering, 89, 632-639.

Identificación de residuos de Poliestireno Expandido excretados por larvas de *Tenebrio molitor*

P.G. Olmos Piña[1], A. Jiménez Huerta[2], A. Hernández Ortiz[1], M. B. Arce Vázquez[3], A. E. Márquez Ortega[1],*
[1]Cuerpo Académico Biotecnología e Ingeniería de Procesos de la División de Ingeniería Química, Tecnológico de Estudios Superiores de Chimalhuacán, Primavera, s/n, Santa María Nativitas, C.P. 56330, Chimalhuacán, Estado de México.
[2]Divisón de Ingeniería en Desarrollo Comunitario, Tecnológico de Estudios Superiores de Chicoloapan, Camino al Monte s/n, Lomas de Guadalupe, C.P. 56380, Chicoloapan, Estado de México
[3]División de Ingeniería Mecánica, Mecatrónica e Industrial, Tecnológico de Estudios Superiores de Ecatepec, 55210, Ecatepec de Morelos, México
**aemo1977@hotmail.com*

***Área de participación**: Ingeniería Química*

Resumen

El Poliestireno Expandido (EPS) es un Residuo Sólido Urbano (RSU), el cual se acumula en rellenos sanitarios provocando contaminación. Este polímero ocupa grandes volúmenes y dificulta su almacenamiento, debido a su baja densidad obstaculizando su reciclado y reutilización. Actualmente, existen diversos métodos físicos y químicos para el reciclado del EPS, los cuales resultan costosos debido al consumo de energía o materias primas como disolventes, catalizadores, etc. Por lo anterior, el trabajo está enfocado en la identificación de los residuos de EPS excretados por la larva de *Tenebrio molitor*. Los resultados de la prueba con H_2O_2 mostraron que la materia inerte de EPS fue transformada en materia orgánica; además, los residuos orgánicos fueron solubles en NaOH y reaccionaron con reactivo de Lucas revelando la presencia de grupos hidroxilo. Finalmente, la larva degrado el 80% de EPS generando 43.71% de residuos, siendo un método biológico sustentable para la degradación de EPS.

***Palabras clave**: Poliestireno Expandido, Tenebrio molitor, Degradación, Materia Orgánica*

Abstract

Expanded Polystyrene (EPS) is an Urban Solid Waste (MSW), which accumulates in sanitary landfills causing contamination. This polymer occupies large volumes and makes its storage difficult, due to its low density, hindering its recycling and reuse. Currently, there are various physical and chemical methods for recycling EPS, which are expensive due to the consumption of energy or raw materials such as solvents, catalysts, etc. Therefore, the work is focused on the identification of EPS residues excreted by the larva of Tenebrio molitor. The results of the H_2O_2 test showed that EPS inert matter was transformed into organic matter; Furthermore, the organic residues were soluble in NaOH and reacted with Lucas's reagent revealing the presence of hydroxyl groups. Finally, the larvae degraded 80% of EPS generating 43.71% of waste, being a sustainable biological method for the degradation of EPS.

***Key words**: Expanded Polystyrene, Tenebrio molitor, Degradation, Organic Matter*

Introducción

Los Residuos Sólidos Urbanos (RSU) son una problemática que va en aumento en México, ya que tan solo en 2015, fueron generadas casi 45 millones de toneladas con un crecimiento a tasa anual del 2.77%, la misma calculada para el Producto Interno Bruto (PIB) [1]. En la clasificación de estos RSU son considerados diversos materiales como papel y cartón, metales, fibras maderas y

 ISSN 2007-8102

principalmente plásticos como PET, polietilenos, hule, Poliestireno Expandido entre otros [2]. El Poliestireno Expandido (EPS) es un polímero de bajo costo, baja densidad y alta resistencia considerado termoplástico, debido a que puede ser moldeado con facilidad mediante la temperatura, por lo que es utilizado como materia prima en la industria por sus características desechables en conservación de alimentos y/o embalaje para transportar productos electrónicos, electrodomésticos, maquinaria, etc [3].

Por otra parte, el EPS no tiene algún aprovechamiento económico o ambiental después de su utilización, debido a que su baja compresibilidad dificulta su disposición final en los rellenos sanitarios, así mismo se obstaculiza su reciclado ya que ocupa espacios muy grandes por su alto volumen y bajo peso [4]. En la actualidad, el EPS ha sido reciclado después de su uso mediante técnicas de reciclaje físicas (métodos mecánicos, térmicos o disolución), las cuales constan de la reducción de su tamaño a través de procesos de separación como la pulverización, compactación, densificación, precipitación o bien para su transformación en energía por su alto valor calórico aunque no es recomendable por la generación de gases de efecto invernadero; también se encuentra el reciclado químico a través de la despolimerización de la cadena del polímero hasta conseguir los monómeros mediante disolventes, catalizadores, ácidos o bases entre otros [5, 6].

Aunque se ha mencionado que el EPS es un producto inerte y no biodegradable se ha observado que en la naturaleza existen organismos como *Tenebrio molitor* con la capacidad de transformar el EPS en un residuo de excreción [7, 8]. Es por ello, que el presente trabajo está enfocado en la comprobación de la degradación del Poliestireno Expandido, así como la Identificación de Compuestos Orgánicos de las fracciones de los residuos de EPS excretados por *T. molitor* en su estado de larva y con ello, verificar si existe una transformación de la materia inerte (EPS) a materia orgánica, la cual pueda ser utilizada como abono por contener nutrientes útiles para la planta.

Metodología

Organismo

Los ejemplares de trabajo de *Tenebrio molitor*, fueron adquiridos en tiendas dedicadas a la venta de insumos para mascotas. En la experimentación para el presente trabajo fueron utilizados ejemplares de *T. molitor* en su etapa larvaria. Los insectos se mantuvieron en un recipiente de vidrio con un hábitat compuesto de maíz adecuado para su alimentación y reproducción a una temperatura de 22 $\pm$ 1°C con la finalidad de obtener larvas con características similares de tamaño y peso. La técnica se adecuo de acuerdo a las necesidades de la presente investigación [9].

Determinación del consumo de Poliestireno Expandido por *T. molitor*

En el experimento fueron utilizadas larvas de *T. molitor*, las cuales fueron previamente criadas en condiciones similares de tamaño y peso. Previo a su utilización fueron aisladas en recipientes limpios durante 24 horas a 22 $\pm$ 1°C con la finalidad de eliminar productos de excreción o residuos orgánicos presentes en el tracto digestivo del insecto. Después del aislamiento, fueron pesadas las larvas en una balanza analítica para obtener los pesos iniciales de la experimentación. Asimismo, fueron cortados cuadros de EPS reciclado de 1 cm^2 para el registro de su peso.

Por otra parte, la experimentación fue adecuada a las necesidades del trabajo colocando un cuadro de 1cm^2 de EPS y una larva de *T. molitor* en un recipiente de plástico cubierto con una tela para la transferencia adecuada de oxígeno al interior. El muestreo fue realizado por triplicado cada tercer día durante 20 días a temperatura de 22 $\pm$ 1°C con la finalidad de obtener los pesos finales de las larvas, los residuos de desecho y el EPS residual. Finalmente, se determino el consumo de EPS por las larvas de *T. molitor*, el peso de las larvas y sus residuos excretados a partir de la técnica por diferencia de peso seco mediante una balanza analítica [10, 11].

$$\%peso = \frac{(Peso\ final - Peso\ inicial)}{Peso\ inicial}\ x\ 100$$

 ISSN 2007-8102

Identificación de materia orgánica mediante Peróxido de hidrógeno

En un tubo de ensayo fue agregado 1 g de residuos de excremento de *T. molitor*, al cual se agregaron 10 mL de solución de peróxido de hidrogeno al 30 % para después cubrir el recipiente y observar durante unos minutos y determinar si existe desprendimiento de burbujas debido a la reacción de oxidación del carbono presente en la materia orgánica con H_2O_2. La prueba se llevó acabo por triplicado a temperatura de 22 $\pm$ 1°C, utilizando los residuos recolectados en la prueba de consumo de poliestireno por *T. molitor* [12].

Pruebas de solubilidad para los residuos

En un tubo de ensayo se agregó 0.1 g de residuos de excreción de las larvas con la adición posterior de 4 mL de solución del disolvente de acuerdo a la Figura 1 a temperatura de 22 $\pm$ 1 °C, tomando en cuenta que una sustancia es soluble si se disuelve en una relación de 3 g por 100 mL de disolvente; esta prueba fue realizada por triplicado. Los disolventes utilizados fueron soluciones de agua, éter, hidróxido de sodio al 5 %, bicarbonato de sodio al 5 %, ácido clorhídrico al 5 %, y ácido fosfórico al 8.5 % [13]. La solubilidad de los residuos de excreción de *T. molitor* es una prueba cualitativa elemental para la identificación de compuestos orgánicos, debido a la precipitación o solubilización de la materia orgánica generada por *Tenebrio molitor*.

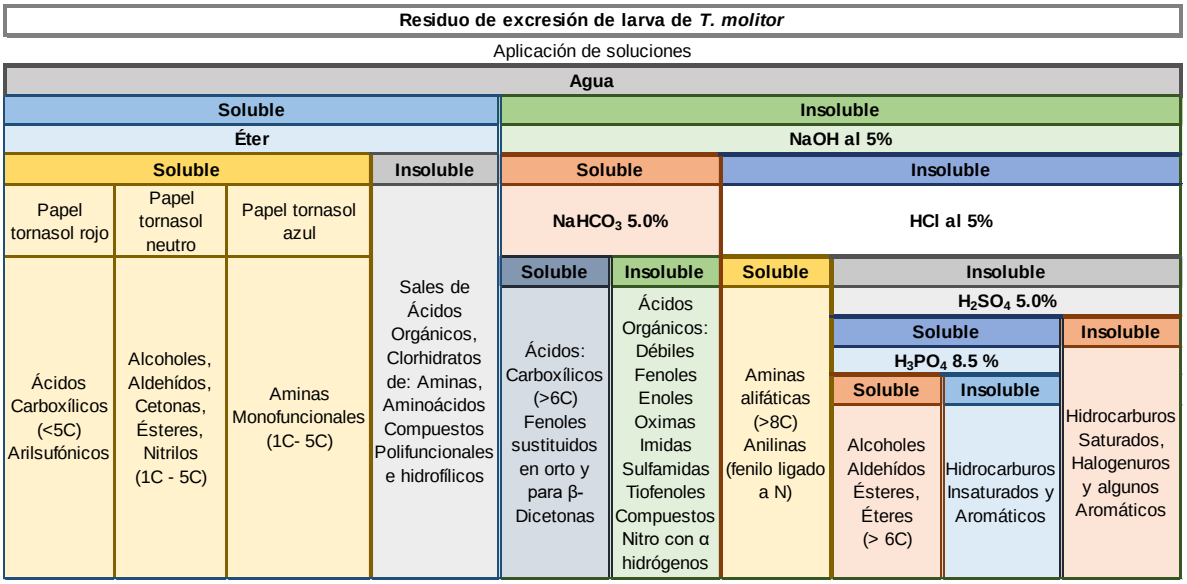


Figura 1. Tren de tratamiento para los residuos generados por la larva de *T. molitor* después de la degradación del EPS.

Identificación del grupo funcional mediante titulación

Para la identificación del grupo funcional fue realizada una titulación ácido-base por triplicado colocando 1 mg de los residuos de excreción en un matraz Erlenmeyer de 250 mL, adicionando 50 mL de agua destilada y como indicador Fenolftaleína. Luego, se goteo una solución de hidróxido de sodio al 0.02 M como titulante mediante una bureta hasta el vire del indicador de translucido a rosa tenue. La prueba de adecuó de acuerdo a las características y necesidades de titulación en el trabajo, a través de un método cuantitativo elemental [14].

Identificación de residuos orgánicos por la prueba de Lucas

En un tubo de ensayo se colocaron 10 mg de residuos de excreción de *T. molitor* adicionando 2 mL del reactivo de Lucas, el cual se agitó vigorosamente hasta mezclarse y dejó en reposo hasta mostrar turbidez en caso de existir reacción de la materia orgánica con el reactivo de Lucas. La prueba fue realizada por triplicado a temperatura de 22 $\pm$ 1°C, teniendo en cuenta que solo puede utilizarse para alcoholes solubles en agua con cadenas menores a 5 carbones como una prueba de diferenciación,

 ISSN 2007-8102

ya que los alcoholes primarios no presentan reacción, los alcoholes secundarios reaccionan de 5 a 10 minutos y los alcoholes terciarios, alílicos y bencilicos la reacción es inmediata formando el cloruro alquílica [13]. La reacción con alcoholes secundarios y terciarios presentaron precipitación por los residuos de cloruro alquílico como se muestra en la siguiente reacción:

$$R\text{-}OH + HCl + ZnCl_2 \rightarrow RCl\ (insoluble) + H_2O$$

Resultados y discusión

Determinación del consumo de Poliestireno Expandido por *T. molitor*

La experimentación muestra durante los primeros nueve días un decremento en el compartimiento en el peso de las larvas de *T. molitor* del 30.31 % (-0.034 g); después se observa una recuperación de peso en los días subsecuentes del 16.51 % (+0.019 g), por lo que, al finalizar el proceso se obtuvo una caída en el peso del 13.80 % (-0.0156 g) con respecto al peso inicial de las larvas (Tabla 1). Esta pérdida de peso, puedo ser efecto de la falta de nutrientes para el crecimiento de las larvas, debido a que el Poliestireno Expandido es un polímero sintético sin un valor nutritivo para el insecto, por ello, no proporciona los nutrientes necesarios para su crecimiento [5, 3, 15].

Tabla 1. Peso inicial, final, diferencia de peso y comportamiento de peso a lo largo del proceso de degradación de EPS con *T. molitor*.

Tiempo [días]	Peso inicial [g]		Peso Final [g]		Diferencia de peso [g]		Comportamiento de peso [g]	
0	0.113	± 0.003	0.113	± 0.003	0.000	± 0.000	0.000	± 0.000
2	0.116	± 0.009	0.103	± 0.001	-0.014	± 0.010	-0.014	± 0.010
4	0.107	± 0.004	0.085	± 0.004	-0.022	± 0.007	-0.009	± 0.012
6	0.103	± 0.001	0.077	± 0.003	-0.027	± 0.004	-0.004	± 0.008
8	0.102	± 0.006	0.068	± 0.007	-0.034	± 0.005	-0.008	± 0.007
10	0.091	± 0.006	0.057	± 0.004	-0.034	± 0.005	0.000	± 0.008
12	0.087	± 0.003	0.063	± 0.002	-0.024	± 0.002	0.010	± 0.003
14	0.086	± 0.004	0.065	± 0.003	-0.021	± 0.006	0.003	± 0.007
16	0.073	± 0.005	0.055	± 0.003	-0.018	± 0.004	0.003	± 0.004
18	0.068	± 0.006	0.051	± 0.001	-0.016	± 0.007	0.002	± 0.006
20	0.061	± 0.007	0.046	± 0.003	-0.016	± 0.009	0.001	± 0.014

Por otra parte, el EPS reciclado fue consumido gradualmente por las larvas de *T. molitor* durante la prueba. La Figura 2, muestra el porcentaje de degradación de EPS realizado por la larva, observando un comportamiento con una relación de 4.15% de consumo de EPS por día ($R^2 = 0.9756$), mostrando una degradación cercana al 80% del Poliestireno Expandido al finalizar la prueba de los 20 días: esto es similar a lo encontrado por algunos autores, debido a que el proceso degradativo de EPS con *T. molitor* fue cercana al 86% en el día 20 durante su prueba [8].

 ISSN 2007-8102

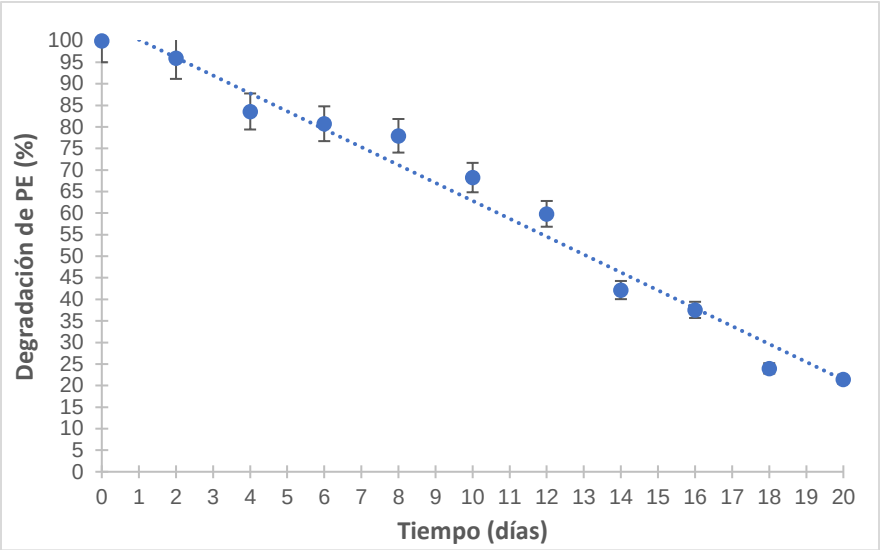


Figura 2. Porcentaje de consumo de EPS reciclado por las lavas de *T. molitor*.

Al mismo tiempo se llevó acabo la cuantificación de los residuos producidos por las larvas durante la degradación del EPS. Esta prueba generó el 43.71% (0.0043 g) de residuo al finalizar los 20 días, siendo aproximadamente el 50% de la masa consumida por las larvas Figura 3). Esto concuerda con algunas investigaciones que mencionan que la larva de *T. molitor* tiene la capacidad de procesar plástico no biodegradable en su sistema digestivo con la finalidad de transformarlo en dióxido de carbono (49%) y excrementos (51%) a partes aproximadamente iguales, y donde el consumo del polímero no afecta a la salud de las larvas [16].

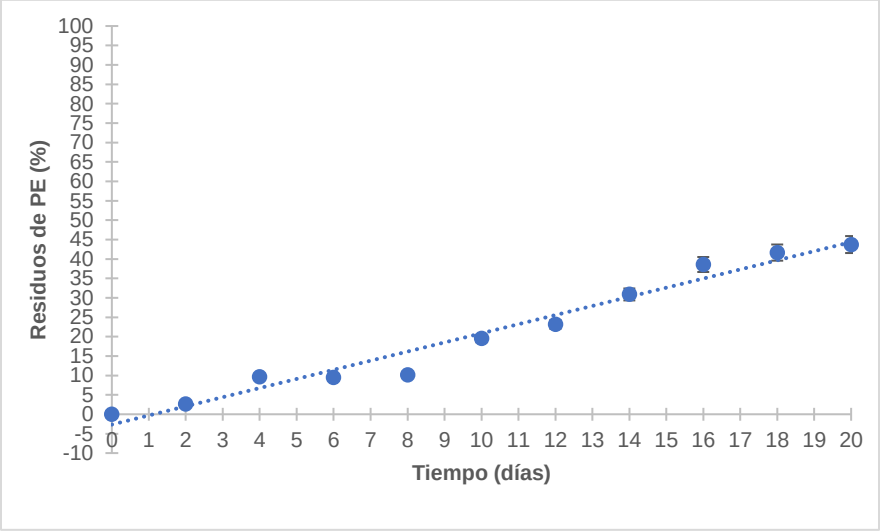


Figura 3. Porcentaje de producción de residuos después de la degradación del EPS reciclado a través del tiempo.

Los residuos generados por la excreción de las larvas después de la degradación de EPS fueron colectados en una sola fracción para la identificación química de los residuos orgánicos como se muestra a continuación.

 ISSN 2007-8102



Figura 4. Fracción de los residuos de excremento de las larvas de *T. molitor*.

Determinación de la presencia de compuestos orgánicos

Al realizar el ensayo con Peróxido de hidrogeno al 30% en agua, la muestra presentó reacción vigorosa, debido al desprendimiento de CO_2, esto indica que hay transformación del Polietileno Expandido a materia orgánica. Luego de la prueba con peróxido, fue determinada la solubilidad de los residuos para la identificación de los posibles compuestos orgánicos presentes en la materia orgánica generada por *T. molitor* después de la degradación de EPS a través del tren de tratamiento mostrado en la Figura 1.

Tabla 2. Residuos de materia orgánica de EPS excretados por *T. molitor*.

	Solubilidad					
	Agua	NaOH	$NaHCO_3$	HCl	H_2SO_4	H_3PO_4
Residuos de materia orgánica de *T. molitor*	Negativo	Positivo	Negativo	Negativo	Negativo	Negativo

En la tabla 2, se muestra la prueba de solubilidad para los residuos de materia orgánica, donde se observó que los residuos fueron solubles en Hidróxido de sodio al 5%, pero insoluble en Bicarbonato de sodio al 5%; esto nos indica que los residuos son orgánicos correspondientes a ácidos orgánicos muy débiles, fenoles, enoles, oximas, imidas, ácidos carboxílicos con más de 6 carbones entre otros compuestos (Figura 1) [17].

Asimismo, fue realizada la titulación de la materia orgánica con hidróxido de sodio al 0.02 M, la cual mostró un pKa aproximado de 9.70 coincidiendo con valores de pKa para derivados fenólicos y algunas oximas. Algunos autores mencionan la 3-hidroxifenol, 3-aminofenol, 3-metoxifenol, butano 2,3-diona monoxima, los cuales presentan pka de 9.87, 9.44, 9.65 y 9.4, respectivamente [18, 19]. Lo anterior, concuerda con la prueba de Lucas, la cual identificó grupos funcionales orgánicos derivados de un alcohol, debido a que existió reacción después de los seis minutos con el cambio de coloración sugiriendo la presencia de hidroxilos secundarios. Finalmente, los residuos de excreción de *T. molitor* después de la degradación de EPS contienen materia orgánica con más nutrientes por arriba de los abonos orgánicos que favorecen el crecimiento vegetal e inducen resistencia a plagas, con la opción de poderse utilizar como abono de uso en la agricultura, debido a que *Tenebrio molitor* tiene simbiosis con su microbiota asociada en su intestino, la cual es benéfica para las plantas [20].

Trabajo a futuro

De acuerdo a lo realizado, se debe llevará a cabo en futuros trabajos la identificación cuantitativa de los compuestos orgánicos presentes en los residuos de EPS excretados por *T. molitor* para confirmar si este producto generado por la larva es transformado a materia orgánica, y así utilizarlo como abono para las plantas.

Conclusiones

T. molitor mostró una disminución de peso durante la experimentación con EPS del 13.80%, ya que el polímero es un producto sintético sin un valor nutrimental para el insecto. Asimismo, la larva consumió el 80% de EPS al terminar la prueba con la generación del 43.71% de residuo de excreción que corresponde al 50% de materia consumida concordando con la capacidad de procesar el plástico por *T. molitor* con la relación de masa residual y CO_2 (50:50). Por otro lado, los residuos de excreción presentaron materia orgánica, porque la prueba de peróxido de Hidrógeno fue positiva; además se observó que existe una transformación de la materia inerte (EPS) a materia orgánica con presencia de alguna especie de compuesto fenólicos u oximas, ya que los residuos de excreción fueron solubles en hidróxido de sodio, con un pKa aproximado de 9.70 y con la prueba de lucas positiva para alcoholes secundarios. Finalmente, se puede mencionar que este trabajo puede ser una opción para la implementación de un proceso biológico en la degradación de EPS y los residuos orgánico generados podrían utilizarse como abono orgánico para las plantas y así disminuir la contaminación por Poliestireno Expandido.

Agradecimientos

Agradecemos al Laboratorio de Investigación, Cuerpo Académico “Biotecnología e Ingeniería de Procesos, División de Ingeniería Química del Tecnológico de Estudios Superiores de Chimalhuacán por su apoyo para la realización del proyecto.

Referencias

[1] Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales [SEMARNAT], *Informe de la Situación del Medio Ambiente en México 2015,* Ciudad de México: Dirección General de Estadística e Información Ambiental, 2016.

[2] Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales [SEMARNAT], *Residuos Sólidos Urbanos: la otra cara de la basura,* G. d. México, Ed., Ciudad de México: SEMARNAT, 2016.

[3] G. P. Barrera Castro, *Tesis. Caracterización de las propiedades mecánicas y térmicas de muestras de EPS pos consumo, utilizada en la insdustria de alimentos y sometida a un proceso de recuperación,* Bogota: Universidad Nacional de Colombia, 2016.

[4] D. J. Betancourt S y J. K. Solano M, «Síntesis y caracterización de la mezcla Polie-tileno - Poliestireno Expandido (ICOPOR) reciclado como alternativa para el proceso de producción de autopartes,» *Revista Luna Azul,* nº 43, pp. 286-310, 2016.

[5] L. Arthuz-López y W. Pérez-Mora, «Alternatives of low environmental impact for the recycling of the expanded polystyrene at the worldwide,» *Informador Técnico,* vol. 83, nº 2, pp. 209-219, 2019.

[6] P. Saltos, I. Chango, M. Aldás y F. Quiroz, «Reciclaje de Poliestireno Expandido por el Método de Disolución Precipitación,» *Revista Politécnica,* vol. 36, nº 2, p. 80, 2015.

[7] L. C. Martínez y J. R. Laines Canepa, «Poliestireno Expandido (EPS) y su problemática ambiental,» *Revista de Divulgación KUXULKAB',* pp. 63-66, 2013.

[8] Y. Yang, J. Yang, W. M. Wu, J. Zhao, Y. Song, L. Gao y L. Jiang, «Biodegrada-tion and Mineralization of Polystyrene by Plastic-Eating Mealworms: Part 1. Chemical and Physical Characterization and Isotopic Tests,» *Environmental Science & Technology,* nº 49, p. 12080−12086., 2015.

[9] C. A. Castro-León, J. F. Cervantes-Mayagoitia, B. S. Schettino-Bermudes y N. Nogueda-Hernández, «Comparación de cinco dietas alimenticias en la cría de Tenebrio molitor L. (Coleoptera: Tenebrionidae),» *Entomología Mexicana,* nº 4, pp. 616-620, 2017.

[10] L. Argueta-Reyes y G. K. Ramos-Meléndez, *Tesis. Contenido de proteína, grasa, calcio, fósforo en larvas de escarabajo molinero (Tenebrio molitor L.) alimentadas con diferentes sustratos y fuentes de agua para ser utilizadas como alimentación de animales silvestres,* San Salvador: Universidad de El Salvador, 2013.

[11] J. A. Rodríguez-Garza, *Tesis. Manejo en cautiverio de Tenebrio molitor (Coleoptera tenebrionidae) usando cinco tipos de harina,* Chetumal, Quintana Roo: Universidad de Quintana Roo, 2018.

[12] E. G. Méndez-Aldiviezo, *Tesis. Validación del Método Analítico Walkley y Black de materia orgánica en suelos arcillosos francos y arenosos del Ecuador,* Quito: Univerisdad Central del Ecuador, 2016.

[13] R. L. Shriner, R. C. Fuson, D. Y. Curtin, T. C. Morril y C. F. Hermann, Identificación Sistematica de Compuestos Orgánicos, México: LIMUSA WILEY, 2013, p. 719.

[14] L. Morales-Erazo, I. González-Cárdenas, J. Abella-Gamba y D. Ahumada-Forigua, «Técnicas de titulación Ácido-Base: consideraciones metrológicas,» *Revista Colombiana de Química,* vol. 48, nº 1, 2019.

[15] M. H. Shan, S. Yang, M. W. Wu, A. M. Brandon, Y. Li y C. Criddle, «Ubiquity of Polystyrene Consumption and Degradation by Mealworms (the larvae of Tenebrio molitor) from Different Geographic Sources,» *Chemosphere,* pp. 262-272, 2020.

[16] A. Brandon, S. H. Gao, R. Tian, D. Ning, S. Yang, J. Zhou y C. S. Cridd, «Biodegradation of polyethylene and plastic mixtures1 in mealworms (larvae of Tenebrio molitor) and 2 effects on the gut microbiome,» *Environmental Science and Technology,* vol. 52, nº 11, p. 6526–6533., 2018.

[17] J. M. Barba Chávez, J. I. López Cruz y F. Cruz Sosa, *Manual de practicas de laboratorio de Ánalisis Funcional Orgánico,* Ciudad de México: Universidad Autónoma Metropolitana, 2013.

[18] C. Araujo y A. Gonzalves, «Oximes: Chemical Properties, Methods of Preparation and Applications in Synthesis of Nitrogen Functional Groups,» *Revista Virtual de Química,* 2015.

[19] C. Rivas, J. Nuñez, E. Márquez, F. Esparragoza, Y. Brusco y F. Rosas, «Prediction of the ionization constant (pKa) of phenols using quantum mechanical descriptors,» *RITI-UDO,* vol. 2, nº 2, pp. 3-9, 2013.

[20] J. Poveda Arias, «Nuevos abonos a partir de excremento de insectos: el caso del gusano de la harina (Tenebrio molitor),» *Revista Ingeniería y Región,* vol. 19, pp. 1-10, 2018.

Bromatología y composición química elemental del tejido de raíz de *Acacia cornígera.*

L. Nava Montiel[1], A. García-Ceja[1], P. Teczonquila-Cruz[1,] G. G. Bárcena Vicuña[2], J. Ramírez Hernández[2],*
[1]Departamento de Ingeniería en Industrias Alimentarias, Instituto Tecnológico Superior de Venustiano Carranza, Av. Tecnológico s/n, col. El Huasteco, Cd. Lázaro Cárdena, C.P 73049, Puebla., México
[2]Instituto Tecnológico Superior de Atlixco, 74210, Atlixco, Puebla., México
**leonor.nava@vcarranza.tecnm.mx*

Área de participación: *Ingeniería Química*

Resumen

Las plantas son una alternativa para buscar nuevos agentes terapéuticos. En la medicina tradicional mexicana la planta *Acacia cornígera* es utilizada para tratar diferentes enfermedades. El objetivo de estudio fue evaluar la caracterización bromatológica y composición química elemental de la raíz de *Acacia cornígera*. En la primera fase se realizó la colecta de la planta. En la segunda se efectuaron los análisis proximales, se encontraron como resultados los valores: 50.80% de humedad, 2.37% de ceniza, 0.20% de extracto etéreo, 7.41% de proteína y 33.16% de fibra cruda. En la tercera fase se analizó la composición química del tejido, los resultados expresan la concentración total del elemento (mg) presente en base seca (kg), los resultados fueron: 356.613 mg kg^{-1} de minerales, carbón 817730 mg kg^{-1} y 9.301 mg kg^{-1} de oxígeno.

Palabras clave*: bromatológicos, composición, elemento, planta.*

Abstrac

Plants are an alternative to search for new therapeutic agents. In traditional Mexican medicine, the Acacia cornígera plant is used to treat different diseases. The objective of the study was to evaluate the bromatological characterization and elemental chemical composition of the Acacia cornígera root. In the first phase, the plant was collected. In the second, the proximal analyzes were carried out, the following values were found: 50.80% humidity, 2.37% ash, 0.20% ether extract, 7.41% protein and 33.16% crude fiber. In the third phase, the chemical composition of the tissue was analyzed, the results express the total concentration of the element (mg) present on a dry basis (kg), the results were: 356.613 mg kg^{-1} of minerals, coal 817730 mg kg^{-1} and 9.301 mg kg^{-1} of oxygen.

Key words*: bromatological, composition, element, plant.*

Introducción

Las plantas a lo largo de la historia han jugado un papel importante en el desarrollo del ser humano, se han utilizado en la medicina tradicional, principalmente en zonas rurales, como alimento y para aliviar y/o controlar enfermedades, derivado de la reducida capacidad económica que limita el acceso a medicamentos modernos [1], [2], por ello resulta indudable la importancia del uso de la diversidad florística en la sociedad. A través del incesante aprendizaje sobre su uso, se ha generado el conocimiento tradicional de la flora para fines terapéuticos, que sigue vigente en comunidades indígenas y rurales. En la actualidad, países como Perú, Ecuador, Chile, Costa Rica y México se encuentran estudiando la caracterización nutricional de raíces de usos conocidos o potenciales para ser incluidos como cultivos comerciales [3].

México es una región cultural y ecológicamente diversa. Esto explica la gran variedad de especies vegetales con las que cuenta. Se calcula que en México existen entre 25 y 30,000 especies de plantas vasculares [4]. La diversidad biológica está muy relacionada con la diversidad cultural de un pueblo [5], y son las culturas las que

otorgan valor agregado a los recursos naturales que utilizan para satisfacer sus necesidades, tales como: la atención a la salud, alimento, vestido, construcción, medicina, prácticas rituales y religiosas [6].

Las plantas curativas son el medio terapéutico en la medicina tradicional mexicana, en ciertas comunidades al interior de país se siguen aplicando diferentes métodos de curación que incluye prácticas de herbolaria [7], que pueden contribuir en la implementación de planes de salud, que combinen el conocimiento popular de las plantas con el conocimiento científico que se pueda tener de ellas. Entre las plantas empleadas en México con fines terapéuticos destaca la *Acacia cornígera,* conocida coloquialmente como "cornezuelo". La familia Fabaceae, a la cual pertenece ha sido objeto de diferentes estudios fotoquímicos. La importancia de conocer la composición físico-química de las planta permite su utilización de forma racional, con lo que se pueden evitar deficiencias o excesos de nutrimentos. Las posibilidades de fomentar el uso y consumo de la raíz de cornezuelo va a depender del conocimiento que se posea respecto a sus componentes químicos, junto con sus características físicas, nutricionales y funcionales [8], [9].

El presente trabajo contribuye a la evaluación físico- química de la raíz de *Acacia cornígera*, a través del estudio bromatológico y análisis de composición química de tejido, buscando nuevas fuentes que produzcan orientación de su posible uso y aplicación.

Metodología

Recolección y acondicionamiento del material vegetal

La muestra se colectó en la comunidad de Jesús García, del municipio de Venustiano Carranza, Pué., México. La técnica de muestreo utilizada fue la propuesta por el Instituto Nacional de Innovación y Transferencia en Tecnología Agropecuaria (INTA- Costa Rica) en la Guía de Muestreo de Nematodos Fitoparásitos en Cultivos Agrícolas.

Para la recaudación de raíces de la *Acacia cornígera*, se utilizaron sistemas de recolección ecológicos y no destructivos. No se cortó la raíz pivotante o central; se localizaron y alzaron algunas raíces laterales, se eliminó el exceso de impurezas que quedaron adheridos en el menor lapso de tiempo posible. El material vegetal fue depositado en cestos bien aireados y limpios. Posteriormente fueron llevadas al laboratorio de química del Instituto Tecnológico Superior de Venustiano Carranza.

Caracterización físico-química

Los análisis bromatológicos se realizaron en base seca por triplicado, utilizando métodos normalizados.
Para la determinación de humedad, se cortó la raíz fresca en trozos de 5 cm de largo, el análisis se llevó a cabo por método gravimétrico 930.15/90 de la AOAC; para lo cual se utilizó una estufa marca WTB BINDER modelo ED 53.

La determinación de cenizas se realizó por incineración mediante el método 940.26/90 de la AOAC, utilizando una mufla Thermolyne modelo F6000. La raíz fue secada a 110 °C y posteriormente calcinada a una temperatura de 550 °C, hasta que las cenizas quedaron completamente blancas.

Para la determinación de grasa se utilizó el método de la NMX-F-089-S-1978. El contenido de fibra cruda se determinó por la NMX-F-090-S-1978; tomando muestras previamente desengrasadas. La determinación de proteína se realizó por el método NMX-F-068-S-1980.

Evaluación de la composición química elemental de tejido

Para el análisis, la raíz se secó a 40°C, se molió y homogeneizó a un tamaño de partícula de 2 µm. La determinación de la composición química de tejido de raíz se realizó en el Centro Nacional de Innovación y transferencia Tecnológica de Hidalgo, donde se utilizó un Espectrómetro de fluorescencia de rayos X de alta energía y microscopio electrónico de barrido analítico.

Resultados y discusión

Los ensayos para determinar la composición fisicoquímica de la raíz de *Acacia cornígera* se realizaron por triplicado, los resultados obtenidos se muestran en la Tabla 1.

Tabla 1. Componentes bromatológicos de la raíz de *Acacia cornígera.*

Componentes/unidades	Resultados
Humedad (%)	50.8±1.83[2]
Ceniza (%)[1]	2.37±0.39[2]
Extracto etéreo (%)[1]	0.2±0.01[2]
Proteína (%)[1]	7.41±1.09[2]
Fibra cruda (%)[1]	33.16±0.66[2]

[1]Base seca
[2]Desviaciòn estándar

Los resultados se compararon con análisis bromatológicos realizados a las hojas modificadas (espinas) de *Acacia cornígera* encontrados por Nava [9], y al follaje de las especies *Acacia rigidula, Acacia berlandieri, Acacia farnesiana*, encontrados por Pérez [10]. La comparativa se muestra en la Tabla 2.

Tabla 2. Comparativa de los componentes bromatológicos de diferentes Acacias.

Componentes /unidades	Acacia cornígera (hojas modificadas)	Acacia cornígera (raíz)	Acacia rigidula	Acacia berlandieri	Acacia farnesiana
Humedad (%)	14.06	50.8	95.06	94.12	12.32
Ceniza (%)	2.4	2.37	5.59	6.37	3.42
Extracto etéreo (%)	0.626	0.20	--------	--------	1.62
Proteína (%)	27.05	7.41	16.36	19.94	23.87
Fibra cruda (%)	58.36	33.16	41.83	35.29	--------

Como se puede observar en la Tabla 2, la raíz de la especie *Acacia cornígera*, presentó un valor mayor de humedad en comparación con las hojas de la misma especie, mientras que menor en proteína, fibra y extracto etéreo que el reportado por Pérez [10] y Nava [9].

Análisis de composición química de tejido.
Los resultados obtenidos del análisis de la composición química elemental de tejido se muestran en la Tabla 3.

 ISSN 2007-8102

Tabla 3. Composición química elemental de tejido de raíz de Acacia Cornígera.

TEJIDO		Raíz	
ELEMENTO		mg kg^{-1} de tejido seco	mM kg^{-1} de tejido seco
TOTAL		818,095.914	68,092.394
CARBONO	C	817,730.000	68,081.758
OXÍGENO	O	9.301	0.581
MINERALES		356.613	10.055
SODIO	Na	2.870	0.125
MAGNESIO	Mg	12.597	0.518
ALUMINIO	Al	10.462	0.388
SILICIO	Si	24.425	0.870
FÓSFORO	P	48.214	1.557
AZUFRE	S	90.408	2.820
CLORO	Cl	42.053	1.186
POTASIO	K	51.890	1.327
CALCIO	Ca	26.738	0.667
TITANIO	Ti	1.311	0.027
HIERRO	Fe	7.587	0.136
COBRE	Cu	2.837	0.045
ZINC	Zn	1.529	0.023
NÍQUEL	Ni	2.252	0.038
PLATINO	Pt	1.643	0.008
RUBIDIO	Rb	15.468	0.181
ESTRONCIO	Sr	10.018	0.114
TULIO	Tm	1.784	0.011
WOLFRANIO	W	2.530	0.014

El organismo humano precisa el aporte de diversos elementos químicos como nutrientes esenciales presentes en los alimentos, absorbidos y utilizados por distintos órganos y sistemas como elementos estructurales (calcio, magnesio), o para formar hemoglobina (hierro), o bien formando parte de importantes enzimas (zinc, en las fosfatasas alcalinas). De acuerdo a los datos obtenidos del análisis, los cuales se muestran en la Tabla 3. Se puede ver que la raíz de *Acacia cornígera* tiene minerales que son esenciales para el organismo humano.

Los resultados obtenidos de fósforo, calcio y hierro del cornezuelo, fueron comparados con el contenido de estos elementos en algunos alimentos. Las comparativas se muestran en la Tabla 4 y 5.

Tabla 4. Contenido en Ca, P de algunos alimentos comparados con los resultados obtenidos de la raíz de *Acacia cornígera.*

100 g de	Fósforo (en mg)	Calcio (en mg)
Leche entera*	103	124
Frutas (promedio)*	20-50	15-25
Verduras (promedio)*	20-100	60-150
Huevo*	188	56
Raíz de Acacia cornígera	**4.821**	**2.674**

* Adaptado de Cervera 2004 [11].

Tabla 5. Contenido en Fe de distintos alimentos.

100 g de	**Hierro (en mg)**
Leche entera*	0.09
Carne de cerdo (lomillo)*	1.20
Naranjas*	0.5
Huevo*	2.20
Raíz de Acacia cornígera	**0.759**

*Adaptado de Cervera 2004 [11].

En la Tabla 4. Se puede observar el bajo contenido de calcio y fósforo que contiene la planta de estudio, en comparación con los alimentos mencionados.

En la Tabla 5. Se ve el aporte de hierro del cornezuelo, considerando que se recomienda para adultos la ingestión diaria de 1.5 mg hasta un máximo de 4 mg de hierro. Cantidades de 1 mg o incluso algo menores parecen ser, de todos modos, suficientes. Los niños deben ingerir entre 0.5 y 1.5 mg por día, sin sobrepasar los 2.5 mg. Por tanto podemos decir que el aporte de hierro de la planta *Acacia cornígera* es bueno tomando en cuenta la ingesta diaria necesaria y los aportes de otros alimentos.

Trabajo a futuro

Se trabajará el extracto etanólico de raíz de *Acacia cornígera*, con la finalidad de aislar e identificar los metabolitos secundarios presentes en ellos y determinar la capacidad antioxidante.

Conclusiones

La raíz de la especie Acacia cornígera, presentó un valor mayor de humedad y menor en proteína, fibra y extracto etéreo en comparación con las hojas modificadas de la misma especie. Los resultados de los análisis de composición química de tejido dieron como resultado que la raíz de la planta analizada puede ser ingerida como parte de la alimentación ya que no tiene metales pesados de acuerdo a la Legislación del CODEX ALIMENTARIUS de metales pesados.
El aporte de esta investigación da apertura a trabajos futuros que contribuyan a la utilización de la planta Acacia cornígera en la industria alimentaria y farmacéutica.

Agradecimientos

Se agradece al Centro Nacional de Innovación y Trasferencia Tecnológica de Hidalgo, por las facilidades prestadas para el desarrollo del presente trabajo.

Referencias

[1] E. A Lara, E. Fernández, J. M. Zepeda del Valle, D. J. Lara, A. Aguilar y P. Van Damme, “Etnomedicina en Los Altos de Chiapas, México”, Boletín Latinoamericano y del Caribe de Plantas Medicinales y Aromáticas, Vol. 18, no. 1, pp. 42-57, 2019.

[2] L. F. Zambrano, M. P. Buenaño, N. J. Mancera y E. Jiménez, “Estudios etnobotánicos de plantas medicinales utilizadas por habitantes del área rural de la Parroquia San Carlos, Quevedo, Ecuador”, *Rev Univ Salud,* vol. 14, pp. 97-11, 2015.

[3] C.E. Cortés-Castillo, L.M. Quiñones-Méndez y C. Hernández C., *“*Caracterización fitoquímica y bromatológica de Dichapetalum spruceanum vell.affinis planta silvestre de la Orinoquia Colombiana y sus potencialidades de uso”, *Orinoquia*, vol. 14, no. 1, pp. 49-57, diciembre 2010.

[4] J. Caballero, A. Casas, L. Cortés, y C. Mapes, “Patrones en el conocimiento, uso y manejo de plantas en pueblos indígenas de México*”, Estud. Atacameños* (En línea), no. 16, pp. 181-195, 1998.

[5] V. M. Toledo, “Los pueblos indígenas actores estratégicos para el corredor,” *Biodiversitas*, vol. 47, pp. 8–15, 2003.

[6] A. Ríos-Reyes, G. Alanís-Flores y S. Favela-Lara, “Etnobotánica de los recursos vegetales, sus formas de uso y manejo, en Bustamante, Nuevo León,” *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, vol. 44, pp. 1-17, 2017.

[7] M. Contreras León y G. Jarillo Domínguez, “Usos comunes para algunas plantas en México”, *ESTR*, vol. 7, no. 14, pp. 83-85, julio 2020.

[8] M. Canales-Martinez, T. Hernández-Delgado, J. Caballero-Nieto, A. Romo de Vivar-Romo, A. Durán-Díaz, y R. Lira-Saade, “Análisis cuantitativos del conocimiento tradicional de las plantas medicinales en San Rafael, Coxcatlan, Valle de Tehuacán-Cuicatlán, Puebla, México,” *Acta Botánica Mexicana*, vol. 75**,** pp. 21-43, 2006.

[9] L. Nava-Montiel, A. Montiel-Chavez, y A. García-Ceja, A., “Caracterización fisicoquímica y actividad antioxidante de las hojas modificadas (espinas) de Acacia cornígera,” *Coloquio de Investigación Multidisciplinaria*. Vol. 6, pp. 1562-1568, 2018.

[10] M. Á. Pérez Rodríguez, “Valor nutricional foliar de tres especies de Acacia” (tesis de maestría), Facultad de Ciencias Forestales, UANL, Linares, N.L., México, 1997.

[11] P. Cervera, J. Clapés, y R. Rigolfas, *Alimentación y Dietoterapia.* 4ta. Ed. España: McGRAW-HILL, 2004.

Cinéticas de secado y propiedades de color de hojuelas de pera (*Pyrus communis*)

A. Domínguez Niño[1], O. Salgado Sandoval[2], E.C. López Vidaña[3], A.L. César Munguía[2], O. García Valladares[2*]*
[1]Cátedra-CONACYT-Instituto de Energías Renovables. Privada Xochicalco S/N 62580, Temixco, Morelos., México.
[2]Instituto de Energías Renovables. Privada Xochicalco S/N 62580, Temixco, Morelos., México.
[3]Cátedra-CONACYT-Departamento de Ingeniería Sustentable, Centro de Investigación en Materiales Avanzados (CIMAV), Calle CIMAV 110, Ejido Arrollo Seco 34147, Durango, Durango., México
**aldoni@ier.unam.mx*

***Área de participación**: Ingeniería Química*

Resumen

El efecto de las condiciones de secado sobre las propiedades fisicoquímicas de hojuelas de pera fue determinado. Los factores investigados fueron temperatura de secado (50 °C y 60 °C), velocidad de aire (1 $m \cdot s^{-1}$ y 3 $m \cdot s^{-1}$), y adición de ácido ascórbico (concentración entre 0 % y 1 %). Un incremento en el contenido de azúcar fue observado de un valor inicial de 18 °Brix a 36-51 °Brix. La actividad de agua de las muestras de pera fue en el rango de 0.245 a 0.376. Un valor bajo de 3.59 de diferencia de color (ΔE) fue obtenido a 50 °C, 1 $m \cdot s^{-1}$ y 0 % de ácido ascórbico. El más alto valor de tono resultó en muestras de pera secas sin ácido ascórbico de (54.66° a 67.58°). Croma osciló de 16.27 a 21.01 y de 17.64 a 22.09, respectivamente.

***Palabras clave**: Cinéticas de secado, análisis colorimétrico, sólidos solubles, secado de fruta*

Abstract

The effect of the drying conditions on the physicochemical properties of pear slices was determined. The factors investigated were drying temperature (50 °C and 60 °C), air speed (1 $m \cdot s^{-1}$ and 3 $m \cdot s^{-1}$), and addition of ascorbic acid (concentration between 0 % and 1 %). An increment in sugar content was observed from an initial value of 18 °Brix to 36-51 °Brix. The water activity of the pear samples was in the range from 0.245 to 0.376. A low value of 3.59 of color difference (ΔE) was obtained at 50 °C, 1 $m \cdot s^{-1}$, and 0 % of ascorbic acid. The highest hue values resulted in dried pear samples without ascorbic acid from (54.66° to 67.58°). Chroma ranged from 16.27 to 21.01 and from 17.64 to 22.09, respectively.

***Key words**: Drying kinetics, colorimetric analysis, soluble solids, fruit drying*

Introducción

La pera (*Pyrus communis*) es una fruta comúnmente encontrada en zonas templadas, su sabor se ve influenciado por compuestos aromáticos presentes y por su contenido de azúcar. Su pH es principalmente influenciado por los ácidos cítrico y málico y está normalmente en el rango de 2.6-5.4. El color de la cáscara depende de la cantidad y del tipo de pigmentos, los cuales son esencialmente clorofila y carotenoides dando un color verde y amarillo, respectivamente [1]. Esta fruta es frecuentemente comida en forma fresca pero algunas veces es consumida en forma procesada tales como purés, jugos, mermeladas y seca [2]. El municipio de Acambay está localizado en el Estado de México. De acuerdo con el SIAP, [3], Acambay produjo 35, 339.72 toneladas, y en

2019 la producción disminuyó a 20, 967 toneladas. La pera de Acambay generalmente es consumida en forma fresca, bebidas y ha sido conservada en formas tradicionales; sin embargo, una gran cantidad de esta fruta no es utilizada y finalmente es desechada. Las frutas y vegetales son deshidratados para inhibir la actividad enzimática y microbiana. Como resultado de la reducción de la disponibilidad de agua en el material deshidratado, los cambios fisicoquímicos son minimizados durante su almacenamiento; incrementando así su vida de anaquel [4]. El secado con aire caliente es el método más simple y económico para la deshidratación de alimentos. Los secadores de aire caliente pueden proveer temperaturas en el rango de 40 °C a 90 °C, las cuales son favorables para las frutas y vegetales. Los cambios de color se presentan durante el secado debido a reacciones de obscurecimiento en las frutas. Debido a que el color es considerado como uno de los parámetros sensoriales más significativos para la aceptación de un producto, se han desarrollado investigaciones que han reportado cómo afecta el color final en un producto sobre la aceptabilidad y preferencia de los alimentos [5-8]. Se han reportado en la literatura algunos estudios acerca del proceso de secado de pera. Guiné y Castro [9] trabajaron sobre el secado tradicional de cuatro variedades de pera (S. Bartolomé, D. Joaquina, Rocha y Rosa), producidas en Portugal a gran escala. Su estudio evaluó el contenido de humedad y densidad de la pera durante el secado. Alipoorfard [2] realizó un estudio sobre la aplicación de cloruro de sodio para prevenir el obscurecimiento enzimático en hojuelas de pera liofilizadas. Guiné [10] reportó un estudio comparativo de pera deshidratada utilizando diferentes sistemas de estufas solares, secador solar y secador de túnel. Guiné [11] evaluó la influencia de los métodos de secado sobre las propiedades físicas y químicas de pera. Guiné y Castro [12] trabajaron sobre la evolución de la velocidad de secado y concentración de azúcar. Aunque muchos estudios se han realizado sobre la deshidratación de pera, el presente trabajo tiene por objetivo evaluar la influencia de las variables de proceso sobre las cinéticas de secado y parámetros de color de hojuelas de pera.

Metodología

Materia cruda

La pera (*Pyrus communis*) fue obtenida de productores localizados en el municipio de Acambay, del Estado de México. El periodo de cosecha fue de julio a noviembre de 2019. La fruta fue lavada y almacenada a 5 °C antes del proceso de secado. El contenido de humedad inicial de la pera fue de 82.15% base húmeda (b.h.).

Descripción del secador

Se utilizó un secador de convección forzada, el cual fue diseñado, construido y evaluado en el Instituto de Energías Renovables, UNAM, México (Figura 1).

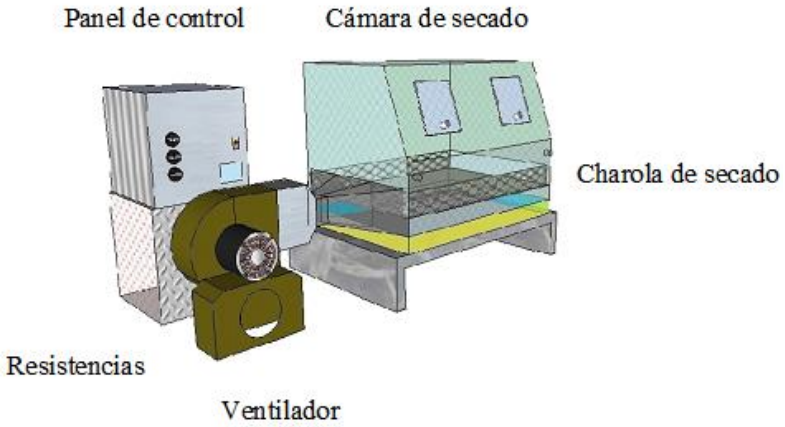


Figura 1. Secador de convección forzada

La cámara de secado está hecha de acrílico transparente. Dentro de la cámara de secado hay una bandeja con un área de 0.35 m^2. El aire puede circular por la parte superior y/o inferior de la bandeja de secado y circula de manera longitudinal por la bandeja de secado hacia el exterior. Para la determinación experimental se utilizaron velocidades de aire de secado de 1 y 3 $m \cdot s^{-1}$. EL ventilador tiene una capacidad máxima de flujo volumétrico de 570 $m^3 \cdot h^{-1}$ y un sistema de calentamiento que consiste de 3 resistencias eléctricas de 1500 W cada uno. Cada resistencia puede funcionar de manera independiente y la temperatura es controlada mediante un PID (controlador proporcional integral derivado) el cual usa como sensor de temperatura un termopar PT 1000 que se encuentra en el difusor de aire entre la cámara de secado y el banco de resistencias. El aire es impulsado por un motor de 1/20 hp acoplado a un ventilador. Las dimensiones del secador son 60 cm x 40 cm x 40 cm.

Métodos analíticos

Una muestra (~3 g) de pera, finamente cortada y distribuida en la charola de aluminio fue utilizada para la determinación de humedad a 105 °C utilizando una termobalanza (OHAUS, MB45 con una sensibilidad de 0.001g). La actividad de agua de las muestras secas fue determinada a temperatura constante (25 °C) mediante un medidor de actividad de agua (Higrolab C1). Las determinaciones fueron realizadas por duplicado.

Procedimiento experimental

Las cinéticas de secado de hojuelas de pera fueron llevadas a cabo entre los meses de noviembre y diciembre de 2019. La preparación de la muestra consistió en hacer cortes con un cortador de acero inoxidable ajustable para obtener muestras de espesor de 4 mm; ancho 60 mm y largo 90 mm. Una muestra de 70 g fue colocada en cada una de las 6 bandejas perforadas de secado. Las muestras fueron pesadas cada 20 min durante las primeras 2 horas y cada 60 min posteriormente hasta lograr un peso constante.

Análisis de secado de hojuelas de pera

Las propiedades de color de las hojuelas de pera fueron determinadas mediante el uso de un colorímetro portable (NR60CP). El equipo fue calibrado con placas blanca y negra. Los parámetros de color fueron determinados por reflectancia y expresados en términos de *L* (luminosidad), *a* (rojo-verde), *b* (amarillo-azul), *H* (tono) y *C* (croma) saturación o intensidad. La diferencia de color (∆E) entre el producto fresco (*MF*) y el seco (*MS*) fue calculada utilizando la ecuación 1 descrita por Luna [13].

$$\Delta E = [(\Delta L)^2 + (\Delta a)^2 + (\Delta b)^2]^{1/2} \quad (1)$$

Donde, *MS*= muestra seca, *MF*= muestra fresca

$$\Delta L = L_{MS} - L_{MF}$$
$$\Delta a = a_{MS} - a_{MF}$$
$$\Delta b = b_{MS} - b_{MF}$$

El contenido de sólidos solubles fue determinado mediante la medición de grados Brix en un refractómetro (WZ-119/ATC) de acuerdo con el método reportado por Dadzie y Orchard [14] el cual consiste en la medición del indice refractivo del jugo de fruta.

Diseño de experimentos

El efecto de las condiciones de operación sobre el secado de pera fue determinado utilizando un diseño experimental 2^3. Los factores estudiados fueron X_1, velocidad de aire (1 $m \cdot s^{-1}$ y 3 $m \cdot s^{-1}$), X_2, temperatura de secado (50 °C y 60 °C), y X_3, concentración de ácido ascórbico (0 % y 1%). El análisis

 ISSN 2007-8102

estadístico se realizó utilizando el software NCSS 2006. Las variables de respuesta fueron el contenido de humedad final (Y_1), actividad de agua (Y_2), diferencia de color (Y_3), luminosidad (Y_4), tono (Y_5), croma (Y_6) y °Brix (Y_7). Siete funciones matemáticas fueron supuestas para Y_k, como se muestra en la ecuación 2.

$$y = f(X_1, X_2, X_3) \quad (2)$$

Un modelo de primer orden de la forma de la ecuación 3 fue utilizado para aproximar la función utilizando la metodología de superficie de respuesta mediante el software Matlab 2020.

$$y = \beta_0 + \sum \beta_i x_i + \sum \beta_{ij} x_i x_j \quad (3)$$

Donde $\beta_0, \beta_i, \beta_{ij}$ son los coeficientes de regresión, de la intersección, interacción lineal y de interacción de los coeficientes, respectivamente, X_i son las variables independientes codificadas.

Resultados y discusión

Cinéticas de secado de hojuelas de pera

La Figura 2 muestra la cinética de secado de rodajas de pera sin ácido ascórbico a 50 y 60 °C. El contenido de humedad inicial osciló entre 5.04 y 6.05 g H_2O g.s.s^{-1} (gramos de sólido seco). Como se ve en la Figura 2, el contenido de humedad disminuye continuamente con el tiempo de secado durante las etapas iniciales, el efecto de la temperatura de secado y la velocidad del aire fue más pronunciado cuando estos factores aumentaron de 50 °C a 60 °C y de 1 m·s^{-1} a 3 m·s^{-1}, respectivamente. El equilibrio del contenido de humedad se alcanzó a los 240 min a 60 °C y 3 m·s^{-1}; 260 min a 60 °C y 1 m·s^{-1}; 320 min a 50 °C y 3 m·s^{-1}; y 390 min a 50 °C y 1 m·s^{-1}. En estas condiciones de secado, el contenido de humedad final en las muestras de pera fue de 0.14, 0.11, 0.14 y 0.13 g H_2O g.s.s^{-1}, respectivamente. Según Tasirin [15] la estabilidad del producto está garantizada cuando el contenido de humedad final es inferior al 10% (base húmeda).

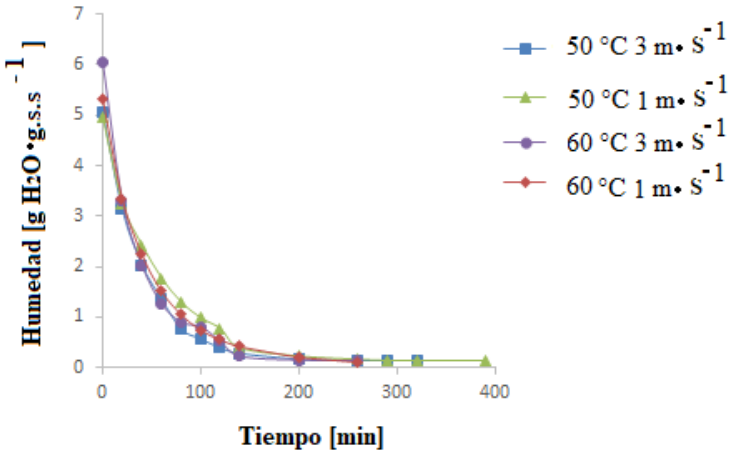


Figura 2. Cinética de secado de hojuelas de pera a 50 °C y 60 °C, 1 m·s^{-1} y 3 m·s^{-1}, sin ácido ascórbico

Por otro lado, la Figura 3 muestra la cinética de secado obtenida para rodajas de pera con ácido ascórbico a 50 °C y 60 °C. En este caso, el equilibrio del contenido de humedad se alcanzó a los 240 min a 60 °C y 3 m·s^{-1}; 260 min a 60 °C y 1 m·s^{-1}; 300 min a 50 °C y 3 m·s^{-1}; y 320 min a 50 °C y 1 m·s^{-1}.

 ISSN 2007-8102

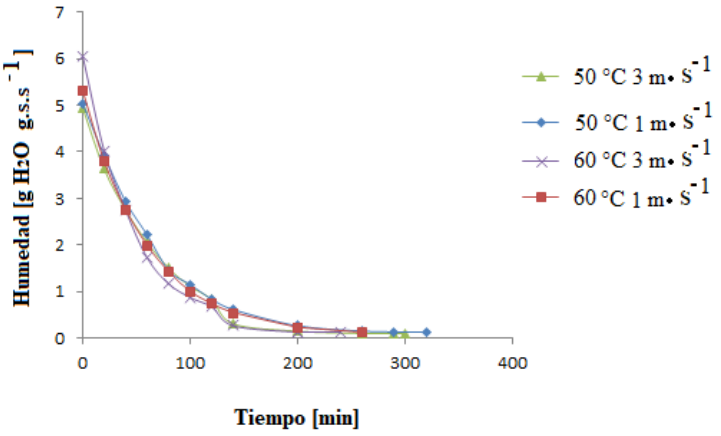


Figura 3. Cinética de secado de hojuelas de pera a 50 °C y 60 °C, 1 m·s^{-1} y 3 m·s^{-1}, con ácido ascórbico

El contenido de humedad final en estas condiciones fue 0.14, 0.11, 0.10, 0.13 g H_2O g.s.s^{-1} (gramos de sólido seco), respectivamente. Según la literatura, el contenido de humedad disminuye con el incremento en la temperatura de secado, el tiempo de secado y la velocidad del aire [16-18].

Actividad de agua

La Tabla 1 muestra los coeficientes de regresión del modelo de primer orden el cual se representa la relación de las variables independientes con las variables de respuesta.

Tabla 1. Coeficientes de regresión de las ecuaciones del modelo de primer orden que representan la relación de las variables independientes

Coeficiente	Contenido de humedad Y_1	Actividad de agua Y_2	ΔE Y_3	Luminosidad Y_4	Tono Y_5	Croma Y_6	°Brix Y_7
b_{k0}	4.65	0.318	10.9	35.2	57.4	18.9*	44.4
b_{k1}	-0.521	-0.0273	1.20	1.19	2.48	-0.261	0.37
b_{k2}	-0.624*	-0.0158*	-0.95	3.45	1.01	-0.978	1.69*
b_{k3}	0.232*	0.0141*	1.94	-0.82	-1.55*	1.46	-0.19
b_{k12}	0.595*	-0.00044	-0.02	-2.77	0.127	-0.418	0.37
b_{k13}	0.241	0.00044	-1.33	-3.75	-1.06	0.372	1.87*
b_{k23}	0.376*	-0.0101	-2.74	1.90	0.251	0.489	-0.94
r^2	0.948	0.998	0.838	0.934	0.998	0.999	0.523

*Significancia al p≤0.05

b_{k0}, b_{ki}, b_{kij} son los coeficientes de regresión, de la intersección, interacción lineal y de interacción de los coeficientes

La Figura 4 muestra el efecto de las variables independientes sobre la actividad del agua de las rodajas de pera secas. El análisis de varianza (ANOVA) indicó que los factores velocidad de aire y concentración de ácido ascórbico afectaron (p≤0.50) la actividad del agua de forma significativa.

 ISSN 2007-8102

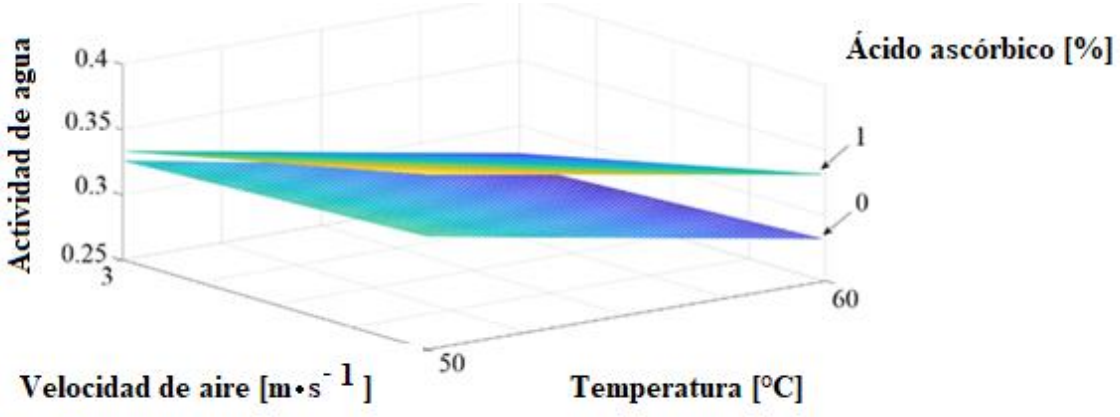


Figura 4. Gráfica de actividad de agua como función de velocidad de aire, temperatura de secado y ácido ascórbico

Como se ve en la Figura 4, la actividad del agua tiende a disminuir ligeramente a medida que la velocidad del aire disminuye de 3 a 1 $m \cdot s^{-1}$ y con un aumento en la temperatura de secado de 50 a 60 °C. A mayor temperatura, la tasa de evaporación del agua es mayor, lo que influye en el contenido de humedad y, en consecuencia, en la actividad del agua en el producto [19]. Además, los valores más altos de actividad de agua se obtuvieron en rodajas de pera sin ácido ascórbico. Como era de esperarse, en estas condiciones, el producto seco tenía el contenido de humedad final más alto. La actividad del agua de las muestras de pera osciló entre 0.245 y 0.376. Según la bibliografía, los mohos xerófilos y las levaduras osmofílicas crecen típicamente entre 0.60 y 0.65 a_w [20]. Por lo tanto, los presentes hallazgos implican que las rodajas de pera secas pueden tener una vida útil más prolongada ya que hay menos agua libre disponible para reacciones bioquímicas [21]. La variación de la actividad del agua durante el secado de las peras realizado en una estufa solar fue reportada por Guiné [11]; el estudio demostró que los valores de actividad del agua estuvieron entre 0.6 y 0.7 durante un tiempo de secado de 77 horas. Por otro lado, López [22] reportaron valores finales de actividad de agua de 0.07 y 0.34 para el secado solar directo e indirecto de muestras de moras**.**

Tono

La Figura 5 muestra el efecto de interacción de la velocidad del aire, la temperatura de secado y el ácido ascórbico en el ángulo de tono de las rodajas de pera secas. Un análisis de varianza (ANOVA) reveló que el ángulo de tono se vio afectado significativamente ($p \leq 0{,}10$) por el ácido ascórbico. La Figura 5 muestra un aumento en el ángulo de tono a medida que la temperatura de secado aumenta de 50 a 60 °C. Gupta [23] durante el secado de los fragmentos de Aonla, de acuerdo con sus resultados, los valores del ángulo de tono aumentaron de 78° a 248° durante el proceso de secado a 60 °C. Los valores de tono más altos dieron como resultado muestras de peras secas sin ácido ascórbico. Por otro lado, el ángulo de tono tiende a disminuir ligeramente a medida que la velocidad del aire disminuye de 3 a 1 $m \cdot s^{-1}$. Los valores del ángulo de tono en muestras de pera sin ácido ascórbico variaron de 54.66° a 67.58° mientras que el ángulo de tono en muestras con ácido ascórbico varió de 53.45° a 61.70°. Según Lawless y Heymann [24], valores altos de ángulo de tono indican menos pardeamiento y viceversa. Esta última observación está de acuerdo con nuestros resultados. Las muestras de pera que mostraron más pardeamiento fueron las que fueron pretratadas con ácido ascórbico. El color de un objeto puede variar en tres dimensiones; es decir, el tono, esto es típicamente a lo que el consumidor se refiere como el color del objeto. Según la literatura, el ángulo de tono se expresa en grados, comenzando desde el eje + a, 0° es rojo, 90° es + b amarillo, 180° es -a verde y 270° es azul [24,25].

 ISSN 2007-8102

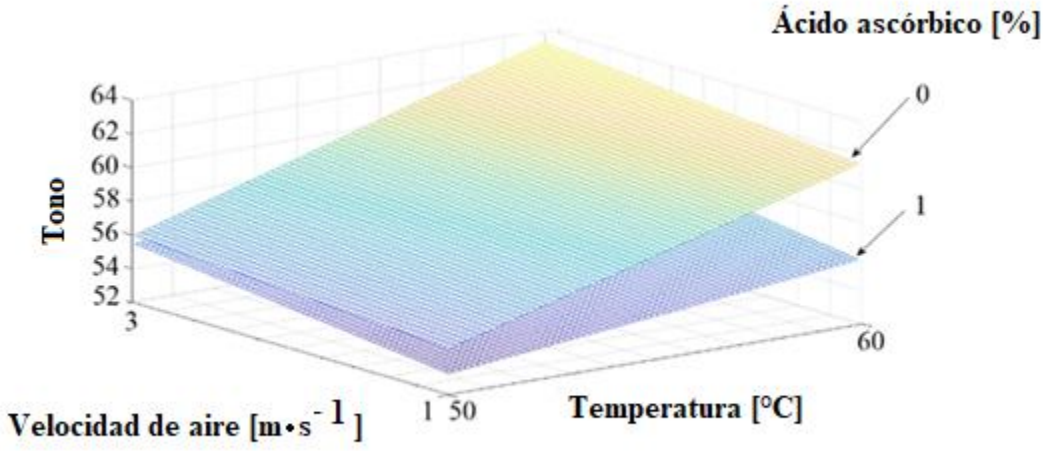


Figura 5. Gráfica de tono como función de velocidad de aire, temperatura de secado y ácido Ascórbico

Trabajo a futuro

Se tiene planeado realizar un estudio comparativo de los procesos de secado solar con los métodos de deshidratación convencionales sobre las propiedades fisicoquímicas de hojuelas deshidratadas.

Conclusiones

El contenido de humedad y los valores de actividad del agua de las rodajas de pera se redujeron para garantizar la estabilidad microbiológica y química. El menor tiempo de secado resultó a 60 °C, 3 m · s^{-1}, al 0 % y al 1 % de concentración de ácido ascórbico. En estas condiciones de secado, el contenido de humedad final en las muestras de pera fue de 0.14 g H_2O g.s.s^{-1} (gramos de sólido seco). El color más cercano al color original de la pera cruda se obtuvo a 50 °C, 1 m·s^{-1} sin ácido ascórbico. La luminosidad aumentó cuando incrementó la velocidad del aire y la temperatura de secado. Esto implicó que el color de las muestras de peras secas se volviera más claro que las muestras iniciales. Las rodajas de pera secas presentaron tendencia a la amarillez y se observó un incremento en el contenido de azúcar desde un valor inicial de 18 °Brix a 36-51 °Brix.

Referencias

[1] R. Guiné, D. Ferreira, M. Barroca, and F. Gonçalves, "Study of the solar drying of pears", *Journal of Fruit Science,* vol. 7, no. 2, pp. 101-118, 2007.

[2] F. Alipoorfard, M. Jouki, H. Tavakolipour, "Application of sodium chloride and quince seed gum pretreatments to prevent enzymatic browning, loss of texture and antioxidant activity of freeze-dried pear slices", *Journal of Food Science Technology,* vol. 57, no. 9, pp. 1-11, 2020.

[3] Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP, 2018). www.gob.mx/siap/acciones-y-programas/produccion-agricola-33119

[4] B. Tlatelpa, M. Rico, G. Urquiza, and M. Calderón, "Obtaining of Crataegus Mexicana leaflets using an indirect solar dryer", *Revista Mexicana de Ingeniería Química*, Vol. 19, no. 2, pp. 669-676, 2020.

[5] N. Izli, and O. Taskin, "Impact of different drying methods on the drying kinetics, color, total phenolic content and antioxidant capacity of pineapple", *CYTA Journal of Food*, vol. *16* no. 1, pp. 213-221, 2018.

[6] N. Tajudin, S. Tasirin, W. Ang, and L. Lim, “Comparison of drying kinetics and product quality from convective heat pump and solar drying of roselle calyx, *Journal of Food and Bioproducts Processing*, vol. 118, pp. 40-49, 2019.

[7] P. Naknaen, R. Maneyam, and A. Onsri, “Effect of partial replacement of sucrose with humectant in the osmotic solution on the characteristics of osmo-dried cantaloupe”, *Journal of Fruit Science*, vol.16, no.3, pp. 225-241, 2016.

[8] S. Shingare, and B. Thorat, “Effect of drying temperature and pretreatment on protein content and color changes during fluidized bed drying of finger millets (Ragi, Eleusine coracana) sprouts”, *Journal of Drying Technology*, vol. 31, no. 5, pp. 507-518, 2013.

[9] R. Guiné, and J. Castro, “Analysis of moisture content and density of pears during drying”, *Journal of Drying Technology*, vol 21, no. 3, pp. 581-591, 2003.

[10] R. Guiné, M. Barroca, and M. Lima, “Comparative study of the drying of pears using different drying systems”, *Journal of Fruit Science,* vol. 11, no. 1, pp. 55-73, 2011.

[11] R. Guiné, “Influence of drying method on some physical and chemical properties of pears”, *Journal of Fruit Science*, vol. 11, no. 3, pp. 245-255, 2011.

[12] R. Guiné, and J. Castro, “Pear drying process analysis: drying rates and evolution of water and sugar concentrations in space and time”, *Journal of Drying Technology*, vol. 20, no. 7, pp. 1515-1526, 2002.

[13] G. Luna, D. Viloria, J. Villegas, M. Salgado, M. Alvarado, and A. Domínguez, “Drying and extraction process of lemongrass (Cymbopogon citratus), *Agrociencia*, vol. 53, no. 3, pp. 447–464, 2019.

[14] K. Dadzie, and J. Orchad, “Guías Técnicas INIBAP”, *Instituto de Recursos Fitogenéticos*, Montpellier, Francia, 1997.

[15] M. Tarisin, I. Puspasari, A. Sahalan, M. Mokhtar, M. Ghani, and Z. Yaakob, “Drying of Citrus sinensis peels in an inert fluidized bed: kinetics, microbiological activity, vitamin C, and limonene determination”, *Journal of Drying Technology*, vol. 32, no. 5, pp. 497-508, 2014.

[16] V. Kumar, R. Tewari, and K. Singh, “Comparative studies of drying methods on yield and composition of the essential oil of Cymbopogon citratus”, *Journal of Essential Oil Bearing Plants*, vol. 18, no. 3, pp. 744-750, 2015.

[17] A. Mujumdar, “Principles, classification, and selection of dryers”, In A.S. Mujumdar (Ed.), *Handbook of industrial drying* (pp. 4-30). CRC Press. 2014)

[18] S. Rahman, “Drying of fish and seafood”, In A.S. Mujumdar (Ed.), *Handbook of Industrial Drying* (pp. 545-555). CRC Press. (2014).

[19] S. Vahidhosseini, E. Barati, and A. Esfahani, “Green’s function method (GFM) and mathematical solution for coupled equations of transport problem during convective drying”, *Journal of Food Engineering*, vol. 187, pp. 24-36, 2016.

[20] J. Troller, and H. Christian, “Water Activity and Food”, (2nd ed). United Kingdom, Academic Press. (1980).

[21] J. Villegas, F. Gómez, A. Domínguez, M. García, M. Salgado, and G. Luna, “Effect of spray-drying conditions on moisture content and particle size of coffee extract in a prototype dryer, *Revista Mexicana de Ingeniería Química*, Vol. *19* no. 2, pp. 767-781, 2020.

[22] E. López, I. Pilatowsky, M. Antonio, O. Navarro, V. Hernández, and U. Santiago, “Solar drying kinetics and bioactive compounds of blackberry (Rubus fruticosus), *Journal of Food Process Engineering*, vol. 42, no. 4, pp. 1-9, 2019.

[23] R. Gupta, P. Kumar, A. Sharma, and R. Patil, “Color kinetics of aonla shreds with amalgamated blanching during drying”, *Journal of Food Properties*, vol. 14, no. 6, pp. 1232-1240, 2011.

[24] H. Lawless, and H. Heymann, H. “Color and appearance”, In T. S. Harry., & H. Hildegarde (Eds.), *Sensory evaluation of food* (pp. 283-299). Springer. (2010)

[25] D. Krishnaiah, R. Nithyanandam, and R. Sarbatly, “A critical review on the spray drying of fruit extract: effect of additives on physicochemical properties”, *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, vol. 54, no. 4, pp. 449-473, 2014.

[26] J. Villegas, M. Calderón, A. Ragazzo, M. Salgado, and G. Luna, “Fluidized bed and tray drying of thinly sliced mango (*Mangifera indica*) pretreated with ascorbic and citric acid”, *Journal of Food Science and Technology*, vol. 46, no. 6, pp.1296-1302, 2011.

Síntesis y Caracterización de TiO_2 y Ag-TiO_2 para uso en fotodegradación de Azul de Metileno

E.V. Luna-Gallegos[1], E. Ramírez-Morales[1], G. Pérez-Hernández[1], M.G. Hernández-Cruz[1] y L. Rojas-Blanco[1].*
[1]Universidad Juárez Autónoma de Tabasco
Avenida Universidad s/n Zona de la Cultura, Colonia Magisterial CP 86690 Villahermosa Centro Tabasco México
lizethrb@gmail.com
***Área de participación**: Ingeniería Química*

Resumen

Se sintetizaron polvos de dióxido de titanio (TiO_2) y Ag-TiO_2 por la ruta sol-gel in situ y sol-gel en dos pasos empleando como precursor de Nitrato de Plata ($AgNO_3$). El análisis estructural se realizó mediante Difracción de Rayos X (DRX), Espectroscopía Ultravioleta-Visible (UV-Vis). La actividad fotocatalítica de TiO_2 y Ag-TiO_2 se evaluó mediante la degradación del Azul de Metileno (AM) bajo irradiación UV. Los resultados muestran la presencia de la fase anatasa, la cual es la fase más estable del TiO_2 y ambas muestras presentan una degradación de entre un 23% a un 25% de la concentración inicial de azul de metileno, sin embargo, la muestra impurificada es la que logra comenzar a degradar más rápido, pero la muestra pura es la que tiene una mejor eficiencia fotocatalitica.

Palabras clave: *Azul de Metileno; compuestos de* Ag-TiO_2*; fotocatálisis; sol-gel.*

Abstract

Titanium dioxide (TiO_2) and Ag-TiO_2 powders were synthesized by the sol-gel in situ and sol gel route in two steps using Silver Nitrate ($AgNO_3$) as precursor. The structural analysis was performed by X-ray Diffraction (XRD) and Ultraviolet-Visible Spectroscopy (UV-Vis). The photocatalytic activity of TiO_2 and Ag-TiO_2 was evaluated by the degradation of Methylene Blue (AM) under UV irradiation. The results show the presence of the anatase phase, which is the most stable phase of TiO_2 and both samples show a significant degradation of methylene blue, however the doped sample is the one that manages to begin to degrade faster, but the pure sample it is the one with the best photocatalytic efficiency.

Keywords: *Methylene blue; Ag-TiO_2 compounds; photocatalysis; sol-gel.*

Introducción

Durante las últimas décadas se han desarrollado estudios basados en procesos de tratamiento para la degradación de contaminantes en aguas residuales; por ejemplo, lodos activados[1], filtros bilógicos[2], lagunas aireadas[3], entre otros; pero dichos procesos no permiten la remoción de compuestos específicos como los colorantes donde la degradación de éstos no es posible debido a su estabilidad y permanencia durante un tiempo prolongado, afectando así a los organismos acuáticos y plantas, entre algunos de los problemas ocasionados se encuentra el crecimiento temprano de algunos vegetales [4], provoca inhibición del crecimiento y la malformación significativas de ojos, cabeza, corazón o intestino de algunos embriones de renacuajos. Otros reportes señalan que provoca cáncer, alergias y efectos dermatológicos [5]. Por todo los daños anteriormente mencionados, se ha considerado el uso de nuevos métodos para el tratamiento de aguas residuales en donde por medio de una reacción fotoinducida acelerada en presencia de un fotocatalizador se lleva a cabo la degradación de compuestos orgánicos [6]. El dióxido de titanio (TiO_2) es uno de los compuestos más utilizados para la degradación de contaminantes orgánicos debido a sus propiedades oxidantes para la degradación de compuestos y contaminantes orgánicos, su facilidad

de producción estabilidad química [7][8]. Debido a que el TiO_2 posee una brecha de energía de aproximadamente 3.2 eV y una rápida recombinación de pares de electrones fotogenerados, se limita severamente la utilización de luz visible. Para aumentar la actividad fotocatalitica se han desarrollado diferentes estrategias como el dopaje con metales, el dopaje con no metales, etc [9], resultando la plata como uno de los metales dopantes más prometedores gracias a su baja toxicidad para las personas, además de mejorar la actividad fotocatalitica de los semiconductores como el TiO_2.

El Ag-TiO_2 ha demostrado un buen funcionamiento con luz visible [10] en estudios, sin embargo, no se ha logrado determinar el porcentaje en peso adecuado que permita un mayor rendimiento fotocatalitico comparado con el TiO_2 puro [11]. Para sintetizar Ag-TiO_2, se han estudiado algunos métodos como: el recubrimiento en polvo de aerosol, la precipitación, la técnica mecanoquímica y la ruta sol-gel [7]. El sol-gel ha sido ampliamente utilizado debido a que con él se pueden controlar las condiciones de la síntesis como la temperatura, pH, temperatura, precursores, las propiedades de los materiales y la composición. En este trabajo se han sintetizado polvos de TiO_2 y Ag-TiO_2 por la ruta de sol-gel con la finalidad de determinar si la impurificación al 10% permite modificar la banda prohibida y con ello mejorar la eficiencia fotocatalítica. Las muestras sintetizadas fueron caracterizadas en su estructura y propiedades ópticas, además que se realizaron pruebas fotocataliticas utilizando uno de las moléculas modelo como es el Azul de Metileno.

Metodología

Síntesis del TiO_2 por sol-gel.

Para obtener el TiO_2 se utilizó la metodología propuesta por Pérez-Jiménez et al., [12] la cual consiste en dos soluciones. La solución A se preparó añadiendo 45 mL de C_2H_6O (J.T Baker), 12.9 mL de $C_{16}H_{36}O_4Ti$ (Sigma- Aldrich, 97%) y 1 mL de HCl (J.T Baker, 36.5 a 38.0%; para la solución B, se utilizaron 2.7 mL de agua desionizada y 10 mL de C_2H_6O. Posteriormente la solución A se mantuvo en agitación constante a temperatura ambiente y se agregó la solución B gota a gota manteniendo el goteo constante durante 15 min, obteniéndose el gel después de 24 h de agitación a 250 rpm. El gel obtenido se llevó a evaporación en baño maría a 70 °C durante 4 h, el producto obtenido se trituro con mortero de ágata hasta obtener unos polvos finos, los cuales se calcinaron en un horno tubular a 400 °C durante 2 h como se muestra en la figura 1.

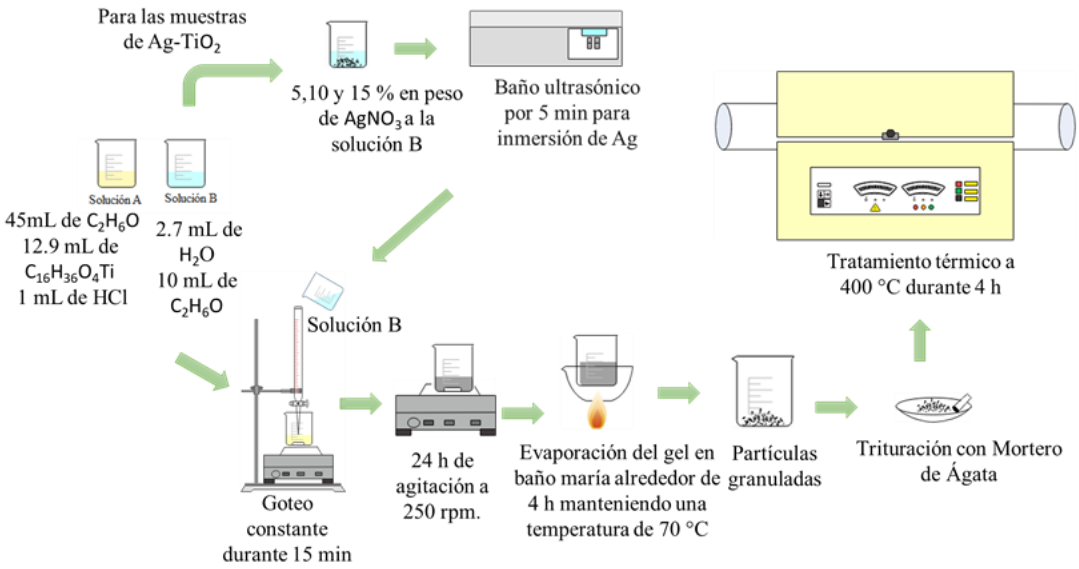


Figura 1. Proceso de síntesis de TiO_2 y Ag-TiO_2 por el método sol-gel.

 ISSN 2007-8102

Síntesis del Ag-TiO_2 por sol-gel.

Estas muestras se prepararon a partir del TiO_2 anteriormente obtenido al cual se añadió una concentración de 10% en peso $AgNO_3$ (J.T Baker, 99.7%) esta concentración fue elegida porque ha demostrado que todos los materiales con plata añadida mostraron una activación de luz visible al aumentar las concentraciones de plata [7], pues un dopante puede actuar beneficiosamente para atrapar electrones, e inician la reacción con moléculas de agua, formando radicales oxidativos para degradar contaminantes orgánicos [13], posteriormente se trituro durante 1 h en un mortero de ágata, y se calcinaron a 400 °C durante 1 h en un horno tubular marca Furnace modelo Brother-1200N.

Degradación del Azul de Metileno.

La actividad fotocatalica del TiO_2 y Ag-TiO_2 se evaluó bajo radiación UV con una lámpara de luz negra de 20 W para la degradación de Azul de metileno. Se preparó una solución madre de azul de metileno con una concentración de 18 mg/L, de los cuales se tomaron 80 mL y se mezclaron con 24 mg del fotocatalizador de TiO_2 o de Ag-TiO_2 10% en peso, esta solución se introdujo en un baño ultrasónico por 30 min para la inmersión del fotocatalizador con la solución. Posteriormente se llevó a agitación en oscuro en un baño ultrasónico y esta primera alícuota fue denominada (T0), después se encendió la lámpara y se mantuvo a una distancia de 13 cm, cabe señalar que por la distancia y la potencia de la lampara, la solución permaneció todo el tiempo a temperatura ambiente. En intervalos de 30 min se tomaban alícuotas, las cuales fueron centrifugadas a 25000 rpm durante 15 min con la finalidad de que la dispersión de polvos no interfiriera en la medición de la absorbancia.

Resultados y discusión

Difracción de rayos X (XRD)

Los difractogramas de los materiales sintetizados fueron obtenido en un difractómetro de marca Phaser Buker, realizando un barrido de 20° a 70° (Ver figura 2).

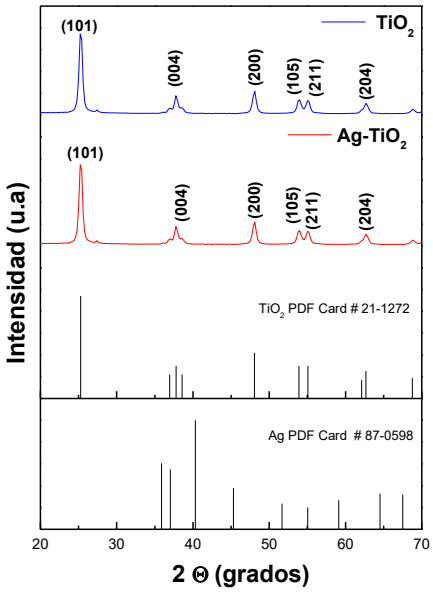


Figura 2. Patrones de XRD de polvos de TiO_2 y Ag-TiO_2.

Como se muestra en la figura 2, el TiO_2, con el PDF Card # 21-1272 corresponde a la fase anatasa del TiO_2 con picos característicos correspondientes a los planos (101), (004), (200), (105), (211) y (204). Por otro lado, se ha colocado el PDF Card # 87-0598 perteneciente a la Plata metálica, se ha colocado para que sea más clara la posición en la que deben ser localizados los planos del metal,

 ISSN 2007-8102

sin embargo, dichos picos (planos) no aparecen en el difractograma de la muestra Ag-TiO_2 lo cual puede ser debido a que el porcentaje con el que se ha impurificado el TiO_2 es muy baja y el nivel de detección de esta técnica de caracterización no logre detectar dicho elemento químico.

Espectroscopía Ultravioleta visible (UV-VIS)

La absorbancia de ambas muestras se midió mediante un equipo de espectrometría de UV- Visible marca SHIMADZU, modelo UV-2006, realizando un barrido de 200 a 900 nm.

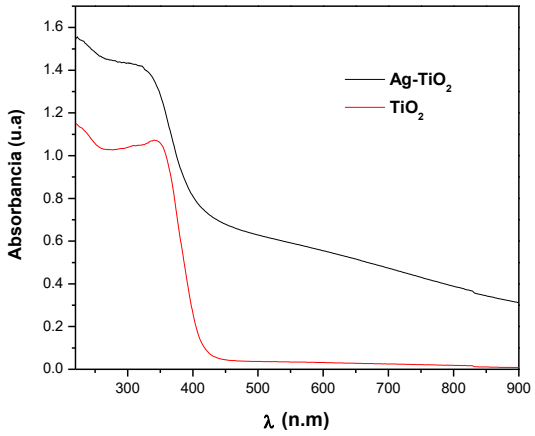


Figura 3. Espectros UV-VIS de polvos de TiO_2 y Ag-TiO_2.

Las propiedades ópticas de las muestras de polvos de Ag-TiO_2 se estudiaron mediante espectroscopia UV-Vis. La figura 3 muestra los espectros de absorción de las dos muestras sintetizadas y de igual manera se presenta (figura 4-a)) el cálculo de la brecha de energía (E_g), mediante a ecuación de Planck-Einstein (Ec.1)[14] :

$$E = \frac{hC}{\lambda} \qquad \text{Ec.1}$$

Donde E es la energía, h es la constante de Planck, C es la velocidad de la luz y λ la longitud de onda. En la figura 4-a) se observa en el ajuste lineal, que la muestra Ag-TiO_2 presenta una disminución de la banda prohibida respecto de la muestra pura, pasando de 2.9 eV a 2.6 eV aproximadamente, mientras que en la figura 4-b) también se observa una diminución de la banda prohibida de 3.00 eV a 2.70 eV pero esta obtenida utilizando la ecuación de Tauc (Ec.2):

$$\lambda h\nu = A(h\nu - E_g)^2 \qquad \text{Ec.2}$$

Donde λ es el coeficiente de absorción, A es una constante, y $n = \frac{1}{2}$ para semiconductores de transición directa. Los valores reportados en la literatura muestran que la banda prohibida del TiO_2 es de 3.2 eV, no obstante, en la interpretación de dicho parámetro debe tenerse en cuenta que son numerosas las variables influyentes en su valor, tales como el tamaño del cristal, tamaño de la partícula, método de síntesis, etc. Lo anterior, es atribuido a que la presencia de Ag hace que se generen nuevos niveles de energía entre la banda prohibida y se genere así una disminución del bandgap.

 ISSN 2007-8102

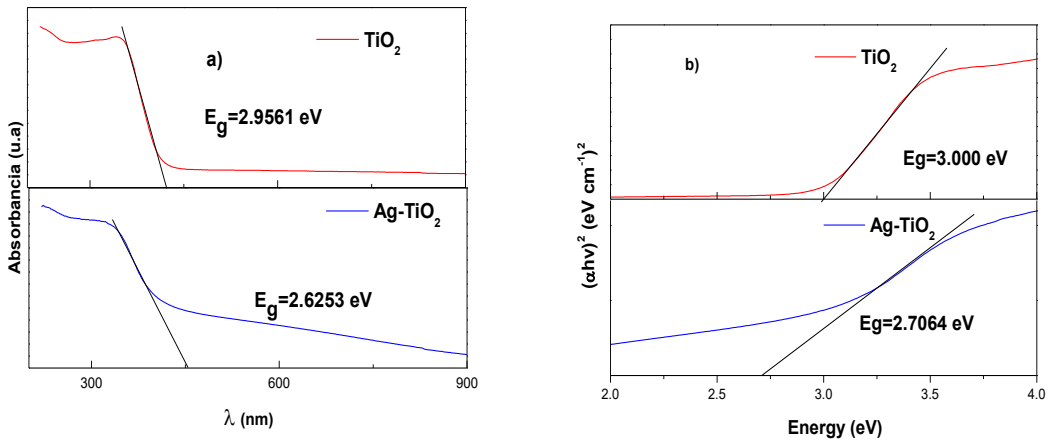


Figura 4. Espectro UV-Vis de las muestras TiO_2 y Ag-TiO_2 y determinación de la brecha de energía por a) ajuste lineal y b) Tauc.

Actividad fotocatalitica

Los espectros de absorción se registraron utilizando un espectrofotómetro UV-Vis y la concentración de azul de metileno en la solución se determinó en función del tiempo de irradiación a partir del cambio de absorbancia a 664 nm correspondiente a la longitud de onda de absorción máxima del azul de metileno. En la figura 5a) y 5b) se presenta la absorbancia del TiO_2 y de la Ag-TiO_2 respectivamente, mostrándose una clara disminución en la concentración.

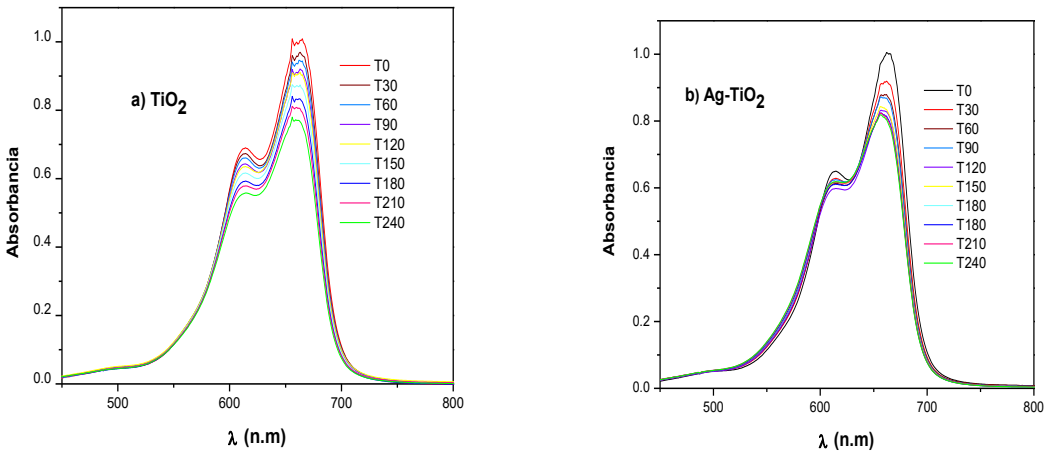


Figura 5. Degradación de Azul de metileno para a) TiO_2 y b) Ag-TiO_2

Los cambios logran ser más fáciles de seguir y comparar en la figura 6 en donde se muestra la gráfica de tiempo vs C/C_0 de las muestras y en donde se observa claramente que las muestras tienen una degradación del 25% y del 20% para el TiO_2 y Ag-TiO_2 respectivamente. Esta degradación del colorante (AM) es atribuida a la generación de pares electron-hueco generada por la Ag, la cual incrementa el valor de la separación de carga e^{-}-h^{+} al disminuir la energía de banda prohibida, lo cual conduce a un retraso en la tasa de recombinación en el TiO_2 [11].

En la figura 6, se observa además que se logra una disminución de la concentración más rápida es la muestra Ag-TiO_2 comparada con la referencia del material puro. Lo anterior está en buen acuerdo con los resultados del cálculo de la banda prohibida, cuyo menor valor era la muestra de Ag-TiO_2,

por lo que se puede decir que los niveles intermedios generados por la Plata contribuyen a una más rápida degradación del contaminante azul de metileno, pero el rendimiento final resulta ser ligeramente mejor en la muestra de TiO_2 puro, debido a que la lámpara utilizada es UV y no tiene emisión en el Visible. Aunque los resultados muestran entre un 20 y un 25% de disminución en la concentración, comparados al 80-90% obtenidos por S. Abbad *et. Al.*, [7] se resalta que en este trabajo se utilizó radiación visible, que la concentración de solución madre utilizada en dicho trabajo es bastante baja (0.03 mg/L) y que la cantidad de fotocatalizador que utilizan que es muy alto (50 mg.) comparado con los parámetros utilizados en este trabajo.

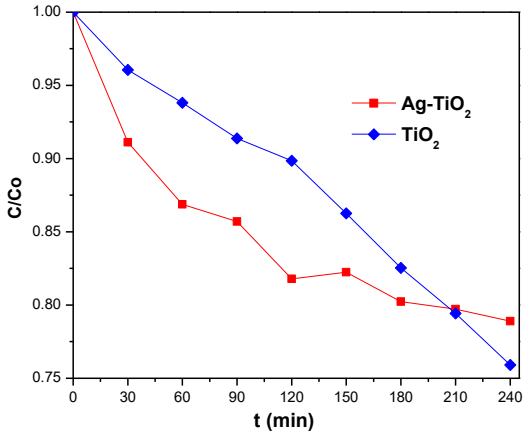


Figura 6. Actividad fotocatalítica de TiO_2 y Ag-TiO_2 bajo irradiación de luz visible.

Trabajo a futuro

Aunque los resultados obtenidos son prometedores, es necesario continuar impurificando con mayores porcentajes de Ag para verificar cual es el porcentaje en peso de dopante optimo en donde se obtiene una mayor disminución de la brecha de energía y un aumento en la velocidad de degradación del Azul de Metileno. Además, al incrementar el porcentaje de Ag será necesario experimentar con una lámpara que cuente con longitudes de onda en el rango del visible para comprobar que el material sintetizado amplía su rendimiento al rango UV-Visible. Para complementar todo lo anterior deberá caracterizarse por XPS para explicar de qué manera se está introduciendo Ag a la red del TiO_2: intersticial o de manera sustitucional.

Conclusiones

Con la realización de este trabajo podemos decir que la adición Plata en un 10% en peso a la estructura de TiO_2 mediante el método sol-gel, permite modificar la brecha de energía (bandgap) de 2.9 eV a 2.6 eV, lo cual es un cambio bastante significativo; dicho cambio, es atribuido a la generación de nuevos niveles en la banda prohibida. La degradación del Azul de metileno para el TiO_2 y Ag-TiO_2 es notoria para ambos materiales, sin embargo, se presentó una degradación más rápida con la muestra impurificada con Plata, lo que puede explicarse por una disminución en la tasa de recombinación de los portadores de carga fotogenerados relacionada con la disminución de la banda.

Referencias

[1] J. Luo, Q. Zhang, J. Zhao, Y. Wu, L. Wu, H. Li, M.Tang, Y. Sun, W. Guo, Q. Feng, J. Cao, and D. Wang. “Potential influences of exogenous pollutants occurred in waste activated sludge on anaerobic digestion: A review,” *J. Hazard. Mater.*, vol. 383, August 2019, p. 121176, 2020, doi: 10.1016/j.jhazmat.2019.121176.

[2] N. Marsidi, H. Abu, and S. R. Sheikh Abdullah, “A review of biological aerated filters for iron and manganese ions removal in water treatment,” *J. Water Process Eng.*, vol. 23, no. October 2017, pp. 1–12, 2018, doi: 10.1016/j.jwpe.2018.01.010.

[3] B. Hammadi, A. A. Bebba, and N. Gherraf, “Degradation of organic pollution aerated lagoons. In an arid climate: the case the treatment plant Ouargla (Algeria),” *Acta Ecol. Sin.*, vol. 36, no. 4, pp. 275–279, 2016, doi: 10.1016/j.chnaes.2016.05.002.

[4] M. Brañez, R. Gutiérrez, R. Pérez, C. Uribe, and P. Valle, “Pollution of aquatic environments generated by textile industry,” *Esc. Univ. Posgrado UNFV, Lima - Perú*, vol. V.XXIII, pp. 129–143, 2018, doi:10.24265/cmpus.2018.v23n26.03

[5] A. Tkaczyk, K. Mitrowska, and A. Posyniak, “Synthetic organic dyes as contaminants of the aquatic environment and their implications for ecosystems: A review,” *Sci. Total Environ.*, vol. 717, p. 137222, 2020, doi: 10.1016/j.scitotenv.2020.137222.

[6] K. G. Pavithra, P.S. Kumar, V. Jaikumar, and P.S. Rajan, “Removal of colorants from wastewater: A review on sources and treatment strategies,” *J. Ind. Eng. Chem.*, vol. 75, no. March, pp. 1–19, 2019, doi: 10.1016/j.jiec.2019.02.011.

[7] S. Abbad, K. Guergouri, S. Gazaout, S. Djebabra, A.Zertal, R. Barille and M.Zaabat, “Effect of silver doping on the photocatalytic activity of TiO_2 nanopowders synthesized by the sol-gel route,” *J. Environ. Chem. Eng.*, vol. 8, no. 3, 2020, doi: 10.1016/j.jece.2020.103718.

[8] H. Liang, Z. Jia, H. Zhang, X. Wang, and J. Wang, “Applied Surface Science Photocatalysis oxidation activity regulation of Ag /TiO_2 composites evaluated by the selective oxidation of Rhodamine B,” *Appl. Surf. Sci.*, vol. 422, pp. 1–10, 2017, doi: 10.1016/j.apsusc.2017.05.211.

[9] K.S. Varma, R.J. Tayade, K.J. Shah, P.A. Joshi, A.D. Shukla, and V.G. Gandhi, “Photocatalytic degradation of pharmaceutical and pesticide compounds (PPCs) using doped TiO_2 nanomaterials: A review,” *Water-Energy Nexus*, vol. 3, pp. 46–61, 2020, doi: 10.1016/j.wen.2020.03.008.

[10] M.P. Nikhila, D. John, M.R. Pai, and N.K. Renuka, “Cu and Ag modified mesoporous TiO_2 nanocuboids for visible light driven photocatalysis,” *Nano-Structures and Nano-Objects*, vol. 21, p. 100420, 2020, doi: 10.1016/j.nanoso.2019.100420.

[11] M.C. Nevárez, P.J. Espinoza, F.J. Quiroz, and B. Ohtani, “Fotocatálisis: inicio, actualidad y perspectivas a través del TiO_2,” *Av. en Química*, vol. 12, no. 3, pp. 45–59, 2017, [Online]. Available: www.saber.ula.ve/avancesenquimica.

[12] L.E. Pérez, J.C. Solis, L. Rojas, G. Perez, O.S. Martinez, R.C Palomera, F. Paraguay, I. Zamudio, and E. Ramirez ,“Enhancement of optoelectronic properties of TiO_2 films containing Pt nanoparticles,” Result Phys., vol.12, February,pp.1680–1685, 2019, doi: 10.1016/j.rinp.2019.01.046.

[13] D. Chen, Y. Cheng, N. Zhou, P. Chen, Y. Wang, K. Li, S. Huo, P. Cheng, R. Zhang, L. Wang, H. Liu, Y. Liu, and R. Ruan, “Photocatalytic degradation of organic pollutants using TiO2-based photocatalysts: A review,” *J. Clean. Prod.*, vol. 268, p. 121725, 2020, doi: 10.1016/j.jclepro.2020.121725.

[14] F. Servín, E. Ramirez-, M. Solano, G. Pérez, R. Ramirerez, and L. Rojas, “Estudio de las propiedades morfologicas, estructurales y ópticas del TiO_2 dopado con cromo.,” *Jurnual Energy, Eng. Optim. Sustaninabiliyt*, vol. 3, pp. 23–30, 2019, doi: 10.19136/Jeeos.a3n3.3188.

Propiedades térmicas y estructurales de películas compuestas por gelatina, montmorillonita y ácido tánico

J. Solorza Feria[1], D. Rodrigue[2], I. G. Ruiz Martínez[1],*
[1]Instituto Politécnico Nacional, CEPROBI. Km 6 Carretera Yautepec-Jojutla, Calle Ceprobi 8, Col. San Isidro. C.P. 62731. Yautepec, Morelos, México.
[2]Department of Chemical Engineering and CERMA, Université Laval, Quebec City, QC, G1V 0A6, Canada
**jsolorza@ipn.mx*

***Área de participación**: Ingeniería Química*

Resumen

A las formulaciones básicas de gelatina bovina (M1, M2 y M3), se les adicionó ácido tánico y nanoarcillas (montmorillonita), mientras que las muestras M4C, M5C y M6C fueron sus controles (sin ácido tánico ni nanoarcilla). Todas fueron sometidas a extrusión-calandrado para obtener peliculas. Estas se analizaron por termogravimetria de 45 hasta 800 °C. Ademas, se analizaron mediante espectroscopía infrarroja por transformada de Fourier (FTIR) en el modo de transmitancia entre 800 y 3800 cm^{-1}. Se confirmó la naturaleza de reticulación de las formulaciones tratadas ya que se obtuvo una menor pérdida de peso al transcurrir la prueba. Sin embargo, en general, las interacciones complejas entre los parámetros examinados permitieron definir cierta tendencia para los dos grupos de muestras de películas. Los espectros de FTIR mostraron que varios tipos de grupos químicos participaron en las diferentes interacciones, tanto por efecto de las formulaciones de las muestras (control y tratadas) como el efecto del proceso de calandrado.

***Palabras clave:** compositos, análisis térmico, estructura, gelatina.*

Abstract

Basic bovine gelatin formulations M1, M2 and M3 with tannic acid and nanoclays (montmorillonite) were added, while samples M4C, M5C and M6C were their corresponding controls (without tannic acid or nanoclay). All were subjected to extrusion-calendering to obtain films. These were analyzed by thermogravimetry from 45 to 800° C. They were also analyzed by Fourier transform infrared spectroscopy (FTIR) in transmission mode between 800 and 3800 cm^{-1}. The crosslinking nature of the treated formulations was confirmed since a lower weight loss was obtained after the test. However, in general the complex interactions between the examined parameters allowed to define a certain trend for the two groups of film samples. The FTIR spectra showed that several types of chemical groups took part in the different interactions, both due to the effect of the sample formulations (control and treated) and the effect of the calendering process.

***Key words**: composites, thermal analysis, structure, gelatin.*

Introducción

Los materiales de empaque son usualmente elaborados a partir de compuestos derivados del petróleo [1]. De aquí que se requiere para la obtención de estos materiales recurrir a fuentes naturales, amigables al medio ambiente con el fin de evitar la contaminación, como son los polisacáridos, las proteínas y los lípidos. Como ejemplo, los materiales poliméricos naturales en formulaciones a base de proteínas, tienen una larga historia en el envasado de alimentos y de recubrimiento. La gelatina, es un polimero resultante de la hidrólisis del colágeno animal, utilizado ampliamente en la industria alimentaria y farmacéutica por sus propiedades favorables [2]. Previo a la obtención de materiales de empaque, se deben efectuar estudios sobre los componentes que constituyen estos materiales, como lo son las filminas, laminillas, placas y películas. La gelatina es muy versátil debido a su estructura química, teniendo la capacidad de formar compositos o materiales compuestos por grupos hidroxilos formando puentes de hidrogeno, como son los

componentes polifenólicos naturales derivados de plantas que pueden actuar como plastificantes interactuando con macromoléculas biológicas, dando en consecuencia un mejoramiento en las propiedades funcionales de los materiales constituidos por gelatina [3]. Además, para mejorar las propiedades físicas de los biopolímeros, la adición de nanopartículas han sido efectivas para producir materiales mediante el procesamiento por extrusión, cuyo objetivo es pasar por varias etapas que involucran calor, produciendo una masa fundida que sale del extrusor través de un troquel estrecho. La extrusión tiene un efecto directo en la estructura de los materiales resultantes, tanto en la orientación molecular, como en la fase dispersa partículada (compositos) [4]. Por tanto, es conveniente efectuar estudios de las propiedades térmicas y estructurales en productos resultantes que se relacionan con la composición de estos materiales. En este trabajo se propone evaluar las propiedades térmicas mediante el análisis termogravimétrico y el perfil estructural por la aplicación de la espectroscopia por infrarojo en materiales compositos extrudidos (películas) de gelatina bovina.

Metodología

Materiales

Nanoarcilla (la montmorillonita Cloisita de sodio), de Southern Clay Products, EE. UU., gelatina bovina tipo B de Bertheleth, Canadá., ácido tánico (Alfa Aesar, EE. UU.) y glicerol (grado analítico, Sigma-Aldrich, EE. UU.) . Se usó agua desionizada para preparar diversas formulaciones de gelatina [5].

Preparación de las peliculas

La concentración de cada componente (g/100g de mezcla o formulación), se basó en seis formulaciones desarrolladas en un trabajo anterior siguiendo la metodología de Solorza-Feria [5], ajustando los contenidos de sus componentes como se señala en la Tabla 1. Además de los componentes básicos, a las muestras M1, M2 y M3 procesadas por extrusión-calandrado, se les adicionó ácido tánico y nanoarcillas (montmorillonita) y por simplicidad, se denominaron como las muestras tratadas, mientras que las muestras M4C, M5C y M6C fueron sus controles correspondientes (sin ácido tánico ni nanoarcilla) también sometidas a extrusión, denominadas un segundo grupo. Se utilizó un extrusor de doble husillo co-rotativo de 16 mm de diámetro Polylab OS (Thermo Haake Electron Corporation, Alemania) con una relación L/D de 25 y una velocidad de tornillo de 75 rpm. El perfil de temperatura de acuerdo a la zona del extrusor fueron 70, 80, 90, 90, 90 y 90 °C usando un troquel circular de 2.5 mm. En seguida se granularon las formulaciones (Modelo SJ-100, Sanyuan, China), y a continuación se sometieron a un segundo procesamiento (calandrado), con un perfil de temperatura de 75, 80, 90, 90, 90, 90 y 95 °C, seguido pasando por dos rodillos, obteniendo los materiales compositos como muestras de películas.

Tabla 1. Formulaciones (% en peso) utilizadas para las muestras producidas por extrusión-calandrado.

Muestra	Ácido tánico	Montmorillonita	Glicerol	Agua	Gelatina
M1	5	10	15	10	60
M2	5	10	20	10	55
M3	5	10	15	15	55
M4C	0	0	15	10	75
M5C	0	0	20	10	70
M6C	0	0	15	15	70

M1 - M3 = formulaciones tratadas, M4C - M6C = formulaciones control

Caracterización de las propiedades térmicas de las películas de gelatina

Se utilizó un analizador termogravimétrico (Q5000, TA Instruments, EE. UU.) siguiendo el método sugerido por Hoque [6], donde se tomó previamente una charola de platino a peso constante para

realizar todas las mediciones. Se pesaron aproximadamente de 4 a 10 mg de muestra y se calentaron desde 45 hasta 800 °C a una velocidad de calentamiento de 5 °C/min para lograr una calcinación total de la muestra. Se hizo circular nitrógeno puro a una velocidad de 20 ml/min a través del horno para mantener una atmósfera inerte. También, se calculó con el software del equipo, la primera derivada del análisis termogravimétrico (DTGA) contra la temperatura. Todas las mediciones se realizaron por triplicado (n = 3).

FTIR con transformada de Fourier

Las muestras se analizaron mediante espectroscopía infrarroja por transformada de Fourier (FTIR) después de siete días de preacondicionamiento en gel de sílice (humedad relativa cercana al 0%) para la eliminación de agua en el material. Los espectros se analizaron utilizando un espectrofotómetro Spectrum-One (Perkin-Elmer, EE. UU.). Este dispositivo está equipado con un accesorio UTAR (reflectancia atenuada total universal). Los espectros se determinaron en el modo de transmitancia entre los números de onda 800 a 3800 cm^{-1} con una resolución de 2 cm^{-1} (mínimo de 20 exploraciones). Se hicieron tres repeticiones.

Resultados y discusión

Analisis termogravimétrico (TGA)

Los perfiles de peso en función de la temperatura para las formulaciones obtenidas por calandrado se muestran en las Figuras 1a y 1b (la 1ª derivada de pérdida de peso). Todas las muestras presentan perfil inicial casi plano (platea) de 50 a 140 °C, con menos del 5% de pérdida de peso que se asocia con la ruptura de enlaces de hidrógeno inter e intramoleculares con evaporación de agua adsorbida y ligada. Luego, se observan dos etapas principales de descomposición, el primero es rápido hasta 220 °C y está relacionado principalmente con la degradación del glicerol [7], mientras que el segundo es un punto de inflexión hasta 440 °C. Este intervalo de temperatura (220-440 °C) está relacionado con la ruptura de la estructura helicoidal de la gelatina, así como con la ruptura de los enlaces peptídicos [8] [9]. La mayoría de las pérdidas de peso se encuentran en este intervalo de temperatura. La tendencia a alcanzar la estabilidad por encima de 400 °C no indica clara relación con las formulaciones ya que, a 440 °C, las películas compuestas de las formulaciones del grupo control (M6C) y grupo tratado (M2, con ácido tánico-montmorillonita) procesadas por calandrado mostraron perfiles similares, pero diferente pérdida de peso (65.87 y 65.49%, respectivamente) en comparación con M4C (control) y M3 (grupo con ácido tánico-montmorillonita) mostrando 80.15 y 79.52% de pérdidas de peso, respectivamente. De manera similar, M1 (grupo tratado) tuvo una menor pérdida de peso (68.68%) que M5C (control) (76.55%) a la misma temperatura. Se puede observar que, a excepción del control M6C, los materiales de las formulaciones adicionadas con ácido tánico-nanoarcillas, presentaron menores pérdidas de peso que sus controles correspondientes. Esta tendencia se observó al comienzo de la degradación de la matriz proteica por encima de 200 °C. Las altas temperaturas pueden incluso favorecer reacciones de reticulación entre grupos hidroxilo y ácido carboxílico formados por los derivados polifenólicos (escisión del ácido tánico) en películas compuestas de formulaciones del grupo tratado. Wang [7] estipularon que el pico de degradación de la montmorillonita o del compuesto ácido tánico-montmorillonita se observó alrededor de los 590 °C que desapareció en todas sus películas, sugiriendo una combinación bifásica de nanocompuestos binarios basados en proteínas. Esto es consistente con los resultados de este trabajo porque, aunque las muestras con adición de ácido tánico-nanoarcilla, mostraron una pérdida de peso menor que las muestras compuestas controles, su perfil tenía una forma similar a la temperatura mencionada anteriormente. Por el contrario, a excepción de M6C que terminó con una masa residual mayor que M3 (800 °C) siendo 25.84 y 13.61%, respectivamente, las películas de las formulaciones M1 (24.11%) y M2 (26.1%) mostraron residuos más altos que sus controles. M4C (13,95%) y M5C (16,53%). Una masa residual más baja podría ser un indicio de que se establecieron interacciones más débiles en tales sistemas, también está relacionada con una estabilidad térmica menor, pero, temperaturas de degradación y masa residual similares, deberían estar relacionadas con estructuras de materiales semejantes, lo que también implica interacciones aquivalentes. Como era esperado, los perfiles de

 ISSN 2007-8102

las derivadas (Figura 1b) concuerdan con los cambios señalados en las curvas de las pérdidas de peso, siendo ambos perfiles complementarios. Se han reportado valores de masa residual de aproximadamente 20% y 30% para los sistemas de gelatina y taninos-gelatina respectivamente [10], siendo consistentes con los pesos residuales observados en la Figura 1a. Nuthong [11] encontraron un aumento de la estabilidad térmica como resultado de la adición de un reticulante fenólico (ácido cafeico) en películas a base de proteína de plasma porcino.

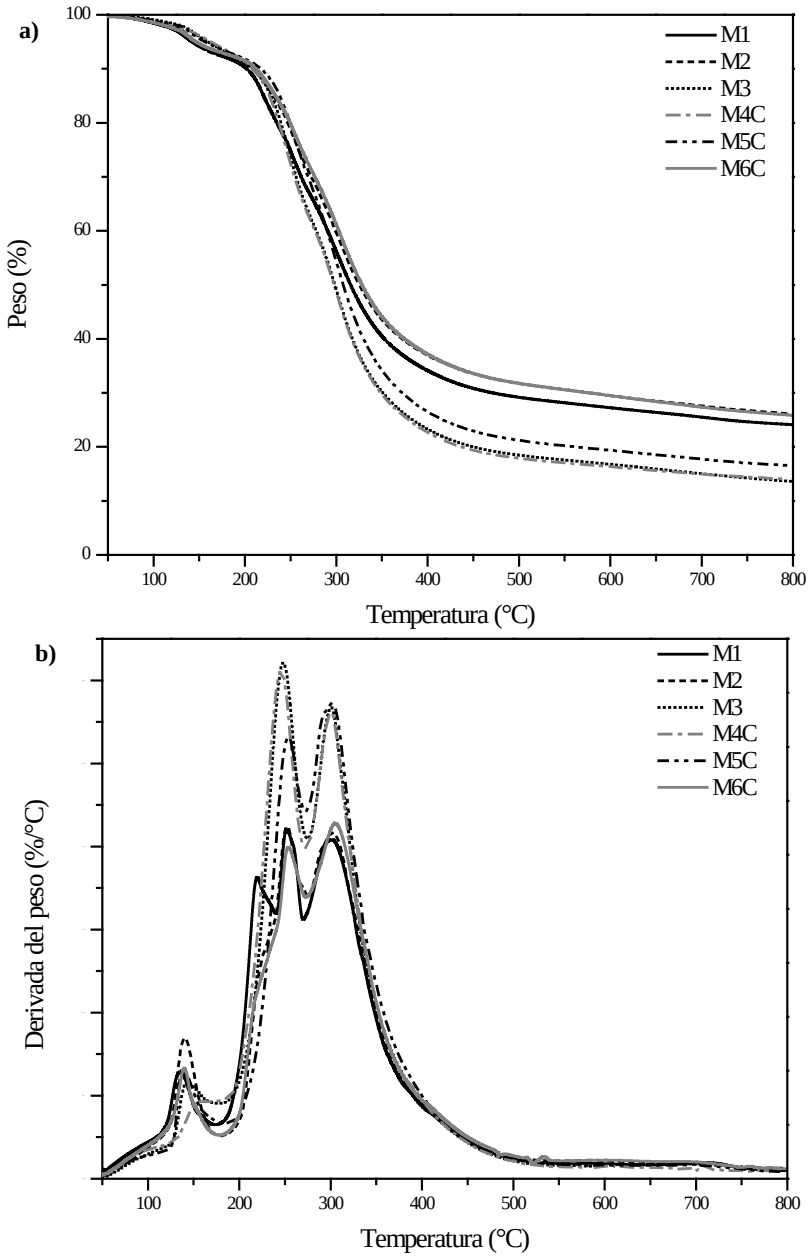


Figura 1. Resultados de TGA para las muestras producidas por extrusión calandrado: a) perfil de peso y b) 1ª derivada del peso.

Espectroscopía infrarroja por transformada de Fourier (FTIR)

La espectroscopia infrarroja por transformada de Fourier (FTIR), proporciona información sobre los grupos funcionales y los enlaces o interacciones moleculares de los componentes químicos.
Por lo tanto, suministra información útil sobre las estructuras químicas [6]. Es de esperarse que se detecten señales tanto de las especies estructurales de los componentes individuales al conformar

 ISSN 2007-8102

las formulaciones, como de las interacciones resultantes durante el procesamiento al producir la película. La Figura 2a presenta en general los espectros FTIR entre el intervalo de los números de onda 835 a 4000 cm^{-1} de las películas compuestas obtenidas por calandrado, mientras que, para dicernir mejor la interpretacion del espectro, la Figura 2b, se enfoca en el intervalo de 835 a 1300 cm^{-1}, necesario por el hecho de que en este ultimo intervalo las señales mostraron la tendencia a estar aglomeradas o juntas. Se observa que en general, todas las muestras de película

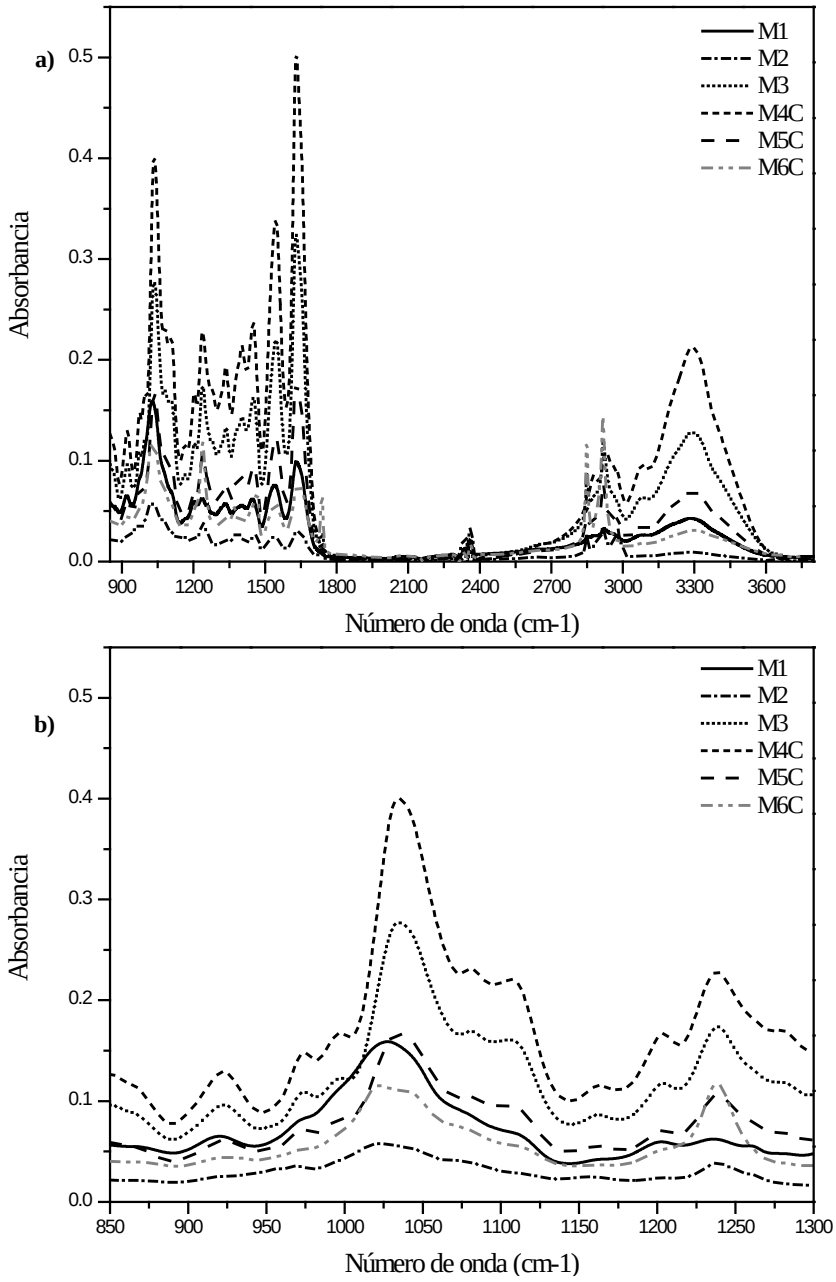


Figura 2. Espectros FTIR de las muestras producidas por calandrado: a) espectros completos y b) espectros de intervalo reducido.

presentaron espectros (bandas) similares en general, pero se pueden observar algunas diferencias en la intensidad de la absorbancia a varios números de onda (Figuras. 2a y 2b). Andreuccetti [12] encontraron que los espectros FTIR de sistemas similares (películas a base de gelatina) que contienen Yucca Schidigera producidos mediante extrusión-calandrado, extrusión-soplado y

fundición eran semejantes. Esto sugiere que diferentes métodos de procesamiento, pudieran generar enlaces o interacciones equivalentes entre los compuestos (proteínas) con plastificantes (glicerol) y materiales de refuerzo (nanoarcilla), en un intervalo de composición química similar.

Considerando los picos más relevantes en los espectros FTIR (entre 800 y 1800 cm^{-1}), a excepción de la diferencia entre M6C (control) que mostró la menor intensidad de sus señales, la M3 presentó bandas más pronunciadas, la intensidad de las señales parece estar estrechamente relacionada con las formulaciones, porque se obtiene una mayor absorbancia para las películas control en comparación con las tratadas, que tienen ácido tánico y nanoarcillas (ej. M4C respecto a M1 y M5C respecto a M2). Además, las muestras que tenían un 20% de glicerol (M2 y M5C) mostraron una menor absorbancia en comparación con aquellas teniendo un menor contenido de glicerol (M4C y M3). Las bandas alrededor de 1675 cm^{-1} están relacionadas con la amida I (estiramiento por el grupo funcional carbonilo, C = O) y amida II (modos de flexión por NH y estiramiento por el grupo CN), mientras que se atribuyen a la vibración oscilante de los enlaces en los grupos CH_2 y COO^- alrededor de 1450 cm^{-1} [2]. Andreuccetti [12] reportaron que las bandas alrededor de 1630-1660 cm^{-1} corresponden a estructuras espirales aleatorias, mientras que a 1660 cm^{-1}, hay una contribución de la estructura de triple hélice, tanto de la hélice α como de la hélice β encontradas en una proteína como la gelatina. Las bandas a 1830 cm^{-1} estan asociadas probablemente a grupos carbonilo (C = O), que surgen de la formación de enlaces de hidrógeno intermoleculares entre ácido tánico (grupo -CO) y gelatina (grupo -OH), porque, a excepción del control M6C, solo las películas tratadas con ácido tánico-nanoarcilla (M1 a M3) presentan estas bandas [13].

La banda a 1237 cm^{-1}, que se ve en las muestras M4C, M3, M5C y M1 (Figura 2b), posiblemente se desplazan ligeramente a 1245 cm^{-1} en M6C y M2 en la misma figura, pero todas estas señales pudieran estar relacionadas con la amida III, que consta de componentes en modo estiramiento de CN, y la flexión en el plano del NH de los enlaces amida, así como la absorción que proviene de las vibraciones de los grupos CH_2 de la glicina en la cadena principal y de la prolina en las cadenas laterales, ambos de la gelatina [12]. La presencia de las bandas de amida I y amida II, indican la presencia de enlaces o interacciones de hidrógeno entre los átomos de hidrógeno como parte de los enlaces peptídicos de gelatina y los átomos aceptores, como el oxígeno de los grupos -OH y los Si-O-Si libres en la nanoarcilla montmorillonita como lo describen Martucci y Rusekaite [1], asi como originando probablemente el grupo silano (OH-Si).

Estas interacciones de enlace de hidrógeno pudieran contribuir a reforzar la estructura de la película, mejorando su resistencia mecánica. Las principales bandas de absorción de glicerol se observan en la región de 990-1050 cm^{-1} y están relacionadas con las vibraciones de los enlaces C-C y C-O de este compuesto [14]. Shin [15] reportaron un máximo de absorción a 1045 cm^{-1} en películas, atribuido a la nanoarcilla, aunque en este trabajo no se observó ninguna banda precisamente en ese numero de onda, pero se presentó una señal a aproximadamente 970 cm^{-1}, y excepto para M3, donde se observó una pequeña banda, para las otras dos muestras tratadas (M1 y M2), se observó la señal muy pequeña en esa proximidad; posiblemente por el traslapamiento con la banda usualmente emitida por el glicerol en esa region, debido a diferencias en concentración entre los dos componentes (nanoarcilla y glicerol), sin descartar la interacción entre estas dos especies, con cierto predominio por los valores mínimos del mencionado intervalo en que se presenta la señal del glicerol. Autores como He [16] han reportado que las interacciones entre proteínas y polifenoles como el ácido tánico, pueden involucrar enlaces de hidrógeno (péptidos con ácido tánico) y enlaces covalentes (péptidos, ácido tánico, glicerol), así como enlaces iónicos (nanoarcilla o MMT) e hidrofóbicos (péptidos, ácido tánico, glicerol), lo cual es consistente con los resultados de este trabajo.

Trabajo a futuro

Se sugiere correr separados los espectros de FTIR en las distintas etapas durante el análisis termogravimétrico, para definir las diferentes interacciones que se dan entre los componentes de los grupos de los materiales compositos o películas estudiadas.

Conclusiones

El análisis TGA confirmó la naturaleza de reticulación de algunas formulaciones ya que se obtuvo una resistencia térmica mejorada, es decir, menor pérdida de peso al transcurrir la prueba. Sin embargo, en general, las interacciones complejas entre los parámetros examinados permitieron definir cierta tendencia clara para cada grupo de muestras de películas compuestas, aunque se necesitaría investigar para comprender tales interacciones. Los espectros de FTIR mostraron bandas de prácticamente todos los integrantes de los sistemas compositos, como son las relacionadas con las nanoarcillas y la interacción del ácido tánico con la matriz de proteínas a través de enlaces de hidrógeno inter e intra, así como enlaces cruzados. Estas interacciones también son responsables de las diferencias observadas en las señales emitidas por las peliculas de gelatina producidas. Finalmente, los espectros FTIR muestran que varios tipos de grupos químicos participan en las diferentes interacciones, tanto dentro de las formulaciones de las muestras (control y tratadas) como el efecto del proceso de calandrado.

Agradecimientos

Gracias al Instituto Politécnico Nacional en Mexico (COFAA, EDI, SNI) a través de la Secretaria de Investigacion y Posgrado, así como al Sr. Yann Giroux por su gran apoyo en el laboratorio.

Referencias

[1] J.F.Martucci and R.A. Ruseckaite, "Biodegradable bovine gelatin/Na^+-montmorillonite nanocomposite films. structure, barrier and dynamic mechanical properties," *Polymer-Plastics Technol Engineering,* vol.49, pp. 581-588, 2010.

[2] I. Yakimets, N. Wellner, A.C. Smith, H.W. Reginald, I. Farhat and J. Mitchell, "Mechanical properties with respect to water content of gelatin films in glassy state," *Polymer*, vol.46, no. 26, pp. 12577-12585, 2005.

[3] X. Zhang, M.D. Do, Casey P, A. Sulistio, G.G. Qiao, L. Lundin, P. Lillford and S. Kosaraju, " Chemical modification of gelatin by a natural phenolic cross-linker, tannic acid,". *Journal of Agricultural and Food Chemistry,* vol.58, no. 11, pp. 6809-6815, 2010.

[4] A. Mohebbi, F. Mighri, A. Ajji, and D. Rodrigue, "Current Issues and challenges in polypropylene foaming: a review, " *Cellular Polymers,* vol. 34, no.6, pp. 281-320, 2015.

[5] J. Solorza-Feria, M. A. Ortiz-Zarama, A. Jimenez-Aparicio, D. Rodrigue,"Production and characterization of fully biobased foamed films based on gelatin," *Cellular Polymers*, vol. 39, no.2, pp.69–97, 2020.

[6] M.S. Hoque, S. Benjakul and T. Prodpran, "Effects of partial hydrolysis and plasticizer content on the properties of film from cuttlefish *(Sepia pharaonis*) skin gelatin,". *Food Hydrocolloids,* vol. 25, no. 1, pp.82-90, 2011.

[7] Z. Wang, H. Kang, W. Zhang and J. Li, "Improvement of interfacial interactions using natural polyphenol-inspired tannic acid-coated nanoclay enhancement of soy protein isolate biofilms, " *Applied Surface Science,* vol. 401, pp. 271-282, 2017.

[8] C. Peña, K. de la Kaba, A. Eceiza, R. Ruseckaite and I. Mondragon, "Enhancing water repellence and mechanical properties of gelatin films by tannin addition." *Bioresource Technol*ogy, vol.101, no.17, pp. 6836-6842, 2010

[9] A. Tanioka, K. Miyasaka and K. Ishikawa, "Reconstitution of collagen fold structure with stretching gelatin film, " *Biopolymers*, vol.15, no. 8, pp. 1505-1511, 1976.

[10] J.F. Martucci, A. Vazquez, and R.A. Ruseckaite, "Nanocomposites based on gelatin and montmorillonite. Morphological and thermal studies, " *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry*, vol. 89, no. 1, pp.117-122, 2007.

[11] P. Nuthong, S. Benjakul, and T. Prodpran, "Characterization of porcine plasma protein-based films as affected by pretreatment and cross-linking agents, ". *International Journal of Biological Macromolecules,* vol. 44, no.2, pp. 143-148, 2009.

[12] C. Andreuccetti, R.A. Carvalho, T. Galicia-García, F. Martinez-Bustos, R. Gonzalez-Nuñez and C.R.F. Grosso, "Functional properties of gelatin-based films containing yucca schidigera extract produced via casting, extrusion and blown extrusion processes: A preliminary study." *Journal of Food Engineering,* vol.113, no.1, pp. 33-40, 2012.

[13] B. Zhou, X. Hu, J. Zhu, Z. Wang, X. Wang and M. Wang, " Release properties of tannic acid from hydrogen bond driven antioxidative cellulose nanofibrous films. *International Journal of Biological Macromolecules,* vol. 91, pp.68-74, 2016.

[14] J. Uranga, I. Leceta, A.E. Etxabide, P.Guerrero, K. de la Caba, "Cross-linking of fish gelatins to develop sustainable films with enhanced properties," *European Polymers Journal,* vol. 78, pp. 82-90, 2016.

[15] S.H. Shin, S.J. Kim, S.H. Lee, K.M. Park.and J. Han, "Apple peel and carboxymethylcellulose-based nanocomposite films containing different nanoclays,". *Journal of Food Science,* vol.79, no.3, pp. E342-E353, 2014.

[16] L. He, C. Mu, J. Shi, Q. Zhang, B. Shi and W. Lin, "Modification of collagen with a natural cross-linker, procyanidin." *International Journal of Biological Macromolecules*, vol. 48, no.2, pp. 354-359, 2011.

Morfología y cristalinidad de películas de gelatina y ácido tánico con nanoarcillas

J. Solorza Feria[1], D. Rodrigue[2], I. G. Ruiz Martínez[1],*
[1]Instituto Politécnico Nacional, CEPROBI. Km 6 Carretera Yautepec-Jojutla, Calle Ceprobi 8, Col. San Isidro. C.P. 62731. Yautepec, Morelos, México.
[2]Department of Chemical Engineering and CERMA, Université Laval, Quebec City, QC, G1V 0A6, Canada
**jsolorza@ipn.mx*

***Área de participación**: Ingeniería Química*

Resumen

Se elaboraron películas mediante extrusión con nueve formulaciones conteniendo todas gelatina, agua y glicerol. Tres películas contenían además ácido tánico y montmorillonita (nanoarcilla), otras tres películas controles sin ácido tánico ni nanoarcilla.Otras tres solo contenían ácido tánico. La morfología se caracterizó por microscopía electrónica de barrido y la cristalinidad por difracción de rayos X. El efecto nucleante o formación de celdas o poros causado por la adición de nanoarcillas, condujo a películas que tenian un mayor número de celdas más pequeñas pero con mayor densidad de poros y densidad de nucleación que las películas control y las que solo contenian ácido tánico. Las películas mostraron un pico a 2θ = 8 °. Este pico relacionado con el diámetro de triple hélice de la gelatina y su intensidad asociado con el contenido de la triple hélice en las películas. Las nanoarcillas cambiaron la estructura por variación del patrón de difracción de las películas en mayor medida que el ácido tánico.

***Palabras clave**: películas, extrusión, caracterización, gelatina.*

Abstract

Films were made by extrusion with nine formulations all containing gelatin, water and glycerol. Three films also contained tannic acid and montmorillonite (nanoclay), another three namely control samples without tannic acid or nanoclay, three more contained only tannic acid. The films morphology and crystallinity were characterized by electron microscopy and diffraction respectively. Nucleating effect or the formation of cells or pores caused by the addition of nanoclays, led to films having a higher number of smaller cells but with a higher pore density and nucleation density than the control films and those that only contained tannic acid. All films showed a peak at 2θ = 8 °. This peak was related to the triple helix diameter of gelatin and its intensity associated with the content of the triple helix in the films. Nanoclays changed the fimls' structure by varying their diffraction pattern to a greater extent than tannic acid.

***Key words**: films, extrusion, characterization, gelatin.*

Introducción

La gelatina, polímero soluble en agua, es una proteína producida por la hidrólisis del colágeno animal, que se ha utilizado ampliamente en aplicaciones farmacéuticas, alimentarias y médicas debido a sus varias propiedades favorables. Para mejorar las propiedades y la resistencia al agua de los materiales basados en proteínas, pueden ser necesarias modificaciones estructurales[1] [2]. La obtención de películas a partir de gelatina es un método relativamente sencillo. Es bien sabido que las propiedades de las películas dependen no sólo de la matriz del polímero, sino también de la estructura de sus diferentes componentes. De aquí que el estudio de sus muestras por microscopía electrónica de barrido (SEM) es importante para obtener una imagen completa de la morfología dentro del material [3]. Durante el procesamiento por extrusión de polímeros como la

gelatina, se puede obtener una estructura porosa, las propiedades se modifican usando un tipo apropiado de polímero o incorporando agentes de expansión. De esa manera se puede tener una estructura sólida o porosa [4]. Además, la cristalinidad juega un papel importante en la determinación del comportamiento de los polímeros. El grado de cristalinidad, una medida de la cantidad de polímero que se incorpora en las regiones cristalinas, se puede estudiar con técnicas como la medición de la difracción de rayos X (XRD) y la espectroscopía infrarroja. El grado de cristalización en termoplásticos semicristalinos es importante en la determinación de las propiedades finales del material compuesto estructural [5].
Se ha reportado que los compuestos fenólicos naturales derivados de plantas interactúan con las proteínas, lo que lleva a una mejora de las propiedades en los materiales a base de gelatina [6]. Además, para mejorar las propiedades físicas de los biopolímeros, se ha demostrado que la adición de nanopartículas es efectiva. La mayoría de los agentes plastificantes utilizados deben su efecto positivo sobre la flexibilidad durante la produción de materiales compositos, películas y placas, por sus grupos hidroxilos que interactúan con los polímeros. Por ejemplo, los compuestos polifenólicos como el ácido tánico pueden actuar como plastificantes debido a que sus grupos hidroxilos pueden formar enlaces de hidrógeno con los grupos carbonilos de las proteínas. Sin embargo, los informes sobre el efecto plastificante de los compuestos polifenólicos puros en los materiales de base biológica procesados por extrusión son muy escasos [7]. Por lo tanto, vale la pena estudiar las interacciones que relacionan los diferentes componentes en la composición de materiales, relacionados con la morfología y la cristalinidad de estos, que se sabe están relacionadas tanto a sus propiedades funcionales como térmicas. De aquí que el objetivo fue analizar la morfología y los patrones de difracción de rayos X de películas de gelatina obtenidas por extrusión adicionadas con ácido tánico y montmorillonita.

Metodología

Materiales

Para llevar a cabo este estudio los materiales utilizados fueron: nanoarcillas (la montmorillonita Cloisita de sodio), adquirida de Southern Clay Products, EE. UU., gelatina bovina tipo B de Bertheleth, Canadá., ácido tánico (ACS, Alfa Aesar, EE. UU.) y glicerol (grado analítico, Sigma-Aldrich, EE. UU.) . Se usó agua desionisada en todas las formulaciones.

Producción de películas

Cada constituyente se basó en tres formulaciones en gramos de cada componente/100g total de mezcla, ajustando los contenidos básicos de glicerol, agua y gelatina (Tabla 1). Estas cantidades se derivaron de resultados previos de Ortiz-Zarama [8], quienes ensayando esas cantidades obtuvieron exitosamente películas por el método por vaciado en placa.

Tabla 1. Formulaciones (% p/p) usadas para muestras de películas producidas por extrusión-calandrado

Muestra	Ácido tánico	Montmorillonita	Glicerol	Agua	Gelatina
M1	5	10	15	10	60
M2	5	10	20	10	55
M3	5	10	15	15	55
M4	0	0	18	10	72
M5	0	0	22	10	68
M6	0	0	17	15	68
M7	5	0	17	10	68
M8	5	0	22	10	63
M9	5	0	16	15	64

M1 a M3 = formulaciones adicionadas con ácido tánico y nanoarcillas, M4 a M6 = formulaciones control, M7 a M9 = formulaciones adicionadas con ácido tánico.

En este trabajo, con estas formulaciones se produjeron películas extrusión-calandrado. Además de los componentes básicos mencionados, a las muestras denominadas M1, M2 y M3 se les adicionó además ácido tánico y nanoarcillas (montmorillonita), mientras que las muestras M4, M5 y M6 denominadas sus controles correspondientes no fueron adicionadas de ácido tánico y nanoarcilla. A continuación, las muestras denominadas M7, M8 y M9 fueron las formulaciones básicas con adición de solo ácido tánico. Las muestras del grupo 1 se conformaron por M1 a M3, los controles correspondientes o grupo 2 fueron M4 a M6, y grupo 3 las M7 a M9. Se utilizó un extrusor de doble husillo co-rotativo de 16 mm de diámetro Polylab OS (Thermo Haake Electron Corporation, Alemania) y una velocidad de tornillo de 75 rpm para obtener compuestos homogéneos. El perfil de temperatura se fijó a 70, 80, 90, 90, 90 y 90 °C. El material luego se granuló (Modelo SJ-100, Sanyuan, China). Para obtener las películas, los gránulos se alimentaron al mismo extrusor mencionado con un perfil de temperatura de 75, 80, 90, 90, 90, 90 y 95 °C, en un sistema por extrusión-calandrado de dos rodillos [9].

Tabla 2. Propiedades morfológicas de las películas producidas por extrusión-calandrado. *

Muestra	Número de poros (n)	Diámetro promedio de poro (μm)	Densidad de poro (NF) (celdas/cm^3)	Densidad de Nucleación (No) (celdas/cm^3)
M1	797	8.1	$2.66x10^6$	$1.07x10^7$
M2	1373	7.4	$3.51x10^6$	$1.41x10^7$
M3	812	8.6	$2.26x10^6$	$9.13x10^7$
M4	511	12.1	$8.08x10^5$	$3.26x10^6$
M5	174	16.0	$3.52x10^5$	$1.42x10^6$
M6	258	18.7	$2.19x10^5$	$8.86x10^5$
M7	70	11.3	$8.94x10^5$	$3.97x10^6$
M8	122	15.5	$3.88x10^5$	$1.56x10^6$
M9	207	8.00	$3.52x10^5$	$1.42x10^6$

*** M1 a M3 = formulaciones adicionadas con ácido tánico y nanoarcillas, M4 a M6 = formulaciones control, M7 a M9 = formulaciones adicionadas con ácido tánico.**

Microscopía y difractometría de las películas

Para caracterizar la morfología de las películas se utilizó un microscopio electrónico de barrido o SEM (*Scanning Electron Microscope*) JSM-840A (JEOL, USA) a 15 kV, a bajo vacío mediante electrones retrodispersados a una presión de trabajo de 20 bars. Las películas se fracturaron utilizando nitrógeno líquido con el objeto de observar la sección transversal o área seccional de las películas. Esta área seccional de cada película fue recubierta a vacío con oro-paladio y las observaciones se hicieron a una magificacion de 100X, 150X. Mediante el análisis de imágenes, se obtuvo el número de poros (celdas) y el área de poros (celdas) para cada imagen. La densidad de poros (NF) representa el número de poros o celdas/cm^3 y se calculó usando el número de poros (n) en una micrografía que tiene un área (A) en cm^2, según lo informado y discutido por Gosselin y Rodrigue [10]. El procesamiento de imágenes se realizó usando el programa Imagen J versión de software 1.39 (National Health Institute, USA) obteniendo los parámetros de la Tabla 2. La difracción de rayos X de las muestras calandradas (M1 a M9) se realizó utilizando un difractómetro de rayos X Miniflex 600 (Rigaku, EE. UU.) que funciona a 40 kV y 15 mA, con un anticátodo de cobre de longitud de onda $\lambda k\alpha$ = 0.154 nm, con detector de alta velocidad DTEX ultra. La velocidad de exploración fue de 3 grados/min a un ritmo de exploración de 0.01 a 25 °C. La intensidad de difracción se midió de 3 a 70 ° en 2θ. La cristalinidad se evaluó de la suma de las áreas de los máximos cristalinos [11].

Resultados y discusión

Morfología de las películas

 ISSN 2007-8102

La morfología tomada por SEM de las películas de gelatina obtenidas por calandrado se muestra en la Figura 1. Todas las micrografías fueron tomadas en su sección transversal (100X), para comparar con la vista lateral o de perfil. En las muestras producidas a partir de las formulaciones del grupo 1 (M1 a M3) se observa un mayor número de celdas o poros que todas las demás muestras, las películas M2 y M3 tienen respectivamente 72.3% y 2% respectivamente, más celdas o poros que M1 (Tabla 2). También se puede ver que M2 no solo muestra el mayor número de celdas o poros, sino que también muestra la morfología más homogénea. Se puede observar que se obtiene una morfología más uniforme a partir de las formulaciones del grupo 1 (M1 a M3) que las de los controles (M4 a M6), donde se observa un menor número de celdas o poros. Estas tendencias podrían estar relacionadas con la mayor densidad celular, la densidad de nucleación y los tamaños de celda más pequeños para las formulaciones del grupo 1, principalmente relacionadas con el efecto de nucleación de las nanoarcillas, siendo consistente con los conceptos señalados por Mahallati y Rodrigue [3]. Las muestras de las formulaciones de solo ácido tánico (M7 a M9) muestran números de celdas o poros más bajos que las películas controles (M4 a M6), siendo hasta 7.3, 1.43 y 1.25 veces mayor en estas últimas películas, respectivamente.

El tamaño de celda o poro de las muestras calandradas sigue una tendencia similar a la observada antes (Tabla 2). Para las películas de las formulaciones del grupo 1 (M1 a M3), se observa que M3 tiene el diámetro de poro más grande, seguido de M1 y M2 que tiene los poros más pequeños. Esto es consistente con los resultados de la densidad celular donde M2 muestra los valores más altos, seguido de M1 y M3. Con respecto a las películas control, presentan tamaños de celda más grandes que los de todas las demás muestras, independientemente de su tratamiento.

Los tamaños de celdas o poros más grandes se observan en M6, seguidos de M5 y M4, presentando una mayor densidad de poros y de nucleación siguiendo una tendencia inversa (M4>M5>M6). Para las películas que tienen ácido tánico en su formulación, se presentan dos casos: mayor diámetro de poro que las muestras con adición de ácido tánico-nanoarcillas, pero con menor densidad de poros y de nucleación. Los tamaños de las celdas o poros muestran que las muestras sin un agente reticulante (ácido tánico) y un agente nucleante (nanoarcilla) produjeron un tamaño de poro mayor [3].

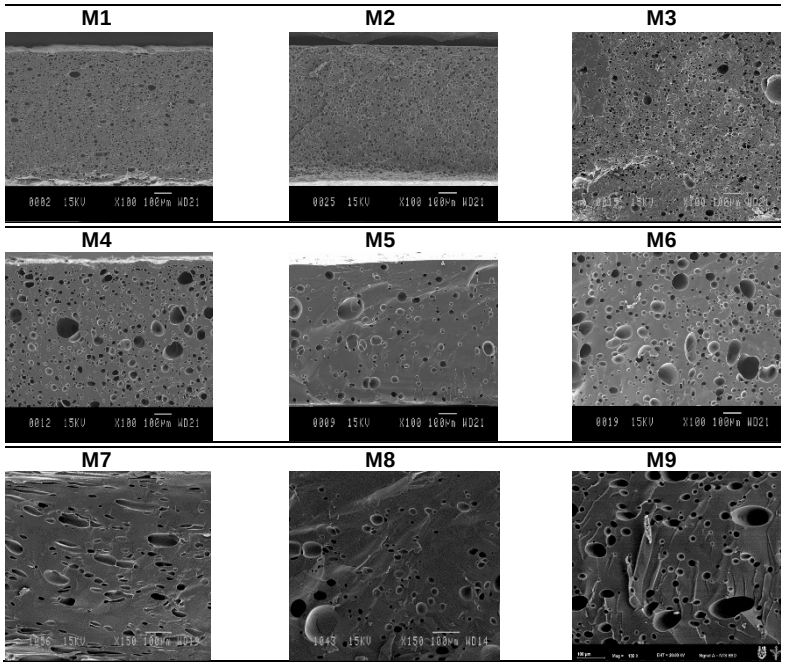


Figura 1. Micrografías típicas (vistas en sección transversal) obtenidas por microscopía electrónica de barrido (100X, 150X, 15kV) de las muestras producidas por extrusión-calandrado.

 ISSN 2007-8102

Además, se observan claras diferencias entre las películas de ácido tánico y nanoarcillas con aquellas adicionadas con solo ácido tánico. Cuando se agrega un agente nucleante como montmorillonita a las formulaciones con ácido tánico, se observa un efecto aditivo ya que las películas obtenidas presentan un mayor número de poros con menor diámetro pero mayor densidad de celdas y de nucleación. Se ve que el efecto nucleante, causado por la adición de nanoarcillas, conduce a películas que tienen un mayor número de celdas o poros más pequeñas con mayor densidad de poros y densidad de nucleación que las películas control y las que solo tienen ácido tánico (Tabla 2). Nuevamente, parece ocurrir un efecto aditivo entre las nanoarcillas combinadas con ácido tánico [3], [10], [12].

Cristalinidad de las películas

La gelatina bovina de tipo B utilizada para fabricar las películas en este estudio mostró un patrón de difracción de rayos X característico de un material parcialmente cristalino (Figura 2), con un máximo amplio (pico) de absorción ubicado en 2θ = 20 °. Según autores como Sifuentes-Nieves [11] yTanioka [13.], este pico indica la reconstitución de la estructura de triple hélice de la proteína. Todas las películas también mostraron un pico de aproximadamente 2θ = 8 °. Este máximo está relacionado con el diámetro de la triple hélice y su intensidad también se puede asociar con el contenido de la triple hélice en las películas.

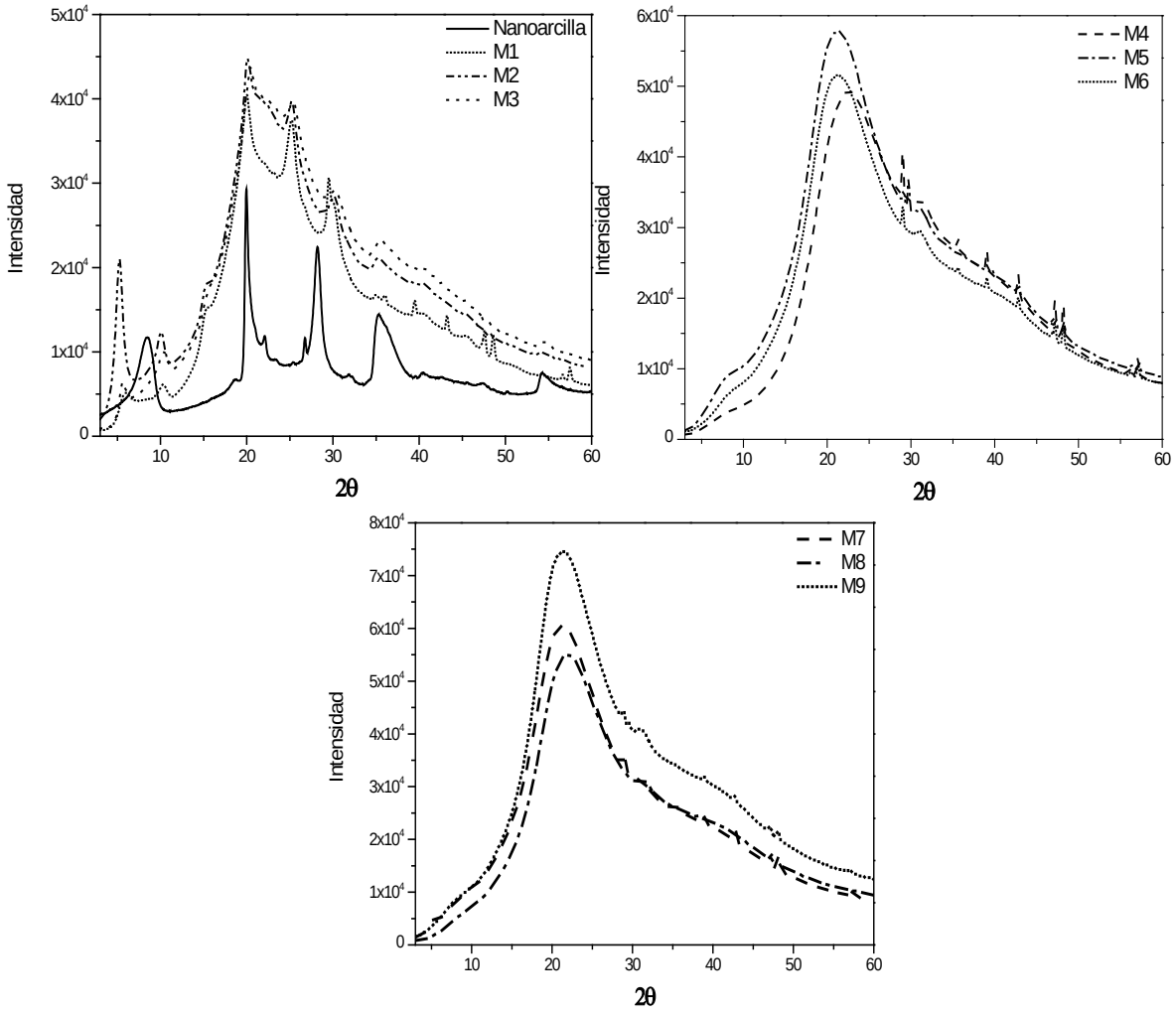


Figura 2. Difracción por rayos X de las películas procesadas por extrusión-calandreo

Las películas preparadas con gelatina, ácido tánico y nanoarcilla (M1 a M3), muestran gelatina cristalina con los mismos picos típicos relacionados con la estructura de triple hélice de la gelatina,

ubicada en las regiones alrededor de 2θ = 6 ° y 2θ = 20 °[11]. Se observaron algunas diferencias con respecto a los controles (M4 a M6) y las muestras tratadas con ácido tánico (M7 a M9). En muestras control y muestras tratadas con solo ácido tánico, alrededor de 2θ = 30°, se observaron picos adicionales por adición de nanoarcillas a 2θ =10°, 14.4°, 27.22° y 55°. Las películas hechas de las formulaciones control sin ácido tánico ni nanoarcilla (M4 a M6) con grados de cristalinidad de 80, 80 y 79%, respectivamente, exhibieron un pequeño pico a aproximadamente 2θ = 8 °. Con un pico intenso a 2θ = 23.3 °, típico de la gelatina cristalina y estos picos característicos están relacionados con la triple hélice. La triple hélice es un polipéptido resultante de la estructura cristalina del colágeno. Se pueden ver otros máximos o picos alrededor de 2θ = 30°, 33.3°, 37.7°, 40.0°, 43.9°, 48.9° y 50.0°. Las placas de gelatina y ácido tánico (M7, M8 y M9), con un grado de cristalinidad de 80, 78 y 80% respectivamente, también muestran los picos de gelatina típicos a 2θ = 8 ° e incluso un pico más intenso a 2θ = 23.3 °, aunque también se ven pequeñas señales alrededor de 2θ= 30 ° hasta 2θ =50.0 °, igual a los grados mencionados anteriormente para las películas control, siendo la principal diferencia entre la intensidad de las señales a los valores más altos que muestran estas muestras (Figura 2).

Trabajo a futuro

Se recomienda la obtención de micrografías de las películas estudiandas a resoluciones más altas, para definir la distribución de sus diferentes componentes. Así mismo, es conveniente efectuar el estudio de los cambios estructurales y la cristalinidad de las películas con el tiempo en condiciones controladas.

Conclusiones

Aunque las nanopartículas crean una gran cantidad de sitios de nucleación que conducen a altas densidades poros o celdas y de nucleación, los tamaños de las celdas o poros son más grandes que la nanoescala, debido probablemente al crecimiento de las celdas y alguna posible coalescencia de estas celdas. Sin embargo, el efecto del ácido tánico y las nanopartículas en la distribución del tamaño de las celdas o poros fue notoria.

Los perfiles de Rayos X de todas las películas mostraron un pico a aproximadamente de 2θ = 8 °. Este máximo está relacionado con el diámetro de la triple hélice de la gelatina y su intensidad, también se pudiera asociar con el contenido de la triple hélice en las películas. Además, las películas de gelatina mostraron indicios de que las nanoarcillas están cambiando la estructura (patrón de difracción) de la gelatina en mayor medida que el ácido tánico, en dichas películas.

Agradecimientos

Se recomienda la obtención de micrografías de las películas estudiandas a resoluciones más altas, para definir la distribución de sus diferentes componentes. Así mismo, es conveniente efectuar el estudio de los cambios estructurales y la cristalinidad de las películas con el tiempo, en condiciones controladas.

Referencias

[1] I. Yakimets, N. Wellner, A.C. Smith, R. H. Wilson, I. A. Farhad, and J. R. Mitchell, "Mechanical properties with respect to water content of gelatin films in glassy state," *Polymer*; vol.46, no.26, pp.12577-12585, 2005.

[2] M. Pereda, A.G. Ponce, N. E. Marcovich, R.A. Ruseckaite and J.F. Martucci, "Chitosan-gelatin composites and bi-layer films with potential antimicrobial activity," *Food Hydrocolloids*, vol. 25, no.5, pp.1372-1381, 2011.

[3] P. Mahallati and D. Rodrigue, "Thermoplastic elastomer foams based on recycled rubber," *Cellular Polymers, vol.* 33, no.5, pp. 233-248, 2014.

[4] O. Hamdi, F. Mighri and D. Rodrigue, "Optimization of the cellular morphology of biaxially stretched thin polyethylene foams produced by extrusion film blowing," *Cellular Polymers,* vol. 37, no. 4-6, pp. 153-168, 2018.

[5] H. Quan, Z-M. Li, M-B.Yang, and R. Huang, "On transcrystallinity in semi-crystalline polymer composites," *Composites Science and Technology*, vol. 65 pp. 999–1021, 2005.

[6] X. Zhang, M. D. Do, P. Casey, A. Sulistio, G. G. Qiao, L. Lundin, P. Lillford, and S. Kosaraju, "Chemical modification of gelatin by a natural phenolic cross-linker, tannic acid," *Journal of Agricultural Food Chemistry,* vol. 58, no.11, pp. 6809-6815, 2010.

[7] N. Benbettaieb, T. Karbowiak, and F. Debeaufort, "Bioactive edible films for food applications: Influence of the bioactive compounds on film structure and properties," *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*; vol.17, pp.1-17, 2017.

[8] M. A. Ortiz-Zarama, A. Jimenez-Aparicio, and J. Solorza-Feria, "Obtainment and partial characterization of biodegradable gelatin films with tannic acid, bentonite and glycerol," *Journal of the Science of Food and Agriculture*; vol. 96, no.8, pp. 3424-3431, 2016.

[9] J. Solorza-Feria, M. A. Ortiz-Zarama, A. Jimenez-Aparicio, and D. Rodrigue, "Production and characterization of fully biobased foamed films based on gelatin," *Cellular Polymers*, vol. 39, no.2, pp.69–97, 2020.

[10] R. Gosselin, and D. Rodrigue, "Cell morphology analysis of high density polymer foams," *Polymer Testing,* vol. 24, pp.1027-1035, 2005.

[11] I. Sifuentes-Nieves, R. Rendón-Villalobos, A. Jiménez-Aparicio, B. H. Camacho-Díaz, G. F. Gutiérrez López, and J. Solorza-Feria, "Physical, physico-chemical, mechanical and structural characterization of films based on gelatin/glycerol and carbon nanotubes," *International Journal of Polymer Science*. vol. 2015, pp.1-8, 2015.

[12] S. D. Alireza, K. Mohammad, and H.R.G. Mir, "Effect of different types of nano-particles on the morphology and mechanical properties of EPDM," *Cellular Polymers,* vol.36, no.3, pp.113-133, 2017.

[13] A. Tanioka, K. Miyasaka, and K. Ishikawa, "Reconstitution of collagen fold structure with stretching gelatin film," *Biopolymers*, vol.15, no. 8, pp.1505-1511,1976.

Análisis de la solubilidad y actividad antioxidante de proteínas de calabaza pipiana (*Cucurbita angyrosperma Huber*)

R. Fosado Cruz[1], M.L. Sánchez-Mundo[1], J. A. Marín Quiroz[1], P. Ibarra Torres[2]*

[1]Ingeniería en Industrias Alimentarias, Instituto Tecnológico Superior de Las Choapas, Carretera Las Choapas-Cerro de Nanchital Km 6.0 Col. J. Mario Rosado, C.P. 96980, Las Choapas, Ver., México.
[2]Área de Ingeniería Agroindustrial, Universidad Politécnica de Guanajuato, Av. Universidad Sur # 1001, Comunidad Juan Alonso, C.P. 38496. Cortazar, Gto., México
[*]sanchez_mundo@hotmail.com

Área de participación: *Ingeniería Química*

Resumen

Las semillas calabaza pipiana (Cucurbita angyrosperma Huber) contienen un 40% de proteínas con gran potencial alimentario. En este trabajo se evaluó la solubilidad, perfil electroforético y actividad antioxidante de proteínas de semillas de calabaza pipiana. La extracción proteica se realizó de acuerdo a su solubilidad y en diferentes valores de pH. El contenido de proteínas se determinó por el método de Lowry modificado y la capacidad antioxidante por el método de ABTS. La mayor solubilidad de proteínas fue a pH de 8 con una concentración de 23.45 mg/ml con 2.17 E-Trolox de actividad antioxidante. La fracción mayoritaria fueron las globulinas (43.01%), seguida por glutelinas (28.15%), albúminas (26.58%) y prolaminas (2.25%), siendo las glutelinas las de mayor actividad antioxidante (6.64 E-Trolox). El perfil electroforético de los pesos moleculares de las albúminas y globulinas fueron muy similares 60, 48, 20 y 8 KDa.

Palabras clave: *pipián, semillas, pH, ABTS*

Abstract

Pipian pumpkin seeds (Cucurbita angyrosperma Huber) contain 40% of proteins with great food potential. In this study, the solubility, electrophoretic profile and antioxidant activity of pipian pumpkin seed proteins were evaluated. Protein extraction was performed according to its solubility and in different pH values. The protein content was determined by the modified Lowry method and the antioxidant capacity by the ABTS method. The highest solubility of proteins was at pH 8 with a concentration of 23.45 mg/mL with 2.17 E-Trolox of antioxidant activity. The majority fraction were globulins (43.01%), followed by glutelins (28.15%), albumin (26.58%) and prolamines (2.25%), with glutelins being the most antioxidant (6.64 E-Trolox). The electrophoretic profile of the molecular weights of albumin and globulin were very similar 60, 48, 20 and 8 KDa.

Key words*: pipian, seeds, pH, ABTS*

Introducción

La búsqueda de nuevas fuentes de proteínas es una importante tendencia de investigación, en especial las proteínas vegetales, las cuales deben poseer un alto valor nutricional, ser aceptadas por el consumidor y poseer buenas propiedades funcionales para su incorporación como ingredientes en la elaboración de alimentos destinados al consumo humano [1]. Las proteínas de origen animal poseen una excelente calidad, pero son muy costosas y en algunos casos pueden ser causantes de alergias o intolerancias, como por ejemplo las proteínas de la leche o huevo; por lo que las proteínas de origen vegetal pueden ser una buena fuente de aminoácidos esenciales, que complementen o reemplacen la de origen animal [2]. Los cereales son la principal fuente de proteínas para la humanidad, el trigo, el

arroz y el maíz proveen el 85% de la proteína consumida a nivel mundial y han sido utilizados ampliamente para el desarrollo de alimentos de gran aceptación por los consumidores. Se ha estudiado en algunos cereales como el arroz, que el medio ambiente influye en la variación genética en el contenido de proteínas de reserva (albúmina, globulina, prolaminas y glutelinas) en la búsqueda de mejorar el valor nutricional de los cereales [3].

Las semillas de las Cucurbitáceas han sido utilizadas como ingredientes de alimentos ricos en proteínas y como agentes nutracéuticos por muchas culturas por milenios. Sin embargo, se conoce poco sobre los componentes bioactivos, en específico los péptidos, de las proteínas de la semilla de las Cucurbitáceas y sobre sus efectos en la salud humana [4]. Este trabajo propone un análisis preliminar de las proteínas de reserva de *C. argyrosperma Hube*r para la búsqueda de fracciones peptídicas o péptidos bioactivos que pudieran ser estudiados en futuras investigaciones para el desarrollo de nutracéuticos ricos en péptidos bioactivos.

Metodología

Materiales

Las semillas de calabaza pipiana (*Cucurbita angyrosperma* Huber) fueron compradas en un centro comercial del municipio de Las Choapas, Veracruz, México. Los reactivos utilizados en este proyecto fueron de la marca J. T. Baker (Phillispsburg, NJ, USA), Sigma – Aldrich, (Sigma Chemical Co., St. Louis, MO, USA); Merck (Darmstadt, Germany).

Acondicionamiento

Para el acondicionamiento de las semillas de calabaza pipiana se procedió al lavado eliminando toda extraña, para la desinfección se usó desinfectante comercial (Marca Probacter Clean JLG, S.A de C.V), se extrajeron las semillas del fruto y se trituraron en una licuadora (Marca Black & Decker® Mod. BL100RG), las semillas fueron desengrasadas con hexano en una relación 1:3 (P/V) colocando la mezcla en un baño de hielo en un agitador magnético (Science Me®, Mod. H550-PRO, Finlandia) a 1500 rpm durante 24 h a 4°C. Para la obtención de las harinas, los trozos de semillas fueron molidas en su totalidad en un molino para café (Molino Krups® Acero Inoxidable GX4, Alemania) y tamizadas en una malla 40 y colocadas en un contenedor hermético hasta su uso posterior.

Extracción y fraccionamiento de las proteínas

Las proteínas de reserva se separaron de acuerdo al criterio de solubilidad de Osborne [5], para la extracción de albúminas se pesó 1 g de harina desengrasada (Balanza analítica, Mod. VE-204B, México) y se puso en contacto con 10 mL de agua destilada, la mezcla se mantuvo en agitación (Science Me, Mod. H550-PRO, Finlandia) durante 2 h a 4°C y el sobrenadante se recuperó mediante centrifugación (crmGlobe®, Centrificient II, México) a 10,000 g durante 30 min. Para las siguientes extracciones se siguió la misma metodología usando diferentes solventes, la fracción de globulinas fue extraída con NaCl al 10% pH 7 proporción 1:10 (P/V), para la fracción de prolaminas se siguieron las mismas condiciones que las albúminas usando isopropanol al 70%; para el caso de la fracción glutelinas con una solución de NaOH 0.1M. El contenido de proteínas de las diferentes extracciones se cuantificó espectrofotométricamente (VELAB®, Mod. VE-56000UV, México) por triplicado mediante el método de Lowry et al. [6].

Extracción de proteína a diferentes valores de pH

Para la extracción de proteína a diferentes valores de pH (2, 4, 6, 7, 8, 10, 12) se pesó 1 g de harina desengrasada (Balanza analítica, Mod. VE-204B, México) y agregaron 5 mL de agua destilada ajustando el pH correspondiente con NaOH o HCl 0.1 N usando un potenciómetro (Science Me®, Mod. SM-3BW, Finlandia) y se ajustó a un volumen de 10 ml, se mantuvo en agitación constante en agitador magnético (Science Me®, Mod. H550-PRO, Finlandia) a 1500 rpm durante 1 h y se centrifugó (crmGlobe®, Centrificient II, México) durante 1 h a 10,000 g [7-8]. El contenido de proteína extraída al pH deseado se cuantificó espectrofotométricamente (VELAB®, Mod. VE-56000UV, México) mediante el método de Lowry et al. [6].

Determinación de actividad antioxidante

La actividad antioxidante fue evaluada usando el radical ABTS.+ (2,2'-azinobis 3-etilbenzotiazolina-6-ácido sulfónico) siguiendo el método modificado descrito por Adom et al. [9]. Se realizó una curva de calibración estándar de inhibición con 6-hidroxi-2, 5, 7, 8 – tetrametilcroman-2- ácido carboxílico (Trolox) en una concentración de 0-16 µM. La actividad antioxidante de las muestras es expresada en equivalentes de Trolox (TEs) utilizando la curva tipo. Todos los experimentos se llevaron a cabo por triplicado. Los datos reportados son la media ± DE.

Cuantificación de Proteína (Lowry Modificado)

El contenido de proteínas de las diferentes extracciones fueron cuantificadas mediante el método de Folin-Lowry modificado por Markwell et al. [10]. Las muestras se leyeron a una longitud de onda de 660 nm en un espectrofotómetro UV-VIS VELAB®, Mod. VE-56000UV, México.

Diálisis y Ultrafiltración

Las fracciones proteicas globulinas, prolaminas y glutelinas, así como las obtenidas en cada pH fueron dializadas en membranas de celulosa de 6 de 10, 000 MWCO de corte molecular, Spectra/Por 6 de 10,000MWCO (Fisher Scientific®, Spectrum/Por™ 6-10,000 kDa MWCO, Madrid) contra agua destilada durante 24 h. Una vez dializadas, las muestras fueron concentradas por ultrafiltración en una célula con agitación (Amicon Stirred Cell 50 mL UFSCO5001 Millipore Corporation, Alemania) empleando una membrana de 10 KDa (Amicon ® Millipore) a una presión de 15 psi [11].

Electroforesis SDS-PAGE

Las fracciones proteicas se analizaron por electroforesis en gel en condiciones desnaturalizantes (SDS-PAGE) de acuerdo a Laemmli [12] utilizando acrilamida al 11% y 5% como separador y concentrador respectivamente. Para la inyección de la muestra se tomaron 3 µL del marcador de bajo peso molecular y 15 µL de cada una de fracciones proteicas. Posteriormente se corrió el gel en un sistema de electroforesis vertical (Labnet's ENDURO™,NJ, USA) a 120 V durante 3 h. Los geles se tiñeron con azul brillante de Coomasie. Las bandas de los distintos perfiles de los extractos proteicos fueron analizadas mediante el programa 1Dscan EX Versión 3.1 por Windows (Scanalytics, Inc, USA).

Análisis estadístico

Todos los resultados se analizaron mediante un análisis de varianza (ANOVA) de una vía para la comparación múltiple de medias (Tukey, 0.05) utilizando el software estadístico MINITAB 16 (Minitab, Inc. 2010) [13].

Resultados y discusión

La Tabla 1 muestra el efecto del pH sobre la solubilidad de proteínas de semilla de calabaza pipiana. La solubilidad de proteínas fue evaluada en un rango de pH de 2-12. La mayor solubilidad de proteínas se detectó a un pH de 8 con valores de 23.45 mg/ml, lo que podría ser una opción para el uso en algunas bebidas cercanas a la neutralidad. El efecto del pH en la solubilidad de las proteínas es útil para conocer el punto isoeléctrico, en proteínas de Inga paterno, la solubilidad aumentó de forma proporcional al aumento de pH, sin embargo, las globulinas presentaron un valor máximo de solubilidad a pH ácido (pH = 2), con posible aplicación en bebidas ácidas [14].

A pH 8 hubo un incremento en la solubilidad de las muestras y en pH 10 y 12 los valores mostraron una disminución debido posiblemente por el efecto de la desnaturalización. Con respecto a la actividad antioxidante, las proteínas solubles a pH 8 mostraron la mayor actividad antioxidante con valores de 2.1753 E-Trolox, seguido de las proteínas solubles a pH 10 con 1.8758 E-Trolox. Las proteínas solubles a pH muy bajos o valores superiores a 10 mostraron los valores más bajos de actividad antioxidante.

En la Tabla 2 se muestran los resultados de los contenidos de proteínas y capacidad antioxidante de las diferentes fracciones de proteínas. De la semilla de calabaza pipiana se extrajo más proteína soluble en NaCl (fracción globulinas) con un 43.01%, seguido de las proteínas solubles en NaOH

(fracción glutelina) con un 28.15%, las proteínas solubles en agua (fracción albúminas) con un 26.58% y finalmente las proteínas solubles en isopropanol (fracción prolaminas) con un 2.25%. En semillas de chía se detectó un perfil similar en sus fracciones proteicas, siendo las globulinas la fracción más abundante, seguida de glutelinas, albúminas y prolaminas [15].

Tabla 1. Contenido de proteínas y capacidad antioxidante de acuerdo a su solubilidad por pH

pH	Proteínas (mg/ml)	ABTS (E-Trolox)
2	0.6693 ± 0.0539^{c}	0.1665 ± 0.0962^{c}
4	0.6788 ± 0.0482^{c}	$0.5940 \pm 0.362^{b,c}$
6	7.8632 ± 1.043^{b}	$1.3201 \pm 0.254^{a,b}$
7	8.4174 ± 0.602^{b}	$1.3102 \pm 0.276^{a,b}$
8	23.4542 ± 5.51^{a}	2.1753 ± 0.521^{a}
10	8.3670 ± 1.679^{b}	1.8758 ± 0.1480^{a}
12	$6.8973 \pm 2.260^{b,c}$	1.7483 ± 0.731^{a}

Las desviaciones estándar se obtuvieron a partir de n=3. Medias con la misma letra entre columnas no presentan diferencia estadística (Tukey, p≤0.05).

Es importante considerar la importancia que las globulinas hayan sido identificadas como la fracción más abundante en la semilla de calabaza pipiana ya que son la fracción que más impacto tiene sobre la salud humana, por ejemplo un papel importante en contrarrestar las alergias [16]. Respecto a las proteínas de las semillas de Cucurbitaceas se ha detectado la cucurbitina (11S globulina) la cual es la principal proteína de reserva de las semillas de Cucurbitaceas, la cucurbitina es una proteína globular hexámerica con subunidades de 54 kDa cada una [4]. Las fracciones de albúminas y globulinas de kañihua representaron el mayor contenido proteico de acuerdo a Moscoso-Mujica [17].

Respecto a la prueba de actividad antioxidante, la fracción de glutelinas mostraron la mayor actividad antioxidante con valores de 6.64 E-Trolox, seguido por las globulinas con 2.3673 E-Trolox, albúminas con 1.8758 E-Trolox y finalmente las prolaminas con 0.8823 E-Trolox. SE

La actividad antioxidante in vitro ha sido reportada para las fracciones de globulinas (cucurbitina) de sandía (*Citrullus lanatus*) [18] y proteínas de semilla de calabaza (*Cucurbita moschata*) [19].

Tabla 2. Contenido de proteínas y capacidad antioxidante de proteínas fraccionadas por solubilidad

Fracción	Albúmina	Prolaminas	Globulinas	Glutelinas
Proteínas (mg/ml)	$18.4821 \pm 0.49^{a,b}$	1.565 ± 0.29^{b}	29.8996 ± 1.50^{a}	$19.5703 \pm 1.98^{a,b}$
ABTS (E-Trolox)	$1.8758 \pm 0.36^{a,b}$	0.8823 ± 0.16^{b}	$2.3673 \pm 0.32^{a,b}$	6.6406 ± 0.032^{a}

Las desviaciones estándar se obtuvieron a partir de n=3. Medias con la misma letra entre columnas no presentan diferencia estadística. (Tukey, p≤0.05).

La Figura 1 muestra el análisis electroforético SDS-PAGE de las proteínas de la semilla de calabaza pipiana, en la fracción principal de globulina (43.01%) se detectaron nueve bandas 120, 62, 60, 58, 38, 48, 26, 22, 8 kDa, este perfil es similar a lo reportado por Ramírez et al. [20] en la caracterización de las proteínas de reserva y contenido mineral de semilla de melón (*Cucumis melon* L.). El desengrasado de la muestra favoreció la detección del mayor número de bandas, tal como se ha reportado en los perfiles electroforético de algunas especies [21].
La fracción glutelina (28.15%) con bandas de 50, 48, 35, 30, 22 y 8 kDa con un perfil similar a las globulinas, el número de bandas detectadas fueron mayores que los resultados reportados en semillas de semillas de melón [20]. En trigo, arroz y cebada se han realizado análisis comparativos del contenido de glutelinas y prolaminas para monitorear la seguridad de productos libres de gluten [22], así mismo se ha aplicado radiación UV sobre las fracciones proteicas de Osborne, con la finalidad de mejorar las propiedades de las masas, comprobando un efecto de la radiación sobre la solubilidad y conformación de las fracciones [23].

En el segundo carril se encuentra la fracción de albúmina (26.58%) la cual contiene seis bandas de proteínas 130, 65, 60, 48, 22 y 8 kDa siendo las de bajo peso molecular las de mayor intensidad; las albúminas han sido reportadas como una buena fuente de lisina y aminoácidos azufrados, los cuales pueden dar lugar a la formación de agregados de alto peso molecular, que pueden ser reducidos a cadenas polipeptídicas de bajo peso molecular en presencia mercaptoetanol [24]. El perfil de las albúminas de calabaza pipiana es similar al reportado en la semilla de *Jatropha curcas* L. en la que se ha identificado la presencia de curcina, una proteína presente en la fracción de albúminas con peso molecular de alrededor de 28 kDa a la cual se le ha atribuido actividad de lectina y con actividad anti tumoral [25].

En cuanto la fracción de prolaminas (2.25%) no se lograron apreciar bandas, lo que puede significar que presentan un peso molecular muy bajo o con una concentración mínima y que requieren ser identificados con otra técnica de tinción más sensible, además de la posibilidad de degradación en presencia de 2-Mercaptoetanol. De igual forma una baja cantidad de prolaminas ha sido detectada en harina de kañihua, siendo estas fracciones proteicas una alternativa alimentaria para los intolerantes al gluten [17].

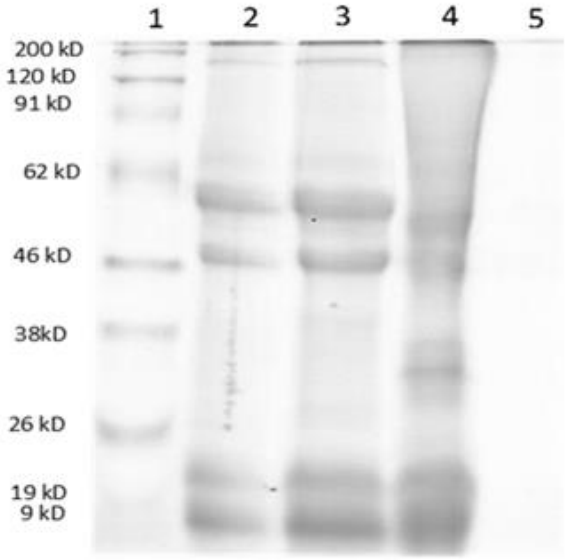


Figura 1. Patrón electroforético de las fracciones proteicas de la semilla de calabaza pipiana (*Cucúrbita argyrosperma* Huber). Carril 1. Marcador de peso molecular (MPM); carril 2 fracción albúmina; carril 3 fracción globulina; carril 4 fracción glutelina, carril 5 prolamina.

La Figura 2 muestra las bandas de proteínas de la semilla de *C. argyrosperma* precipitadas a diferentes valores de pH; de acuerdo a los datos obtenidos la mayor solubilidad de los extractos fue a pH 8 con una concentración de 23.45 mg/ml lo que podría posibilitar su uso en bebidas y alimentos líquidos. En aislados y fracciones proteicas de cebada con tratamientos de sonicación, se ha detectado una mayor solubilidad proteica en valores de pH 9 [26]. A pH de 7, 8 y 10 se observan tres bandas similares de 60, 40 y 26 kDa siendo de mayor intensidad a pH 8 y 10, a pH 12 se aprecia sólo una banda de 60 KDa con mayor intensidad. De acuerdo a los resultados conforme se aumenta el pH del medio se logran detectar de manera más intensa las bandas hasta un máximo de pH 10, ya que a pH 12 el número de bandas y su intensidad disminuye; algo similar fue reportado por Sánchez et al. [14]. Por otro lado, a pH 4 la proteína de calabaza es insoluble y no se logra detectar bandas proteicas, resultado similar al reportado en la semilla de capulín [22] y en semillas de melón mostrando poca solubilidad a pH 4 [27], mientras que a pH 6, se logran identificar tres bandas de 60, 40 y 26 kDa pero con una intensidad baja; diversos autores han reportado el papel que el pH desempeña sobre las propiedades fisicoquímicas y conformacionales de las proteínas [28-29], lo cual resulta de interés para la comprensión del comportamiento de las proteínas en diferentes medios.

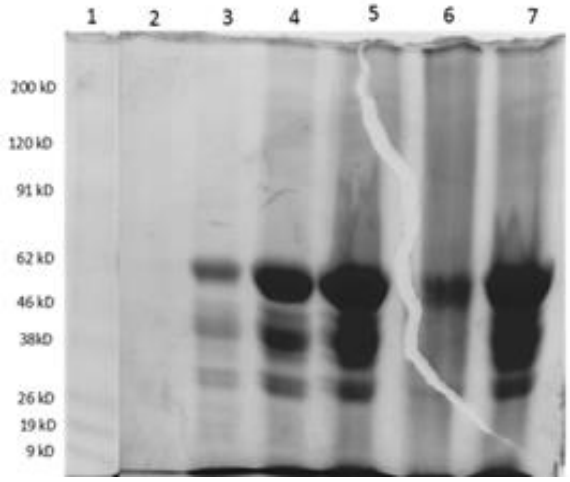


Figura 2. Gel de electroforesis desnaturalizante de extractos de proteínas de semillas de calabaza pipiana a diferentes pH. Carril 1 Marcador de Peso Molecular (MPM), carril 2 pH 4, carril 3 pH 6, carril 4 pH 7, carril 5 pH 8, carril 6 pH 12, carril 7 pH 10.

Trabajo a futuro

A partir de estos resultados se propone realizar la caracterización bioquímica de cada una de las fracciones proteicas estudiadas, así como la obtención de péptidos bioactivos presentes en las semillas de calabaza pipiana para futuras aplicaciones en la industria alimentaria y de la salud.

Conclusiones

La mayor solubilidad de las proteínas de la semilla de calabaza pipiana se obtuvo a un pH 8 con los mayores valores de actividad antioxidante; por otro lado la fracción de proteína mayoritaria fueron las globulinas seguidas por las glutelinas y albúminas, siendo las glutelinas, las que mostraron mayor propiedad antioxidante. Estos resultados sugieren que las fracciones de proteínas de la semilla de calabaza pipiana pueden ser utilizadas potencialmente en el diseño de alimentos funcionales.

Referencias

[1] M. Lonnie, I. Laurie, M. Myers, G. Horgan, W.R. Russell, A.M. Johnstone, “Exploring Health-Promoting Attributes of Plant Proteins as a Functional Ingredient for the Food Sector: A Systematic Review of Human Interventional Studies”, Nutrients, vol. 12, p. 2291. 2020.

[2] M. Grancieri, H. S.Duarte Martino, and E. Gonzalez de Mejia, “Chia Seed (Salvia hispanica L.) as a source of proteins and bioactive peptides with health benefits: A Review,” *Comprehensive Reviews in Food Science and FoodSafety,* vol. 18, 480-499, 2019.

[3] P. Chen, Z. Shen, L. Ming, Y. Li., W. Dan, G. Lou, B. Peng, B. Wu, Y. Li, D. Zhao, G. Gao, Q. Zhang, J. Xiao, X. Li., G. Wang and Y. He, “Genetic basis of variation in rice seed storage protein (albumin, globulin, prolamin, and glutelin) content revealed by genome-wide association analysis,” Frontier in Plant Science, 2018.

[4] C. Ozuna and M. F. León-Galván, “Cucurbitaceae seed protein hydrolysates as a potential source of bioactive peptides with functional properties,” *BioMed Research International*, vol. 1, pp. 1-16, 2017.

[5] T. Osborne, “Las proteínas vegetales,” London: Longmans, Green and Co, pp. 452, 1924.

[6] O. Lowry, N. Rosebrough, A. Farr and R. Randall, “Protein measurement with the folin phenol reagent,” *Journal Biological Chemistry,* vol. 193, pp. 265-75, 1951.

[7] G. Avila, W. Xiao, M. Van Boekel, M. Minor, M. Stieger, “Effect of extraction pH on heat-induced aggregation, gelation and microstructure of protein isolate from quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd), *Food Chemistry*, vol. 209, pp. 203-210. 2016.

[8] M. Langton, S. Ehsanzamir, S. Karkerhabadi, X. Feng, M. Johansson, D. P. Johansson, “Gelation of faba bean proteins-Effect of extraction method, pH and NaCl,” *Food Hydrocolloids*, vol. 103, 105622, 2020.https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2019.105622.

[9] K. Adom, M. Sorrells and R. Liu, “Phytochemicals and antioxidant activity of milled fractions of different wheat varieties,” *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, vol. 56, no. 3, pp. 2297-2306, 2005.

[10] M. Markwell, S. Haas, L. Biebar, and N. Tolbert, “A modification of the Lowry procedure to simplify protein determination in membranes and in protein samples,” *Analytical Biochemistry*, vol. 87, no. 1, pp. 206–211,1978.

[11] F. A. Espinosa-Pardo, R. Savoire, P. Subra-Paternault, C. Harscoat-Schiavo, “Oil and protein recovery from corn germ: Extraction yield, composition and protein functionality,” *Food and Bioproductos Processing*, vol. 120, 131-142, 2020.

[12] U.K Laemmli, "Cleavage of structural proteins during the assembly of the head of bacteriophage T4”, *Nature*, vol. 227, pp. 680-685, 1970.

[13] Minitab Inc, 2010. Minitab 16 Statistical Software. Minitab Inc., State College, PA, retrieved from http://www.minitab.com

[14] N. A. Sánchez-Mendoza, J. C. Ruiz-Ruiz, G. Dávila Ortiz y C. Jiménez-Martínez, “Propiedades tecnofuncionales y biológicas de harina, aislado y fracciones proteicas mayoritarias de semillas de Inga paterno,” *CYTA – Journal of Food,* vol. 15, No. 3, pp. 400–408, 2017.

[15] L. M. Julio, L.M., Ruiz-Ruiz, J.C., Tomás, M.R. Segura Campos, “Chia (*Salvia hispanica*) protein fractions: characterization and emulsifying properties,” *Journal of Food Measurement and Characterization*, vol. 13, 3318–3328, 2019. https://doi.org/10.1007/s11694-019-00254-w.

[16] S. Budseekoad, C. Takahashi Yupanqui, A.M. Alashi, R.E. Aluko, W. Youravong, “Anti-allergic activity of mung bean (*Vigna radiata* (L.) Wilczek) protein hydrolysates produced by enzymatic hydrolysis using non-gastrointestinal and gastrointestinal enzymes,” *Journal of Food Biochemistry,* vol. 43, pp. 1 - 15, 2019. https://doi.org/10.1111/jfbc.12674

[17] G. Moscoso-Mujica, A. Zavaleta, Á. Mujica, M. Santos, R. Calixto. “Fraccionamiento y caracterización electroforética de las proteínas de la semilla de kañihua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen)” *Revista Chilena de Nutrición,* Vol. 44, Nº 2, pp. 144-152, 2017.

[18] P. Dash and G. Ghosh, “Fractionation, amino acid profiles, antimicrobial and free radical scavenging activities of *Citrullus lanatus* seed protein,” *Natural Product Research*, pp. 1–3, 2017.

[19] P. Dash and G. Ghosh, “Proteolytic and antioxidant activity of protein fractions of seeds of *Cucurbita moschata*,” *Food Bioscience*, vol. 18, pp. 1–8, 2017.

[20] J. Ramírez, A. Herrera, C. Aguirre, J. Covarrubias, G. Iturriaga de la Fuente y J. Raya, “Caracterización de las proteínas de reserva y contenido mineral de semilla de melón (*Cucumis melo* L.),” *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, vol. 7, no. 7, pp. 1667-1678, 2016.

[21] A. Marti, J.E. Bock, M. Ambrogina, B. Ismail, K. Seetharaman, “Structural characterization of proteins in wheat flour doughs enriched with intermediate wheatgrass (*Thinopyrum intermedium*) flour,” *Food Chemistry*, vol. 194, 994-1002, 2016.

[22] B. Lexhaller, C. Tompos and K. A. Scherf, “Comparative analysis of prolamin and glutelin fractions from wheat, rye, and barley with five sandwich ELISA test kits,” *Analytical and Bioanalytical Chemistry*, vol. 408, pp. 6093-6104, 2016.

[23] A. Kumar, R. Nayak, S.R. Purohit, P. S. Rao, “Impact of UV-C irradiation on solubility of Osborne protein fractions on wheat flour,” *Food hydrocolloids*, vol. 110, 105845, 2021.

[24] L- Rezig, A. Riaublanc, M. Chouaibi, J. Guéguen and S. Hamdi, “Functional properties of protein fractions obtained from pumpkin (*Cucurbita maxima*) seed,” *International Journal of Food Properties*, vol. 19, pp. 172–186, 2016.

[25] N. Srinivasan, K. Palanisamy, S. Mulpuri, “Jatropha: Phytochemistry, Pharmacology, and Toxicology”, In: Mulpuri S., Carels N., Bahadur B. (eds) Jatropha, *Challenges for a New Energy Crop.* Springer, Singapore, pp. 415-435, 2019. https://doi.org/10.1007/978-981-13-3104-6_20J.

[26] P. Silventoinen and N. Sozer, “Impact of Ultrasound Treatment and pH-Shifting on Physicochemical properties of protein-enriched barley fraction and barley protein isolate,” *Foods*, vol. 9, No. 8, pp. 1055, 2020. doi:10.3390/foods9081055

[27] J.G. Ramirez Pimentel, “Caracterización de las proteínas de reserva y contenido mineral de semilla de melón (*Cucumis melo* L.),” *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 2016.

[28] R. Navarro-Lisboa, C. Herrera, R. Zúñiga, J. Enrione, F. Guzmán, S. Matiacevich, C. Astudillo Castro, “Quinoa proteins (*Chenopodium quinoa* Willd.) fractionated by ultrafiltration using ceramic membranes: The role of pH on physicochemical and conformational properties,” *Food and Bioproducts Processing*, vol. 102, pp. 20-30, 2017.

[29] Á. Bravo-Núñez, R. Garzón, C.M. Rosell, M. Gómez, “Evaluation of Starch–Protein Interactions as a Function of pH,” *Foods*, vol. 8, 155, 2019.

Producción de digestato anaerobio a partir de residuos de frutas y verduras.

, C.O. Zárate Ocaña[1], M. M. Montes García[2], S. E. Vigueras Carmona[1*]
[1]División de Ingeniería Química y Bioquímica, Tecnológico de Estudios Superiores de Ecatepec, Av. Tecnológico S/N Col. Valle de Anáhuac, Ecatepec, Estado de México, C.P.55210, México
[2]Universidad Mexiquense del Bicentenario, Unidad de Estudios Superiores Tultitlan. San Antonio S/N Villa Esmeralda, Tultitlan de Mariano Escobedo, Estado de México, C.P. 54910. México
*svigueras@tese.edu.mx

***Área de participación**: Ingeniería Química*

Resumen

El digestato es una mezcla de biomasa microbiana y material estable que se produce durante la digestión anaerobia (DA) de residuos sólidos orgánicos (RSO) y tiene un valor agregado en el mercado. Aquí se establecieron las condiciones de operación de dos sistemas de DA uno de dos etapas y uno de una etapa y se compara la estabilidad del digestato producido. Para el sistema en 2 etapas se estableció una relación agua: RSO de 1:4 y un tiempo de retención hidráulica (TRH) de 2 d, para la primera etapa y para la segunda etapa se estableció un: TRH 10 h, una carga orgánica (OLR) de 6 $gDQO.L^{-1}.d^{-1}$. Para la DA en una etapa se estableció: un tiempo de retención de sólidos (TRS) de 6 d y TRH de 12.5 h con una OLR de 6.32 $gSV.L^{-1}.d^{-1}$. La estabilidad del digestato producido en el sistema de una etapa fue mayor.

***Palabras clave**: digestión anaerobia, digestato, residuos sólidos orgánicos.*

Abstract

Digestate is a mixture of microbial biomass and stable material that is produced by the anaerobic digestion (AD) process of organic solid waste (OSW) and has an added value in the market. Here the operating conditions of two DA systems one of two stages and one of one stage were established and the stability of the produced digestate is compared. For the 2-stage system, a water: OSW ratio of 1:4 and a hydraulic retention time (HRT) of 2 d were established, for the first stage and for the second stage a: HRT 10 h, an organic load (OLR) of 6 $gDQO.L^{-1}.d^{-1}$. For AD in one stage, the following were established: a solid retention time (SRT) of 6 d and HRT of 12.5 h with an OLR of 6.32 $gSV.L^{-1}.d^{-1}$. The stability of the digestate produced in the one-stage system was higher.

***Key words**: anaerobic digestion, digestate, organic solid waste.*

Introducción

La digestión anaerobia (DA) tiene beneficios potenciales para el medio ambiente, ya que apoya la gestión de desechos, el reciclaje de nutrientes y la mitigación del cambio climático mediante la sustitución de combustibles fósiles. Los principales productos de la DA son el biogás, que se compone principalmente de metano (CH_4) y digestato [1]. Los procesos de DA implican la degradación y estabilización de materiales orgánicos en condiciones anaerobias por parte de un consorcio microbiano (bacterias fermentativas hidrolíticas, bacterias fermentativas, bacterias acetogénicas y arqueas metanogénicas), lo que lleva a la producción de un biogás rico en energía. El biogás producido durante la DA de residuos sólidos orgánicos (RSO) se considera limpio y biocombustible amigable con el ambiente, compuesto principalmente de CH_4 (55–75%) y CO_2 (25–45%), pequeñas cantidades de vapor de agua, trazas de H_2S, NH_3 y H_2, y posiblemente otros contaminantes como los siloxanos. El digestato anaerobio es una mezcla de biomasa microbiana y material no digerido que también se produce en grandes cantidades. Hasta la fecha, el digestato generalmente se separa mecánicamente en fracciones líquidas y sólidas que se almacenan por separado para facilitar su manejo [2]. La separación de digestatos se puede utilizar para drenar la fracción líquida de altas cargas de fósforo, pero el nitrógeno se distribuye más o menos por igual entre el sólido y el líquido. Se requieren métodos de tratamiento más eficientes para separar los nutrientes entre sí y reducir aún más el contenido y el volumen de agua [3]. La fracción líquida contiene una gran parte de N y K, mientras que la fracción sólida se compone de una gran cantidad de fibras residuales y fósforo. Por estas razones ha generado mucho interés el uso de digestato como fertilizante o mejorador del suelo. Su utilidad para fines agrícolas representa beneficios económicos y ambientales, como la sustitución de fertilizantes comerciales, que

es de primordial importancia en el reciclaje de nutrientes limitantes como el fósforo [4]. Por ejemplo, Walsh y colaboradores [4] indicaron que, a diferencia de los fertilizantes comerciales, el digestato líquido puede mantener o mejorar los rendimientos del cultivo de pastizales y al mismo tiempo reducir las pérdidas de nutrientes al ambiente.

Se han utilizado diferentes estiércoles de ganado como inóculo, con la intención de mejorar la calidad del digestato anaerobio. Los resultados indicaron que la adición de estiércol mejoró las propiedades, además de servir como depósito de numerosos grupos microbianos beneficiosos y nutrientes vegetales con una cantidad minúscula de elementos potencialmente tóxicos, sin embargo, se reportó la presencia de microorganismos indicadores de patogenicidad por lo que se uso debe ser ponderado [5].

El uso de digestato para su aplicación en suelo agrícola presenta algunos inconvenientes. En primer lugar, el digestato se produce durante todo el año, por lo tanto, debe almacenarse, ya que no se puede utilizar inmediatamente en las tierras de cultivo. Las limitaciones se deben principalmente a las etapas de crecimiento de los cultivos, los tipos de suelo y los niveles de estabilización. En algunas plantas de DA, el digestato se almacena en tanques no cubiertos, por lo que, diferentes gases como CH_4, CO_2, NH_3 y N_2O, se liberan a la atmósfera [2]. Es por esto, que se deben explorar alternativas que mejoren la estabilidad del digestato, es decir, reducir la cantidad de biogás producida durante el almacenamiento, también reducir la cantidad de materia orgánica de fácil biodegradación en el digestato producido, es por esto por lo que en este trabajo se establecen las condiciones de operación de dos sistemas de DA para mejorar la estabilidad del digestato producido.

Metodología

Caracterización de los residuos de frutas y verduras y digestato

Los RSO utilizados fueron residuos de frutas y verduras (RFV) que se obtuvieron de un local de preparación de jugos y cocteles en Ecatepec de Morelos; Estado de México: Se clasificaron de acuerdo con el tipo de residuo. Se redujo el tamaño de partícula a un 1 cm aproximadamente y se calcularon fracciones por tipo de residuo, se forma una mezcla con las mismas proporciones de residuos de la mezcla original. La caracterización del digestato anaerobio sólido y las mezclas de frutas y verduras se realizó en una muestra seca y en función del pH, conductividad, humedad, concentración de sólidos volátiles, azucares reductores, demanda química de oxígeno, carbohidratos totales, proteínas, nitrógeno total, fosforo y grasas.

Configuración y evaluación del sistema de digestión anaerobia en dos etapas.

El sistema de dos etapas constó de una etapa de solubilización de la fracción fácilmente biodegradable, utilizando un tanque agitado para mezclar agua con los RFV y generar una fracción liquida con alto contenido de sólidos disueltos (tamaño de partícula menor a 1.5 µm) y material suspendido (tamaño de partícula menor a 105 µm). La segunda etapa constó de un reactor anaerobio de flujo ascendente (RAFA) al que se le alimentó con la mezcla obtenida en la primera etapa. Para la primera etapa se estableció la relación agua: RFV y TRH a las que debía ser operado y para el RAFA se determinó la mayor carga orgánica que soporta antes de desestabilizarse.

Determinación del volumen total de agua necesario para la solubilidad de RFV.

Con la intención de determinar la cantidad de agua necesaria para extraer de la mezcla de RFV todas las partículas menores a 105 µm se procedió a realizar lavados consecutivos a la mezcla de RFV, haciendo recambios de agua como se describe a continuación. Una vez preparada la mezcla de RFV, se pesaron 10 kg[1] de esta mezcla y se añadieron a un tanque agitado. Posteriormente se adicionaron 20 kg de agua potable y se agitó la mezcla cada 12 h. El monitoreo se realizó durante nueve días, realizando cambios del agua de la mezcla cada tres días; añadiendo la misma cantidad de agua suministrada desde un principio, cada recambio se monitoreo durante tres días, cada día se tomaba una muestra para su análisis fisicoquímico (Diagrama 1).

Determinación del tiempo necesario para la solubilidad de RFV.

Una vez determinado el volumen de agua necesario para separar las partículas menores a 105 µm se procedió a establecer el tiempo de retención adecuado para lograr este propósito. Para la determinación del tiempo una vez obtenida la mezcla de RFV se añadieron 2 kg de RFV en un tanque agitado y se le adicionaron 6 kg de agua potable, se realizó por triplicado, cada tanque agitado correspondía a los días que estaría la mezcla en el agua (Primer tanque un día, segundo tanque dos días, tercer tanque tres días) teniendo en cuenta que se debía cambiar el agua cada 24 h. Añadiendo la misma cantidad de agua suministrada desde un principio (Diagrama 2) cada cambio de agua se tomaba una muestra para su análisis fisicoquímico.

1. Según la simbología del SI y de la norma mexicana NOM-008-SCFI-2002 el prefijo para kilo es k (minúscula) por lo que en este trabajo se usa esa simbología.

 ISSN 2007-8102

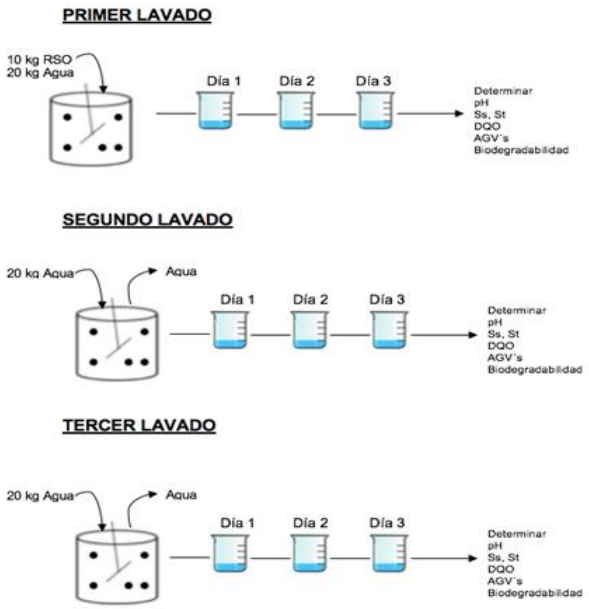


Diagrama 1. Metodología empleada para la determinación del volumen de agua necesario para la solubilidad de los RFV.

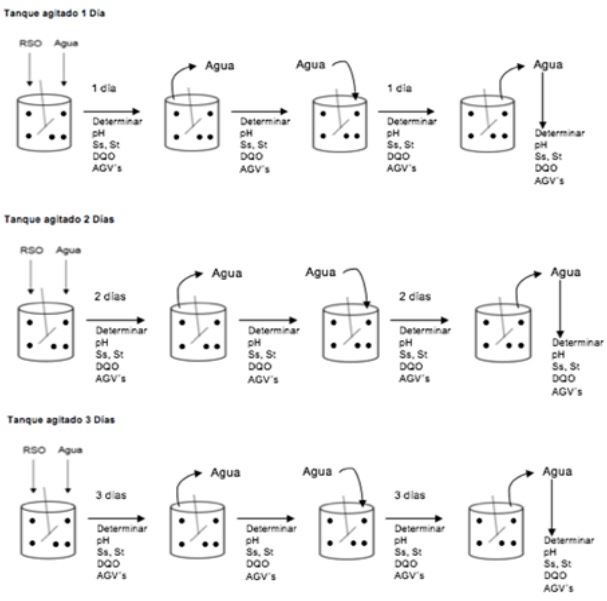


Diagrama 2. Metodología empleada para la determinación del tiempo necesario para la solubilidad de los RFV

Configuración y evaluación del sistema de digestión anaerobia en dos etapas.

El sistema de digestión anaerobia de dos etapas (Figura 1) consistió en un tanque agitado (120 L) para separar los sustratos de fácil biodegradabilidad de los de difícil biodegradabilidad. El mezclado se realizó cada 12 h durante 15 minutos, para favorecer la transferencia de masa de los sólidos al líquido, pero evitando el rompimiento del sólido.

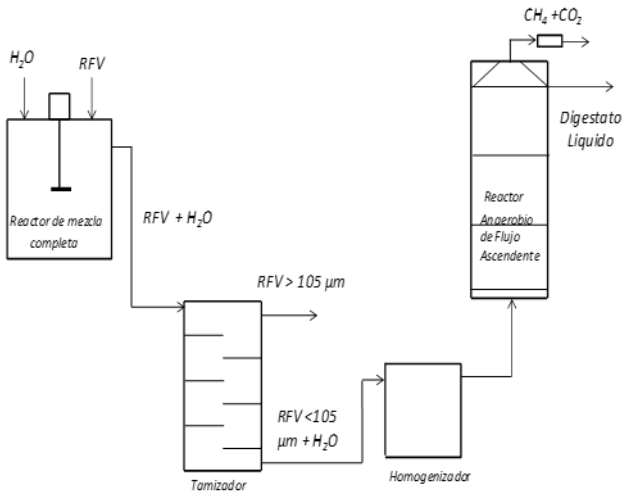


Figura 1. Sistema de Digestión anaerobia en dos etapas.

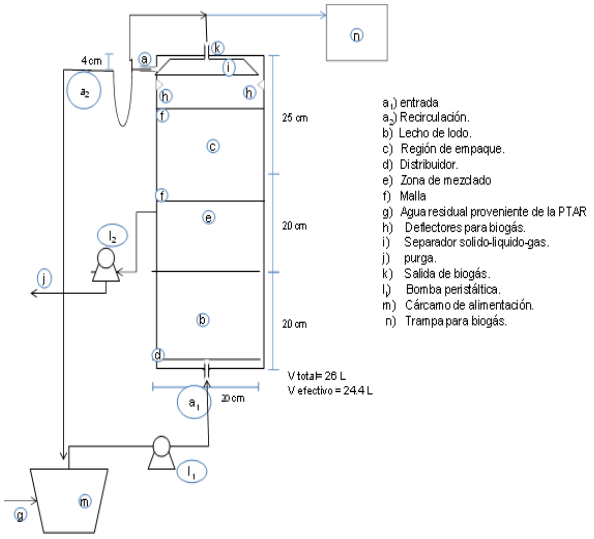


Figura 2. Reactor anaerobio de flujo ascendente empacado con lecho de lodos (RAFAELL).

Al reactor de tanque agitado se adicionaron 40 kg de RFV y agua potable en una proporción 1:4. El tiempo de operación del tanque agitado fue de 2 días. La mezcla agua-sólido que se retiró del tanque agitado se tamizó

para asegurar que el tamaño de partícula sea menor a 105 µm, también se neutralizó con NaOH 5 N y 1 g $NaHCO_3$/g DQO a pH 7. Una vez acondicionada la mezcla agua-sólido se alimentó al RAFA, que fue operado a 35 °C con un tiempo de retención hidráulico de 10 h, la carga orgánica se fue incrementando de 2 a 5 g DQO.L^{-1}.d^{-1}, mediante el aumento de la concentración del sustrato. Durante todo el proceso se evaluó el RAFA calculando la eficiencia de remoción de la demanda química de oxígeno, para establecer la máxima carga que soporta antes de que su eficiencia sea menor a 70 %.

Digestión anaerobia en una etapa. Reactor anaerobio de flujo ascendente empacado con lecho de lodos (RAFAELL).

El RAFAELL constó de tres secciones: lecho de lodos, sección de amortiguamiento y empaque, Figura 2. RAFAELL, también cuenta con un separador sólido-liquido-gas y una trampa de gas en donde se logró cuantificar el biogás generado [6]. El reactor se cargó cada 4 días con 6.30 kg de mezcla de RFV, para ajustar la carga a 5 gSV.L^{-1}.d^{-1}. Mientras que el tiempo de retención hidráulico (TRH) se ajustó a 12 h. Después de los 4 días de proceso se recuperó el digestato sólido, se caracterizó fisicoquímicamente y se secó para su posterior análisis

Resultados y discusión

Características fisicoquímicas de las mezclas de residuos de frutas y verduras (RFV).

En la Tabla 1 se presenta la composición de los residuos de los lotes de RFV utilizados durante esta experimentación. En la primera mezcla el 82 % de los residuos son jícama, papaya y zanahoria y en la segunda mezcla el 82 % son mango naranja, papaya, piña y sandia.

Tabla 1. Composición de las mezclas de RFV

Tipo de Residuo	*Mezcla de RFV (1)*	*Mezcla de RFV (2)*
Betabel	0.06	0.04
Hoja de Rábano	0.05	0.00
Jícama	0.28	0.03
Limón	0.02	0.00
Mango	0.00	0.17
Melón	0.00	0.08
Naranja	0.00	0.10
Papaya	0.38	0.21
Pepino	0.06	0.04
Piña	0.00	0.16
Sandia	0.00	0.18
Zanahoria	0.16	0.00
Total	**1.00**	**1.00**

Conocer las características físicas y químicas de los residuos sólidos orgánicos permite realizar una correcta selección del tipo de proceso de fermentación. La digestión anaerobia necesita una serie de nutrientes para convertir el carbono a gas, entre todos los necesarios (macro y micronutrientes) los que se consideran más importantes son el nitrógeno y el fosforo. El nitrógeno se conserva durante el proceso ya que su asimilación es despreciable, la mayoría del nitrógeno orgánico se transforma a nitrógeno amoniacal, si el nitrógeno está en exceso puede producirse amoniaco en exceso, es decir, 150 mg.L^{-1}, e inhibir el proceso [7]. Por su parte el fosforo al igual que el nitrógeno se conserva durante el proceso de la DA, el fósforo orgánico insoluble pasa a ortofosfato y forma estruvita lo que causa un cambio de pH y reducción en las presiones parciales del sistema. El balance de nutrientes se estima generalmente por la relación C:N:P, expresándose en la práctica como demanda química de oxígeno (DQO):N:P para la digestión anaerobia la relación más adecuada es 350:5:1 cuando los residuos tienen alto contenido de carbohidratos [8]. En la Tabla 2 se muestra la caracterización fisicoquímica de las mezclas de RFV utilizadas en esta investigación, los valores están en el intervalo reportado en otras investigaciones en las que se utilizan mezclas de frutas y verduras como sustrato [11,12], para las mezclas usadas el porcentaje de carbohidratos fermentables fue de 41% (mezcla 1) y 56% (mezcla 2), por lo que no será necesario balancear esta relación al utilizar estas mezclas de RFV.

 ISSN 2007-8102

Tabla 2. Características fisicoquímicas de las mezclas de RFV.

Parámetro	*Unidades*	*Mezcla de RFV (1)*	*Mezcla de RFV (2)*
pH		4	5
Conductividad	$\mu S.cm^{-1}$	160.4	341.4
Humedad	%	91.5	89.4
Sólidos totales (ST)	$g.g^{-1}$ *residuo*	0.085	0.11
Sólidos fijos (SF)	$g.g^{-1}$ *residuo*	0.010	0.01
Sólidos volátiles (SV)	$g.g^{-1}$ *residuo*	0.074	0.10
DQO $_{ST}$	$g.g^{-1}$ *ST*	0.813	0.890
DQO $_{SV}$	$g.g^{-1}$ *SV*	0.713	0.830
Carbohidratos totales	$g.g^{-1}$ *ST*	0.435	0.627
Proteínas	$g.g^{-1}$ *ST*	0.149	0.137
Fósforo	*mg.* g^{-1} *ST*	3	6
Nitrógeno	*mg.* g^{-1} *ST*	19	10
Densidad de empaque	g.L-1	802	800
Azúcares reductores	$g.g^{-1}$ *ST*	0.360	0.503
Grasas	$g.g^{-1}$ *ST*	0.024	0.033
DQO: N:P		350:8.3:1.4	350:3.8:2.5

Sistema anaerobio de dos etapas

Solubilización de los RFV.

Para minimizar el tiempo de retención en la digestión anaerobia de RFV, en este trabajo, primeramente, se separaron los sustratos de fácil biodegradación mediante su solubilización en agua. La mezcla de RFV fue sometida a mezclado en un tanque con agua en una proporción V:V,1:2.

Después de cargar el reactor con RFV el pH de la mezcla agua-RFV desciende a 3.7. Al líquido del tanque se le midió los sólidos volátiles disueltos (SDV) diariamente hasta que se llegó a la máxima concentración de DQO soluble, definida como la DQO de partículas menores a 1.5 µm (Figura 3). El mezclado de los RFV y el agua provoca inmediatamente que la materia orgánica se disuelva llegando hasta 2 $gSDV.L^{-1}$ y después de dos días de operación se incrementó llegando a valores promedio de 7 ± 1 $gSDV.L^{-1}$. Por su parte, la concentración máxima promedio de AGV en el tanque después de cuatro días fue de 5000 ± 500 $mg.L^{-1}$ (Figura 4). Una vez alcanzado la máxima concentración de SDV, se retiró el agua con los sólidos disueltos y se utiliza como sustrato para la alimentación del RAFA. Al sólido restante se le agregaron nuevamente 20 L de agua para continuar con la separación de los sólidos solubles en la mezcla; en la Figura 3 se observó que durante el segundo lavado la máxima solubilización de sólidos fue de 6 g $DQO.L^{-1}$, también se observó que la máxima concentración se alcanzó inmediatamente que se realiza el cambio de agua, lo que implica que el agua utilizada en el primer lavado se satura de sólidos y se detiene la transferencia de sólidos al líquido, por lo que al cambiar el agua inmediatamente los sólidos presentes en la mezcla de RFV se incorporan al agua fresca que se añade.

Una vez que se determinó que la concentración de SDV no aumenta con el tiempo de contacto de los RFV con el agua, se volvió a retirar el líquido saturado de sólidos y se alimentaron otros 20 L de agua, en este tercer lavado se observó que los SDV llegaron hasta los 1000 $mg.L^{-1}$, lo que implica que los sólidos que son fácilmente transferidos al líquido se han trasferido prácticamente en su totalidad.

Los resultados mostrados en la Figura 3, permiten establecer que la cantidad de agua requerida para la extracción de la mayor parte de los sólidos solubles se logró cuando la relación RFV: agua es de 1:4. Por lo que se sometió una nueva mezcla de RFV a esa proporción inicial de agua y se dejó en el tanque a distintos tiempos de contacto. En la Figura 4 se observa como la máxima concentración promedio de sólidos volátiles disueltos fue de 20 ± 5 $g.L^{-1}$ a los cuatro días de contacto. Sin embargo, se observa que el 68 % de solubilización se logró en los primeros 2 días y que el 22 % adicional se logra después del día 3.

En función de los resultados descritos arriba se establece que una proporción V:V RFV:agua de 1:4 con un tiempo de retención hidráulica de 2 días son las mejores condiciones para la solubilización de los sólidos en las mezclas de RFV.

 ISSN 2007-8102

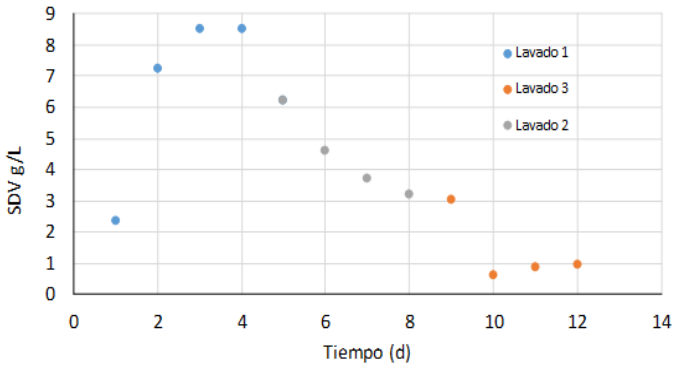


Figura 3. Cambio de los SDV en el tanque de agitado, utilizando diferentes proporciones de agua

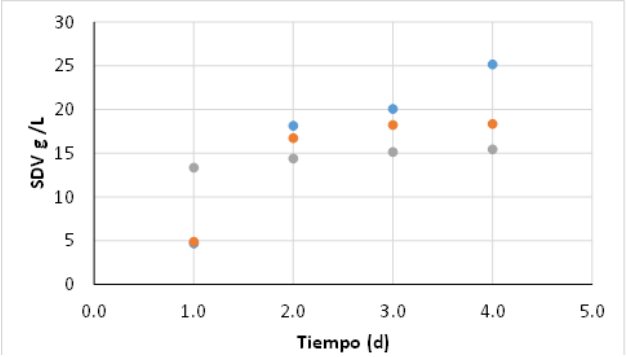


Figura 4. Cambio de la SDV en tanque agitado, con una proporción de agua 1:4 a distintos tiempos de contacto.

Producción de metano

Una vez establecida las condiciones de máxima solubilización de RFV en el tanque agitado, se procedió a alimentar el reactor anaerobio de flujo ascendente con el material solubilizado en el tanque agitado. El objetivo fue determinar la máxima carga, en términos de DQO, con la que el RAFA se mantenía estable, expresada en términos de la eficiencia de remoción, mayor o igual al 80%. En la Figura 5 se observa que hasta cargas de 6 gDQO.L^{-1}.d^{-1} se mantiene la estabilidad del RAFA.

Fueron evaluados los efectos de aumentar la carga orgánica (OLR) en el rendimiento del reactor metanogénico. La carga orgánica alimentada se incrementó de 1 a 6 g DQO.L^{-1}.d^{-1}, manteniendo una eficiencia de remoción de DQO mayor al 80 %. La producción de metano para la fracción soluble de residuos de frutas y vegetales aumentó al incrementarse la carga orgánica, (Figura 6), llegando a un valor promedio de 1.8 L CH_4.L^{-1}.d^{-1} para cargas mayores a 3 g DQO.L^{-1}.d^{-1},valor que se encuentra en el intervalo reportado para sistemas similares (1.5 L CH_4.L^{-1}.d^{-1}; [9]. Los valores máximos de producción de metano reportados por Browne y Murphy y Montes y colaboradores [9,10] para sistemas de dos etapas fueron de 1.83 y 1.5 CH_4.L^{-1}.d^{-1}, respectivamente.

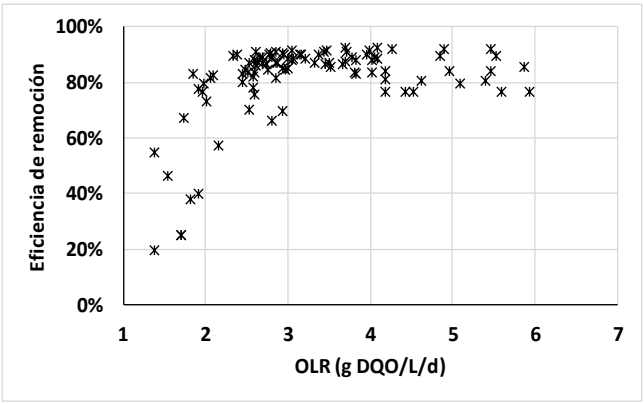


Figura 5. Producción de metano en RAFA

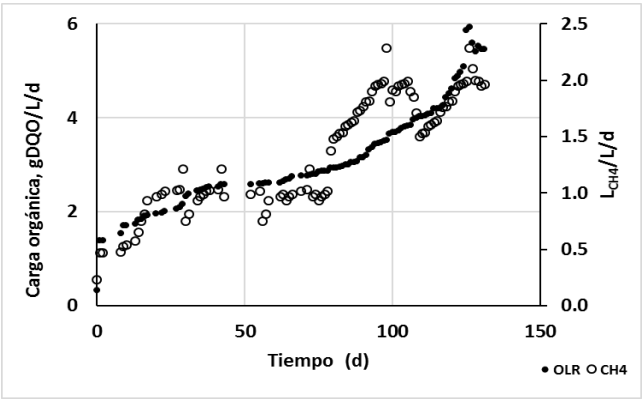


Figura 6. Producción de metano a diferentes cargas orgánicas

Sistema anaerobio de una etapa

El RAFAELL se operó bajo las condiciones mostradas en la Tabla 3. El reactor fue empacado con 5917 g de SSV, de éstos, el 5.5 % sale en el digestato, se produjeron 635 L de metano y 88.9 g SSV fueron solubilizados y recuperados en el digestato líquido. La productividad de metano en el RAFAELL fue de 0.568 L CH_4.g^{-1} SSV, lo que representa el 87% de los SSV Alimentados. RAFAELL fue más eficiente que el sistema de dos etapas (CSTR-RAFA) en términos de producción de metano ya que RAFAELL produce 3.53 L CH_4.L^{-1}.d^{-1} en comparación con los 1.8 L CH_4.L^{-1}.d^{-1} producidos por el sistema de dos etapas.

Al parecer la separación de los sólidos de fácil biodegradabilidad y el control del pH a 7 en la entrada del lecho de lodos permite mejorar la etapa metanogénica en la DA de RFV.

Tabla 3. Condiciones de operación de reactor anaerobio de flujo ascendente empacado con lecho de lodos (RAFAELL).

Parámetro	*Valor*	*Unidades*
Volumen del reactor	30	L
Flujo de salida	2.4	$L.h^{-1}$
Flujo de recirculación	40	$L.h^{-1}$
Peso empaque inicial	5917	g
Peso empaque final	700	g
TRS	6	d
TRH	12.5	h
Carga orgánica	6.32	g $SV.L^{-1}.d^{-1}$
Área	400	cm^2

Comparación de la estabilidad de los digestatos

Como se observa en la Tabla 4 la relación SF/ST es mayor para el digestato obtenido en el sistema anaerobio de una etapa. En el caso de los azúcares reductores, que nos representa el grado de hidrólisis de los polisacáridos en el residuo, observamos como en los dos digestatos después de la solubilización, la concentración de azúcares reductores ya es 10 veces más baja que en el RFV crudo.

Durante el proceso de DA los SV contenidos en RFV es transformado a metano y trasportado a la fase liquida; para el caso de los SF únicamente pueden ser transportados a la fase liquida. Por lo que se espera que la relación SF/ST aumente su proporción en el residuo sólido después de la digestión, esto implica que el digestato es más estable y por lo tanto su disposición puede ser diversificada, es decir, puede ser almacenado o puede ser utilizado como materia prima para otros procesos sin problemas de generación de vectores de enfermedades, generación de malos olores o producción de gases de efecto invernadero. El digestato puede usarse por ejemplo para el crecimiento de insectos, para recuperar biocombustibles o bioproductos basados en los conceptos de biorrefinería [13].

Tabla 4 Características fisicoquímicas del Digestato.

Parámetro	*Unidades*	*Mezcla RFV*	*Digestato dos etapas*	*Digestato una etapa*
pH		4	4.3	5.7
SF/ST	*g SF.g^{-1} ST*	0.12	0.15	0.58
Azucares reductores	*g.g^{-1} ST*	0.360	0.034	0.040

Conclusiones

Para la caracterización de la mezcla de RFV. La relación DQO:N:P están alrededor de los valores propuestos para residuos con alto contenido de carbohidratos, para las mezclas usadas el porcentaje de carbohidratos fermentables fue de 41 % (mezcla 1) y 56 % (mezcla 2), por lo que no será necesario balancear esta relación al digerir anaeróbicamente estas mezclas de RFV.

Se determinó que la cantidad de agua requerida para la extracción de la mayor parte de los sólidos solubles en un reactor de tanque agitado se logra cuando la relación RFV: agua es de 1:4. con un tiempo de retención hidráulica de 2 días.

El RAFA, soportó cargas orgánicas de hasta 6 g $DQO.L^{-1}.d^{-1}$, manteniendo su eficiencia por arriba del 80 %. Las condiciones de operación a las que debe operarse un sistema de dos etapas (CSTR-RAFA) fueron: relación agua:RFV en el CSTR; 1:4, con un TRH de 2 días. El RAFA operando a 35 °C, con un TRH de 10 h y cargas orgánicas de hasta 6 g $DQO.L^{-1}.d^{-1}$ mantiene una eficiencia de remoción de DQO mayor del 80%.

Cuando la carga de sólidos disueltos, expresada como DQO, alimentada al RAFA se encuentra entre 3 y 6 g $DQO.L^{-1}.d^{-1}$ la productividad promedio de metano es de 1.8 L $CH4.L^{-1}.d^{-1}$. Por lo que la separación de los sólidos de fácil biodegradación antes de la DA tiene un efecto positivo sobre la etapa metanogénica del proceso.
El RAFAELL genera un residuo sólido más estable (Digestato), mientras que el proceso de solubilización el residuo generado todavía presenta características similares al RFV crudo (RFV sin tratamiento).

Agradecimientos

Al TecNM por el financiamiento recibido, clave: 495.17.PD

Referencias

[1] M. Chiara, F. Veronesi, S. Briggs, L. M. Cardenas, S. Jeffery, “Legacy effects override soil properties for CO_2 and N_2O but not CH_4 emissions following digestate application to soil,” *GCB Bioenergy*, 12, pp. 445–457, 2020.

[2] F. Monlau, C. Sambusiti, E. Ficara, A. Aboulkas, A. Barakat and H.Carrère, “New opportunities for agricultural digestate valorization: current situation and perspectives,” *Energy & Environmental Science*, 8(9), pp. 2600-2621, 2015.

[3] C. L. Roß, K. Nielsen, J. Krieger, M. Hoffmann, K. Sensel-Gunke, F. Ellmer, T. Kautz, “Monitoring N : P Ratio and Cd, Cu, Pb, and Zn Contents in Different Types of Anaerobic Digestates: A Six-Year Study Case,” *International Journal of Agronomy*, 7/30/2020 pp. 1-7, 2020

[4] J. J. Walsh, D. L. Jones, G. Edwards-Jones and A. P. Williams, “Replacing inorganic fertilizer with anaerobic digestate may maintain agricultural productivity at less environmental cost,” *J. Plant Nutr. Soil Sci.*, vol. 175, pp 840–845, 2012.

[5] U. U. Ndubuisi-Nnaji, U. A. Ofon, N. I. Ekponne, O. N-A O. Offiong, “Improved biofertilizer properties of digestate from codigestion of brewer’s spent grain and palm oil mill effluent by manure supplementation,” *Sustainable Environment Research*, 30, 14, 2020

[6] J. Vian, S. E. Vigueras Carmona, A. Velasco Pérez, H. Puebla "A Novel Up-Flow Anaerobic Sludge Blanket Solid-State Reactor for the Treatment of Fruit and Vegetable Waste," *Environmental Engineering Science*, vol. 37, no. 5, pp. 373-381, 2020.

[7] M. Montalvo, L. Guerrero, “Tratamiento anaerobio de residuos,*”* . Valparaíso, Chile. Universidad tecnica Federico Santa Maria, pp.63-111. 2003.

[8] I. Julio Guerrero, C. Peláez Jaramillo and F. Molina Perez, "Evaluación de la co-digestión anaerobia de lodos de aguas residuales municipales con residuos de alimentos," *Revista ION*, vol. 29, no. 1, pp. 63-70, 2016.

[9] M.M. Montes García, S.E. Vigueras Carmona, J. Pérez Vargas, G. Zafra Jiménez, A. Velasco Pérez, C. K. Chang Solís, “Two-stage anaerobic digestion of fruit and vegetable wastes,” *Journal of Biotech Research*. 10: pp 29-37, 2019.

[10] J.D. Browne and J.D. Murphy, S. “The impact of increasing organic loading in two phase digestion of food waste,” *Renew Energ*., vol.71, pp 69-76. 2014.

[11] B. Arhoun, M. D. Villen-Guzman, C. Vereda-Alonso, J. M. Rodriguez-Maroto, F. Garcia-Herruzo, C. Gómez-Lahoz, “Anaerobic co-digestion of municipal sewage sludge and fruit/vegetable waste: effect of different mixtures on digester stability and methane yield,” *Journal of Environmental Science and Health*, Part A, 54:7, 628-634, 2019.

[12] B. Chatterjee, D. Mazumder, “New approach of characterizing fruit and vegetable waste (FVW) to ascertain its biological stabilization via two-stage anaerobic digestion (AD),” Biomass and Bioenergy 139 (2020)

[13] W. Penga, F. Lüa, L. Haoa, H. Zhanga, L. Shaoc, P. Hea, “Digestate management for high-solid anaerobic digestion of organic wastes: A review,” *Bioresource Technology*, Vol. 297, 122485, 2020,

Efecto de nutrientes y sacarosa en la germinación y desarrollo de vitroplantas de *Salix bonplandiana*

O. I. Camacho Moreno[1,2], M. I. Montero-Cortés[2], J.J Castañeda Nava[1], J. A. Qui Zapata[1], A. Gutiérrez Mora[1]*
[1]*Unidad de Biotecnología Vegetal, Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco*, A.C, Camino Arenero 1227, El Bajío, 45019 Zapopan, Jalisco México.
[2]*Instituto Tecnológico de Tlajomulco/TecNM*, Km. 10 Carr. Tlajomulco-San Miguel Cuyutlán, Tlajomulco de Zúñiga, Jalisco, 45640, México.
*agutierrez@ciatej.mx

***Área de participación**: Ingeniería Química*

Resumen

El sauce (*Salix bonplandiana)* es una planta vivípara. En condiciones naturales tarda en germinar 12 a 24 horas. El objetivo de este trabajo fue evaluar la germinación y desarrollo de la plántula de (*S. bonplandiana)* en cultivo *in vitro* durante 30 días en concentraciones de 0%, 50%, 100%, 150% de medio Murashige y Skoog 1962 (MS) y 0, 1.5% y 3% de sacarosa. La germinación de la semilla se registró en todos los tratamientos a las 24 horas, y el mejor desarrollo de la plántula (longitud de explante, número de hojas y número de raíces) se observó con los medios 150% MS con 1.5% de sacarosa, 100% MS con 3% de sacarosa y 100% MS con 1.5% de sacarosa, al no presentar diferencias significativas entre estos medios es conveniente usar los medios con menor concentración para la propagación *in vitro*.
***Palabras clave**: Medio MS, Sauce, sacarosa, germinación.*

Abstract

The willow (Salix bonplandiana) is a viviparous plant. In natural conditions it takes 12 to 24 hours to germinate. The objective of this work was to evaluate the germination and development of the (S. bonplandiana) seedling in in vitro culture for 30 days in concentrations of 0%, 50%, 100%, 150% of Murashige and Skoog 1962 (MS) medium. and 0, 1.5% and 3% sucrose. Seed germination was recorded in all treatments at 24 hours, and the best development of the seedling (length of explant, number of leaves and number of roots) was observed with 150% MS media with 1.5% sucrose, 100% MS with 3% sucrose and 100% MS with 1.5% sucrose, as there are no significant differences between these media, it is convenient to use the media with lower concentration for in vitro propagation.

***Key words**: MS medium, Salix, sucrose, germination*

Introducción

El género *Salix* consiste en alrededor de 300 especies, son árboles y arbustos caducifolios que se encuentran en una amplia gama de hábitats (riberas de ríos, dunas de arena y áreas montañosas). Diversas especies de *Salix* se caracterizan por presentar adaptaciones fisiológicas particulares. Por lo tanto, la importancia económica de la especie está aumentando y emergiendo en una amplia gama de aplicaciones prácticas para restaurar ecosistemas dañados, incluida la restauración de ecosistemas dañados [1]. Sin embargo, recientemente se ha detectado una enfermedad vegetal emergente, referida como muerte regresiva por *Fusarium* o “Fusarium dieback (FD)” por sus siglas en inglés, la cual se ha detectado en varias plantas en California y Florida. FD es causado por los efectos combinados de un escarabajo (Scolytinae) con un complejo ambrosial *Euwallacea fornicatus* y su compañero fúngico simbiótico *Fusarium euwallaceae*. Los escarabajos hembras adultas excavan en un árbol, creando galerías de cría más allá del cambium, que son simultáneamente

inoculado con *Fusarium sp*. El hongo coloniza las paredes de la galería y se convierte en la única fuente de alimento para desarrollo de larvas y escarabajos adultos. El hongo invade el tejido vascular del árbol, bloqueando el agua y los nutrientes de las raíces al resto del árbol, eventualmente causando la muerte de las ramas y muerte del árbol [2]. Diferentes estudios demuestran que la muerte regresiva causada por *F. Euwallaceae* y su vector *E. fornicatus*, afectan a numerosas familias de árboles, así como especies de cultivos, madera y ornamentales. La globalización y los modernos medios de transporte, han eliminado las barreras naturales que aislaban los complejos ambrosiales, facilitando la introducción de los mismos en nuevas áreas e incrementando el riesgo latente de una nueva asociación del hongo (*Fusarium euwallaceae*) con un escarabajo nativo que afecte diversas especies de sauce incrementando el riesgo de infestación [3], causando grandes pérdidas de plantas susceptibles al complejo ambrosial como son los árboles de Sauce (*Salix* sp). Por lo anterior es imprescindible generar estrategias que estimulen mecanismos de defensa en plantas de Sauce que permitan resistir la enfermedad [4].

La propagación convencional de plantas de *Salix* se puede dificultar debido a que las semillas presentan un periodo de viabilidad corto y la producción de estacas puede verse afectada por un crecimiento reducido y una latencia estacional [5]. Por lo que es importante generar estrategias biotecnológicas que acorten los periodos de propagación de plantas de *Salix* como es la micropropagación *in vitro*.

Algunas sales minerales ayudan al crecimiento de plantas en diferentes ecosistemas, que brindan alimento y hábitat para una gran variedad de organismos en estos ecosistemas. Sin embargo, cuando se presenta un exceso de sales minerales en el medio, generalmente es causado por diversas actividades humanas que contaminan el agua y el suelo. Las fuentes principales de contaminación en los suelos son la agricultura con el exceso de fertilizante junto con el estiércol animal aplicado a cultivos y campos, las aguas pluviales, las aguas residuales, combustibles fósiles por la generación de energía eléctrica, así como desechos de la industria aumentan la contaminación de suelos y mantos freáticos. Plantas con elevada biomasa, tales como los sauces, pueden utilizarse para la fitorremediación de terrenos, en la que se aplican especies vegetales que ayudan a la absorción, translocación y degradación de altas cantidades de sales minerales y metales tóxicos [6] [7].

La propagación sexual se logra por medio de semillas, por siembra directa: Los estudios revelan que cerca del 90 % sobrevive con métodos de siembra directa y por regeneración natural [8].

El cultivo *in vitro* o micropropagación se presenta como una excelente alternativa para superar las dificultades antes mencionadas de los métodos tradicionales, ya que por medio de esta técnica es posible germinar y reproducir clones con alto valor genético y conseguir plantas de alta calidad que pueden llegar incluso a triplicar la velocidad de su multiplicación [9]. En algunos estudios anteriores el uso del medio MS para la propagación de plantas de Sauces en cultivo *in vitro* presenta una buena respuesta en la generación de yemas axilares de sauce [10], además, se ha observado que el aumento en la concentración de sacarosa (mayor a 3% de sacarosa) no favorece el enraizamiento, ni la formación del número de raíces [11], por lo anterior en este estudio se empleó una concentración máxima de 3% de sacarosa. El propósito de este estudio fue evaluar bajo condiciones *in vitro,* la germinación de semillas y su desarrollo vegetativo en diferentes concentraciones de medio MS, en combinación con distintas concentraciones de sacarosa (0%, 1.5% y 3%) en el medio de cultivo [12].

Metodología

Establecimiento de semillas de *Salix* en medio MS

Se recolectaron frutos del sauce *(S. bonplandiana)* (Figura 1A) y se seleccionaron las cápsulas con una coloración verde y amarilla, que contienen las semillas viables, mientras que las cápsulas con una coloración café y negra fueron eliminadas (semillas no viables), (Figura 1B). Se extrajeron entre cinco a seis semillas de cada cápsula en condiciones asépticas eliminando el apéndice plumoso

 ISSN 2007-8102

(Figura 1C), después del proceso de desinfección las semillas fueron establecidas en condiciones *in vitro* en los diferentes tratamientos de medio de cultivo para el evaluar el desarrollo de las plántulas (Figura 1D).

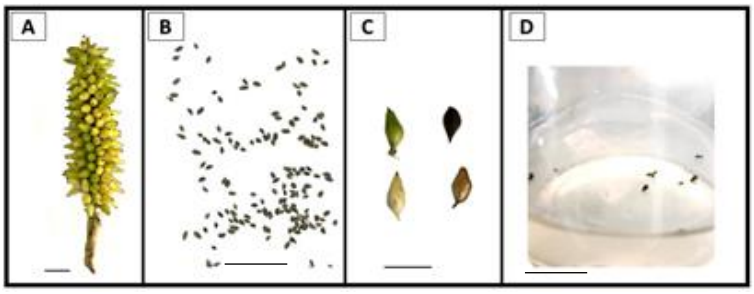


Figura 1. Establecimiento de semillas cigóticas de plantas de *Salix* en cultivo in vitro. A. Frutos; B y C. Semillas; D. Semillas establecidas en medio de cultivo *in vitro*. Barra = 0.5 cm.

Establecimiento de semillas en cultivo *in vitro*

Los frutos se recolectaron en noviembre del 2019 en Zapopan en el Estado de Jalisco, México (coordenadas DMS 20° 41' 55.69'' N 103° 28' 36.72'' O). En condiciones asépticas las cápsulas fueron separadas del fruto y se disectaron cuidadosamente para extraer las semillas. Las semillas se colocaron en una solución de cloro comercial al 1% (v/v) durante 15 min., posteriormente se realizaron 3 enjuagues con agua destilada estéril. Las semillas fueron transferidas al medio de cultivo MS [13] con variaciones en las concentraciones de sales (macroelementos y microelementos). El medio fue adicionado con 8 g L^{-1} de agar sin reguladores de crecimiento. El medio fue ajustado a un pH de 5.8 con NaOH después se esterilizó durante 15 min. a una temperatura de121°C).

Evaluación del efecto de sales y carbohidratos en la germinación de semillas y desarrollo de vitroplantas de *Salix*.

Para evaluar el efecto de las sales (macronutrientes y micronutrientes) y vitaminas del medio de cultivo MS [13], se emplearon diferentes concentraciones del medio MS con 0, 50, 100 y 150% (v/v), en el testigo se colocó agua destilada "0 % (v/v) MS. También se evaluó el efecto de la concentración de carbohidratos (sacarosa) en la germinación y el desarrollo de plántulas a partir de semillas. Se diseñó un experimento con los siguientes tratamientos: T1. Control (0 % (v/v) MS sales y 0 % (p/v) de sacarosa), T2. 0 % (v/v) MS sales y 1.5 % (p/v) de sacarosa, T3. 0 % (v/v) MS sales y 3 % (p/v) de sacarosa, T4. 50 % (v/v) MS sales y 0 % (p/v) de sacarosa, T5. 50 % (v/v) MS sales y 1.5 % (p/v) de sacarosa, T6. 50 % (v/v) MS sales y 3 % (p/v) de sacarosa, T7. 100 % (v/v) MS sales y 0 % (p/v) de sacarosa, T8. 100 % (v/v) MS sales y 1.5 % (p/v) de sacarosa, T9. 100 % (v/v) MS sales y 3 % (v/v) de sacarosa, T10. 150 % (v/v) MS sales y 0 % (p/v) de sacarosa, T11. 150 % (v/v) MS sales y 1.5 % (p/v) de sacarosa, T12. 150 % (v/v) MS sales y 3 % (p/v) de sacarosa. Los cultivos se mantuvieron a 25 ± 2 ° C con un fotoperiodo de 16h luz (blanca) /8h oscuridad. Se evaluó el porcentaje de germinación a las 24 horas de establecido el cultivo y los parámetros de desarrollo de la plántula se evaluaron cada 10 días. Los parámetros de desarrollo de la planta incluyeron: longitud del explante (LE), número de hojas (NH), número de raíces (NR) y longitud de raíces (LR). Este último parámetro se consideró una escala del 1 al 3, en el que se les asignó el valor como se explica a continuación:

1. Raíces con longitud de 1 a 5mm.
2. Raíces con longitud de 6mm a 1.5cm
3. Raíces con longitud de 1.6 cm a 3 cm.

Diseño experimental y análisis de datos

Se empleó un diseño experimental completamente al azar los datos presentados corresponden a tres repeticiones con 4 semillas por tratamiento. Los datos obtenidos durante el experimento se

sometieron a un análisis de varianza (ANOVA). La comparación de medias se determinó por la prueba de Tukey (P<0.05).

Resultados y discusión

Germinación de semilla en medio MS

En cuanto al porcentaje de germinación en semillas de *S. bonplandiana*, se presentó una germinación del 100 % en todas las semillas establecidas en cultivo *in vitro* a las 24h, lo que indica que la variación de la concentración de medio MS y la variación en la concentración de sacarosa en el medio de cultivo no influye en la germinación de las semillas de *S. bonplandiana* comparado con un estudio en el que se hizo con semillas de *Salix variegata* donde se reportó que la viabilidad de las semillas tienen una duración de 10 días después de salir de la cápsula, por otro lado se ha reportado que en las primeras 24 horas se puede tener hasta el 95% de germinación en sustrato [14].

Desarrollo de plántulas a partir de semillas en medio MS

El desarrollo de cada tratamiento comenzó a observarse a los 10 días de cultivo *in vitro* (Tabla 1), los tratamientos T8, T9 y T11 presentan los más altos parámetros de desarrollo evaluados, en el caso de la longitud del explante (LE) se obtuvieron valores entre 0.52 a 0.63 cm, en el caso del número de hojas (NH) se presentaron valores entre 1 a 1.83 en estos tratamientos y también se observó la generación del sistema radicular, tanto en el número de raíz (NR), como en la longitud de la raíz (LR).

Tabla 1. Evaluación de parámetros de desarrollo de plántulas de *Salix* en el día 10 de cultivo *in vitro*

Tratamiento	LE [cm]°*	NH°*	NR°*	LR°*
T1	0.33±0.03de	0.00±0.00c	1.00±0.00b	1.00±0.00d
T2	0.30±0.02e	0.00±0.00c	1.00±0.00b	1.41±0.15cd
T3	0.39±0.04cde	0.00±0.00c	1.00±0.00b	2.00±0.00ab
T4	0.46±0.06bcde	0.00±0.00c	0.33±0.14c	0.33±0.14e
T5	0.53±0.03abc	0.50±0.26bc	1.17±0.11ab	1.67±0.14abc
T6	0.65±0.03a	0.50±0.26bc	1.75±0.22a	1.67±0.14abc
T7	0.51±0.05abc	0.67±0.28bc	1.08±0.08b	1.17±0.11cd
T8	0.63±0.04ab	1.00±0.30ab	1.42±0.26ab	1.58±0.15bc
T9	0.52±0.04abc	1.67±0.22a	1.50±0.23ab	1.25±0.13cd
T10	0.40±0.04cde	0.00±0.00c	0.00±0.00c	0.00±0.00e
T11	0.54±0.04abc	1.83±0.167a	1.58±0.15ab	2.17±0.11a
T12	0.50±0.02abcd	1.33±0.28ab	1.08±0.08b	2.08±0.08ab

°LE.- Longitud de explante, NH.- número de hoja, NR.- número de raíz, LR.- longitud de raíz
*En la Tabla se representa la media con la desviación estándar y las diferentes letras entre columnas denotan diferencia significativa (P<0.05)

A los 20 días de cultivo los tratamientos que muestran mayor valor en los parámetros de LE, NH y NR fueron T7, T8 y T11 presentando una longitud del explante (LE) de 0.9, 1.02 y 0.89 cm respectivamente. Con respecto al número de hojas los valores se encuentran entre 2.5 y 3.75, estos tratamientos también generaron el sistema radicular. En controversia con este estudio los explantes de *Berberidosis corallina* cultivados en medio MS presentan necrosis en el tejido debido al alto contenido de nitrógeno en el medio de cultivo [15]. Mientras que en *Salix bonplandiana* se puede observar que los medios de cultivo MS con 150 %, 100 % y 50 % (v/v) tienen un efecto positivo en la disponibilidad de nutrientes y la influencia de la fisiología de la planta que se ve marcada sobre la respuesta *in vitro*.

 ISSN 2007-8102

Tabla 2. Evaluación de parámetros de desarrollo de plántulas de *Salix* a los 20 días de cultivo *in vitro*

Tratamiento	LE [cm]°*	NH°*	NR°*	LR°*
T1	0.36±0.03d	0.00±0.00e	1.58±0.23abc	1.67±0.14de
T2	0.40±0.04d	0.00±0.00e	2.33±0.19abc	2.67±0.14ab
T3	0.49±0.05cd	0.00±0.00e	3.08±0.38a	3.00±0.00a
T4	0.55±0.08cd	0.00±0.00e	1.08±0.08bc	1.17±0.11ef
T5	0.71±0.04bc	1.16±0.30de	2.75±0.86ab	2.17±0.24bcd
T6	0.85±0.03ab	1.33±0.28cd	2.92±0.29a	2.67±0.14ab
T7	0.90±0.04ab	2.50±0.38abc	1.83±0.21abc	1.92±0.23cd
T8	1.02±0.05a	3.00±0.35ab	2.75±0.31ab	2.67±0.14ab
T9	0.90±0.08ab	1.92±0.48bcd	2.67±0.40ab	2.67±0.14ab
T10	0.49±0.04cd	1.00±0.30de	0.75±0.18c	0.67±0.14f
T11	0.89±0.06ab	3.75±0.25a	2.67±0.26ab	2.92±0.08a
T12	0.70±0.05bc	3.00±0.30ab	2.25±0.28abc	2.50±0.15abc

°LE.- Longitud de explante, NH.- número de hoja, NR.- número d raíz, LR.- longitud de raíz
*En la Tabla se representa la media con la desviación estándar y las diferentes letras entre columnas denotan diferencia significativa (P<0.05)

Altura de las plantas a los 30 días

A los 30 días de cultivo *in vitro* los explantes con mayor altura se observaron en T11 con una concentración de medio MS al 150 % (v/v) y 1.5 % (p/v) de sacarosa, presentando una altura de 1.31 cm, al igual que los tratamientos T8, T9 con 12.4 y 11.5 cm respectivamente, así como en T7 y T12 con 11.4 cm. La longitud de los explantes fue menor en los tratamientos con una concentración de 0% (v/v) de medio MS (T1, T2, T3), así como en los tratamientos T4 y T10 donde no se tenía sacarosa en el medio de cultivo. Los tratamientos T6 y T9 con 50 % y 100 % de medio MS respectivamente no presentan diferencia significativa en la altura de los explantes, resultados similares se obtuvieron en estudios efectuados en catleya, donde utilizaron medio MS al 25, 50 y 100 % (v/v) para la germinación y desarrollo de plántulas de catleya, en la que no se presentó diferencia significativa en la altura de los explantes [16]. Sin embargo, en este estudio la disminución de sacarosa en los tratamientos con 50% de medio MS como son T4 y T5, con una reducción en la concentración de sacarosa de 1.5 % y 0% respectivamente afecta negativamente en la longitud del explante (0.68 y 0.85 cm) presentando diferencias significativas con los tratamientos con 100 % (v/v) de medio MS (T7, T8 y T9), ver Tabla 3.

Tabla 3. Evaluación de parámetros de desarrollo de plántulas en el día 30 de cultivo in vitro

Tratamiento	LE [cm]°*	NH°*	NR°*	LR°*
T1	0.41±0.032d	0.00±0.00d	2.50±0.50abcde	1.67±0.14cd
T2	0.49±0.042d	0.17±0.17cd	2.92±0.2abcd	2.67±0.14ab
T3	0.60±0.051cd	0.00±0.00d	4.25±0.37a	3.00±0.00a
T4	0.68±0.108cd	0.00±0.00d	1.67±0.22cde	1.33±0.14d
T5	0.85±0.057bc	1.50±0.42bc	2.33±0.35bcde	2.33±0.26abc
T6	1.11±0.042ab	2.17±0.27b	3.25±0.43abcd	2.83±0.11ab
T7	1.14±0.102ab	3.75±0.30a	2.67±0.35abcd	2.25±0.22bc
T8	1.24±0.043a	4.08±0.42a	3.00±0.35abcd	2.92±0.08ab
T9	1.15±0.119ab	4.42±0.34a	3.83±0.49ab	2.67±0.14ab
T10	0.74±0.056cd	2.25±0.30b	0.83±0.17e	1.00±0.21d
T11	1.31±0.042a	4.75±0.33a	1.58±0.26de	3.00±0.00a
T12	1.14±0.097ab	4.58±0.40a	3.42±0.53abc	2.58±0.15ab

°LE.- Longitud de explante, NH.- número de hoja, NR.- número d raíz, LR.- longitud de raíz
*En la Tabla se representa la media con la desviación estándar y las diferentes letras entre columnas denotan diferencia significativa (P<0.05)

 ISSN 2007-8102

Longitud de raíz a los 30 días

Los nutrientes y la sacarosa fueron factores importantes para la longitud de la raíz, ver Tabla 3. La longitud de raíz no se vio influenciada por las distintas concentraciones de medio MS, a comparación de otro estudio [17], donde demostraron que la biomasa de raíces de 6 variedades de sauce disminuyó con la adición de fertilizante. Sin embargo, el factor que influyó negativamente en la longitud de la raíz fue la ausencia de sacarosa en el medio, como se puede observar en los tratamientos T1, T4, T7 y T10 (ver Tabla 3), los cuales presentaron los menores valores en la longitud de raíz, mientras que todos los tratamientos que contienen 1.5% y 3% de sacarosa presentaron los mayores valores en la longitud de raíz, independientemente de la concentración de medio MS empleada, se puede observar este mismo efecto en plántulas de papaya [18] en el que usaron diferentes concentraciones de sacarosa y la longitud de raíz se vio afectada al no usar sacarosa.

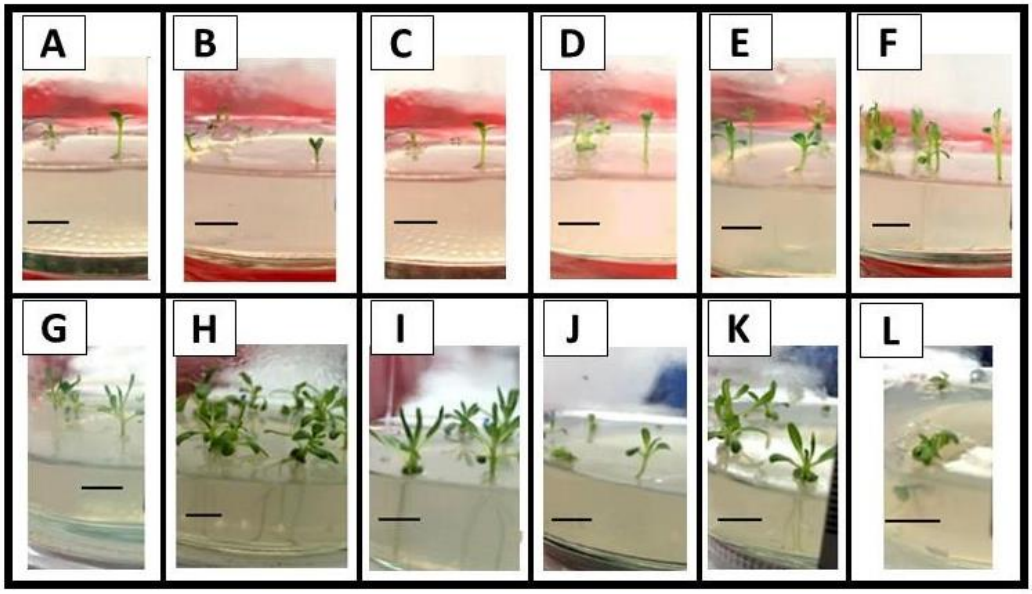


Figura 2. **Desarrollo de plántulas de *Salix* a los 30 días de cultivo in vitro. A. T1.- 0 %** (v/v) **MS – 0 % sacarosa; B. T2.- 0 %** (v/v) **MS - 1.5 %** (p/v) **sacarosa; C. T3.- 0 %** (v/v) **MS – 3 %** (p/v) **sacarosa; D. T4.- 50 %** (v/v) **MS – 0 %** (p/v) **sacarosa; E.T5.- 50 %** (v/v) **MS - 1,5 %** (p/v) **sacarosa; F.T6.- 50 %** (v/v) **MS – 3 %** (p/v) **sacarosa; G. T7.- 100 %** (v/v) **MS – 0 %** (p/v) **sacarosa; H. T8.- 100 %** (v/v) **MS - 1.5 %** (p/v) **sacarosa; I. T9.- 100 %** (v/v) **MS – 3 %** (p/v) **sacarosa; J. T10.- 150 %** (v/v) **MS – 0 %** (p/v) **sacarosa; K. T11.- 150 %** (v/v) **MS - 1.5 %** (p/v) **sacarosa; L. T12.- 150 %** (v/v) **MS – 3 %** (p/v) **sacarosa. La escala de las barras corresponde a 0.5 mm**

En cuanto a la generación de hojas es un parámetro importante para el desarrollo de la planta, en el que se está adquiriendo y asimilando de manera correcta los nutrientes, vitaminas y sacarosa, entre más sea el número de hojas en la planta, más ayudan a su desarrollo, aquellas plantas que tengan más hojas, serán plantas más estables y vigorosa. El incremento en el número de hojas se observa en los tratamientos del T5 a T12 de la Tabla 3. El promedio máximo que se obtuvo en el número de hojas fue de (4.75) en el T11, seguido de (4.58) en el T12, (4.42) en el T9, (4.08) T8 y (3.75) T7 en donde éstos no tuvieron diferencia significativa. En general se puede observar en la Figura 2 el desarrollo de las plántulas en el día 30 de cultivo en los diferentes tratamientos, observándose que los tratamientos T7, T8, T9, T11 y T12 presentan el mejor desarrollo de la plántula a partir de semilla, ver Figura 2G a la 2I y de la Figura 2K a la 2L, en el caso del tratamiento T7 a T9 el medio MS se emplea a la concentración normal empleada por Murashige y Skoog, mientras que en el tratamiento T11 y T12 se emplea una concentración de 150 % (v/v) de medio MS. Sin embargo, el empleo de concentraciones de 0 y 50 % (v/v) de medio MS (T1 a T6) aunque no afectan el porcentaje de germinación de las semillas, el desarrollo de las plántulas es muy lento (Figura 2A-F).

Trabajo a futuro

Se continuará con las evaluaciones del desarrollo de la plántula hasta el día 60 para poder determinar cuál de estos tratamientos presenta las mejores condiciones para la germinación y crecimiento de las plántulas. Se realizará la optimización de la propagación *ex vitro*, desde la etapa de multiplicación, enraizamiento y aclimatación de las plántulas, para su uso posterior en la evaluación de estrategias de inducción de respuestas de resistencia en plantas de *salix* contra *Fusarium sp* (infección por complejos ambrosiales).

Conclusiones

De los doce tratamientos que se evaluaron en este estudio, los tratamientos T8, T9 y T11 fueron los que destacaron en los parámetros de desarrollo evaluados (longitud del explante, número de hojas, número de raíces y longitud de raíz) en las plántulas *in vitro* de (*S. bonplandiana)*, sugiriendo que concentraciones de 100 y 150 % de medio MS, así como la presencia de sacarosa (1.5 y 3 %) promueven un mejor desarrollo de las plantas in vitro.

Agradecimientos

Este trabajo fue realizado en el Laboratorio Nacional PLANTECC. Se agradece al CIATEJ por proveer las instalaciones necesarias para el desarrollo del proyecto y al proyecto FORDECYT 292399 financiado por CONACYT.

Referencias

[1] J. Ball, J. Carle y A. Del Lungo, «Contribución de álamos y sauces a la silvicultura sostenible y al desarrollo rural,» 2005. [En línea]. Available: http://www.fao.org/3/a0026s/a0026s02.htm. [Último acceso: 01 Agosto 2020].

[2] A. Eskalen, P. F. Rugman jones , S. Colleen Lynch, M. Twizeyimana, A. Gonzalez y T. Thibault , «Host Range of Fusarium Dieback and Its Ambrosia Beetle (Coleoptera: Scolytinae) Vector in Southern California,» *Plant Disease,* pp. 938-951, Enero 2013.

[3] D. P. G. Short , K. O´Donnell, J. E. Stajich , J. Huler, T. Kijimoto, M. C. Berger , A. M. Macias, E. J. Spahr , C. C. Bateman, A. Eskalen, S. C. Lynch, A. I. Cognato, M. F. Cooperband y M. T. Kasson , «PCR Mutiplexes Discriminate *Fusarium* Symbionts of invasive *Euwallacea* Ambrosia Beetles that Inflict Damage n Numerous Tree Species Throughout the United States,» *Plant Disease,* vol. 101, nº 1, pp. 233-240, 2017.

[4] D. Tripathi, G. Raikhy y D. Kumar, «Chemical elicitrors of systemic acquired resistance-Salicylic acid and its functional analogs,» *Current Plant Biology,* nº 17, pp. 48-59, Marzo 2019.

[5] R. Pierik, «Rejuvenation and micropropagation,» de *Progress in plant celular and molecular biology*, H. Nijkamp , L. Van Der Plas y J. Van Aatrijk , Edits., Dordrecht, Kluwer Academic Publisher, pp. 91-101.

[6] D. Valero y M. de Cárcamo, «La contaminación por nutrientes,» 11 Enero 2017. [En línea]. Available: http://fusades.org/lo-ultimo/blog/la-contaminaci%C3%B3n-por-nutrientes-nitrogeno-y-fosforo. [Último acceso: 01 Agosto 2020].

[7] A. E. Delgadillo López, C. A. González Ramírez, F. Prieto García, J. R. Villagómez Ibarra y O. Acevedo Sandoval, «Fitorremediación: una alternativa para eliminar la contaminación,» *SciELO,* vol. 14, nº 2, Agosto 2010.

[8] C. S. Kunth, «*Salix bonplandiana*,» de *Nova Genera et Species Plantarum*, vol. 2, París, 1815, pp. 233-235.

[9] M. Uribe Moraga y L. Cifuentes G., «Aplicación de técnicas de cultivo in vitro en la propagación de *Legrandia cocinna*,» *BOSQUE,* vol. 1, nº 25, pp. 129-135, 26 Abril 2003.

[10] I. M. Neyra Velasco, «Propagación in vitro del sauce (*Salix alba*), para uso en defensa ribereña,» Academia de Conservación de Suelos y Agua, Tingo maría, 2015.

[11] R. Paz da Silva y Á. Vilegas Monter, «Niveles de sacarosa en el enraizamiento *in vitro* y aclimatacón *ex vitro* de plantulas del portainjerto de vid R110 (*vitis rupestris vitis berlandieri*),» *SciELO,* vol. 34, nº 12, Diciembre 2009.

[12] A. Gómez Garay, B. Pintos López , J. M. Grau Corbi y Á. Bueno Pérez, «Micropropagación de *Populus tremula L*.,» *Reduca,* vol. 2, nº 7, pp. 1-11, 2014.

[13] T. Murashige y F. Skoog, «A Revised Medium for Rapid Growth and BioAssays with *Tobacco* Tissue Cultures,» de *Physiologia Plantarum*, vol. 15, 1962, pp. 473-497.

[14] C. Fang Qing, W. Chuan Hua y J. Guo Mei, «Ecology of Salix variegata seed germination,» de *Implications for species distribution and conservation in the three Geoges region*, vol. 88, 2013, pp. 243-246.

[15] M. E. Uribe, C. Delaveau , M. Garcés y R. Escobar , «Efecto de asepsia y fitohormonas en el establecimiento *in vitro* de *Berberidopsis corallina*, a artir de segmentos nodales,» *SciELO,* vol. 1, nº 29, pp. 58-64, 2008.

[16] M. Andrade Rodriguez, J. Vargas Araujo, O. G. Villegas Torres, V. López Martínez, D. Guillen Sánchez y I. Alia Tejacal, «Germinación de semillas y crecimiento de plántulas de cattleya (*Brassolaelio cattleya*) *in vitro*,» *Interciencia,* vol. 40, nº 8, pp. 549-553, Agosto 2015.

[17] R. M. Rytter, M. Weih y N. E. Nordh, «Determinants of biomass production in hybrid willows and prediction of field performace from pot studies,» *Tree Physiology,* vol. 25, pp. 1197-1206, Enero 2005.

[18] L. Posada Pérez , Y. Padrón Montesinos, J. Gonzalez Olmedo, R. Rodriguez Sanchez, R. Barbón Rodriguez, O. Norman Montenegro, R. C. Rodríguez Escriba y R. Gómez Kosky, «Efecto del pectimorf en el enraizamiento y la aclimatación *in vitro* de brotes de papaya (*Carica papaya L*.) cutivar maradol roja,» *Cultivos tropicales,* vol. 37, nº 3, pp. 50-59, 2016.

Sistemas de agitación en la cristalización de Rebaudiósido A para la mejora de DTC

E. Bolaños Reynoso [1], A. G. Preciado Vargas[1], K. B. Sánchez Sánchez[2], L. López Zamora[1], X. Dector Hernández[1].*

[1]Tecnológico Nacional de México/Orizaba, Oriente 9, Emiliano Zapata, C.P. 94320, Orizaba, Veracruz., México
[2]Instituto Tecnológico de Celaya, Av. García Cubas 1200, C.P. 38010, Celaya, Guanajuato, México
**eusebio.itorizaba@gmail.com*
***Área de participación**: Ingeniería Química*

Resumen
En este trabajo se analizó la hidrodinámica de la cristalización por lotes de vidrio de borosilicato implementando un sistema de agitación por burbujeo para evitar la ruptura de las partículas al disminuir la frecuencia de colisión partícula-partícula y partícula-agitador para incrementar el tamaño de cristal y mejorar la DTC del glucósido de esteviol (Rebaudiósido A), como un edulcorante alternativo de la sacarosa. Se empleó un cristalizador de borosilicato de 1 L, una bomba de aire Elite 800 y manguera de 6 mm y otra de 9 mm de diámetro y una adaptación en forma de cruz, obteniendo una mejora en la DTC. Como resultado de la implementación de agitación por burbujeo se obtuvo que permite incrementar un 12.5 % el tamaño promedio del cristal D(2,1) de Rebaudiosido A, en comparación contra la agitación mecánica por paletas planas.

***Palabras clave**: cristalización, burbujeo, rebaudiósido A.*

Abstract
In this work, the hydrodynamics of borosilicate glass batch crystallization was analyzed by implementing a bubble stirring system to avoid particle breakdown by decreasing the particle-particle and particle-stirrer collision frequency to increase the crystal size and enhance the CSD of steviol glycoside (Rebaudioside A), as an alternative sweetener to sucrose. A 1 L borosilicate crystallizer, an Elite 800 air pump and a 6 mm hose and a 9 mm diameter hose and a cross-shaped fitting were used, obtaining an improvement in the DTC. As a result of the implementation of stirring by bubbling, it was obtained that it allowed to increase by 12.5% the average size of crystal D (2,1) of Rebaudioside A, compared to mechanical stirring by flat blades.

***Keywords**: crystallization, bubbling, rebaudioside A.*

Introducción
En años recientes a nivel mundial, el uso de edulcorantes naturales y artificiales se ha incrementado debido al consumo de alimentos dulces, ante tal situación se requiere de estudios acerca de nuevos edulcorantes preferentemente de origen natural, que satisfagan las necesidades de los consumidores, además de disminuir los efectos negativos que causan a la salud, como es el caso de la diabetes mellitus [1]. Tal es el caso de los glucósidos de esteviol, que provienen a partir de las hojas de la planta Stevia rebaudiana Bertoni. Entre los glucósidos que se encuentra en mayor concentración en la planta es el Rebaudiósido A, tiene un poder endulzante 300 veces mayor que el azúcar comercial, aportando cero contenidos energéticos, tiene sabor agradable, se puede obtener con pureza superior al 97% y está aprobado por el comité Mixto de Expertos FAO/OMS en Aditivos Alimenticios (JECFA) como un edulcorante seguro para la salud [2]. Actualmente, el producto se obtiene de manera artesanal con un tamaño pequeño que dificulta su comercialización y consumo, al dispersarse con facilidad en el aire, por lo que es necesario considerar una técnica de purificación que haga factible su producción a nivel industrial logrando así un producto competitivo el en el mercado actual. Una operación unitaria ampliamente conocida que permite obtener productos con las características deseadas es la cristalización, que se define como un proceso de separación

 ISSN 2007-8102

térmico para concentrar sustancias en un estado puro a partir de soluciones diluidas y tiene por objetivo obtener un producto con una distribución del tamaño de cristal (DTC) específica y de alta pureza [3].

En este trabajo se analizó la hidrodinámica de la cristalización por lotes de vidrio de borosilicato implementando un sistema de agitación por burbujeo para evitar la ruptura de las partículas al disminuir la frecuencia de colisión partícula-partícula y partícula-agitador para incrementar el tamaño de cristal y mejorar la DTC.

Metodología

Materiales

Se empleó como materia prima el Rebaudiosido A, que consiste en un polvo cristalino color blanco con 95% de pureza, no presenta olor desagradable, soluble en la mezcla agua-etanol, de sabor dulce. Es de grado alimenticio, puede emplearse como endulzante en productos de panadería, lácteos, bebidas, repostería, etcétera. Tiene un contenido energético de 0 kcal y nulo contenido de proteínas, grasas, fibra dietética, colesterol y sodio [2].

Para la realización de los experimentos se empleó un cristalizador por lotes de vidrio con capacidad de 1 L tipo tanque (ver Figura 1) con agitadores de acero inoxidable tipo propela y paleta plana (ver Figura 2) y chaqueta para el control de temperatura con capacidad de 500 ml.



Figura 1. Cristalizador



Figura 2. Agitadores

Se utilizó un baño de recirculación programable con calefacción y refrigeración modelo F34-MD marca JULABO. Cuenta con un control activo de refrigeración (ACC) donde el compresor de refrigeración se activa para todo el rango de temperaturas (-30 a 150 °C), maneja un volumen de 15 L, posee una desconexión automática en caso de perturbación y es controlado por medio de la computadora a través de un puerto de comunicación en línea RS232C.

Para la determinación del tamaño de partícula y DTC se capturaron imágenes en un microscopio modelo 37081 de la marca Carls Zeiss modelo Primo Star. Cuenta con un módulo de iluminación de lámpara halógena, iluminación LED, indicadores de la intensidad luminosa en azul, platina de desplazamientos en cruz 75x30 para el manejo desde la derecha/izquierda con sujeta objetos, cuatro objetivos de un alto poder resolutivo con óptica corregida a infinito del tipo “Plan-ACHROMAT” con aumentos de 4x, 10x, 40x 100x/Oil (aplicaciones con aceite de inmersión) para campo claro, oscuro y contraste de fases en luz transmitida. Se empleó la técnica desarrollada por Sánchez *et al*., 2020 [4], para la reconstrucción de la DTC a partir de los momentos de la curva de distribución, haciendo

 ISSN 2007-8102

uso del software CSD.jl [5]. Para la determinación de la concentración empleó un refractómetro automático modelo ATR-ST de la marca SCHMIDT HAENSCH.

Sistema de agitación
Se utilizó un sistema de agitación mecánica por paleta plana, así como un sistema de agitación por burbujeo con manguera comercial de 1 m con 4-6 mm de diámetro y un conector cruz de plástico para su unión y lograr una distribución uniforme del aire en todo el cristalizador usando una bomba de aire Elite 800 y cuatro segmentos adicionales de manguera con un tamaño de 3 cm de largo en cada lado. Así mismo, se hizo la adaptación de una manguera de diferente diámetro (9 mm) para distribuir el burbujeo en todo el cristalizador utilizando oxígeno como gas inerte. Para la implementación de estos sistemas se tomó en cuenta la mezcla 65-35% v/v etanol-agua-Rebaudiósido A.

El control de la velocidad de agitación mecánica se realizó mediante una interfaz en LabVIEW 2019 y una comunicación a través de placa Arduino NANO con voltaje de 0 a 5 mediante puertos PWM. Se realiza mediante un ajuste lineal de correspondencia entre el voltaje generado por el Arduino NANO y el driver del motor DC que controla la flecha de agitación. Es importante remarcar que el sistema de agitación mecánica se encuentra operando a lazo abierto, por lo que no se considera reducción de agitación por efectos de torque generado por solución. Sin embargo, se realizaron mediciones manuales empleando un sensor infrarrojo y se comprobó que en el rango de temperatura, la solución no disminuye la velocidad de agitación.

Resultados y discusión

Concentración de ambos sistemas
Se evaluó el IR y ° Brix para ambos sistemas de agitación, en la Figura 3 se observan los datos para el índice de refracción (IR), observándose que las variaciones no son mayores a 0.03, debido a que la concentración del soluto disuelta en el solvente es pequeña, por lo que al propiciarse la cristalización, esta no afecta en gran medida la medida del índice de refracción, a pesar de que el equipo permite medir con buena resolución (10^{-4}), descrito en la sección de Metodología.

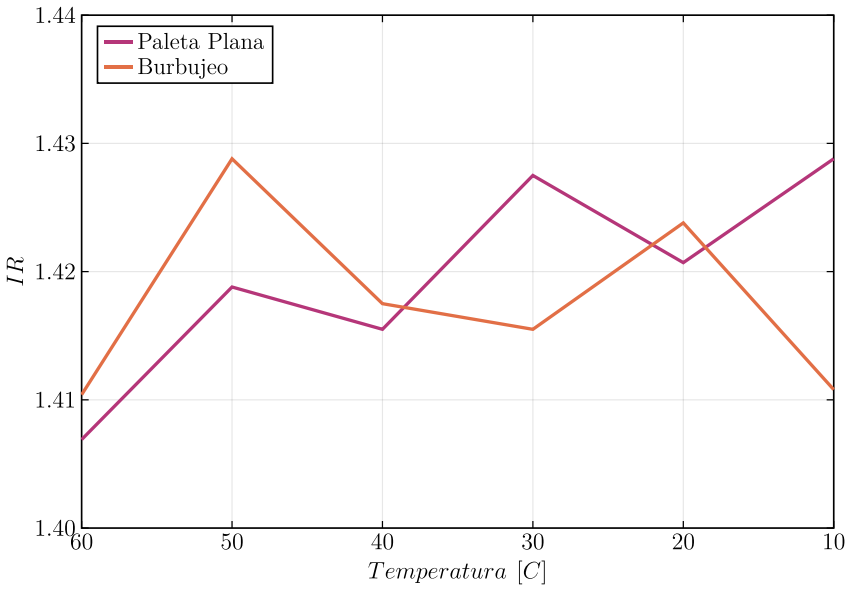


Figura 3. Comportamiento de concentraciones medidas para índice de refracción

 ISSN 2007-8102

En la Figura 4 se presentan los resultados para los °Brix mostrando a para ambos esquemas de agitación. Nuevamente, al igual que lo observado en la Figura, 3, se presentan variaciones en un rango de 45 a 54 °Brix. Comparando ambos resultados, se puede apreciar que la agitación por paleta plana presenta un mejor régimen hidrodinámico debido a la intensidad de mezclado, propiciando menores variaciones a lo largo del enfriamiento, lo que permite disminuir la presencia de variaciones en la concentración del cristalizador (micro volúmenes, ΔV) [6][7]. Por otro lado, la agitación por burbujeo presenta mayores variaciones en la concentración, pero su intensidad de mezclado no es excesiva como con paleta plana, permitiendo disminuir la ruptura de los cristales. Se evaluó si las velocidades para realizar agitación por burbujeo afectan el sistema de agitación. La variación en los datos se debió a lo inconsistente de la agitación que pese a suministrar un flujo de aire constante, no se podía controlar el taponamiento de la manguera, sin embargo, presenta un mejor comportamiento que la agitación mecánica debido a que no existe rompimiento de cristales.

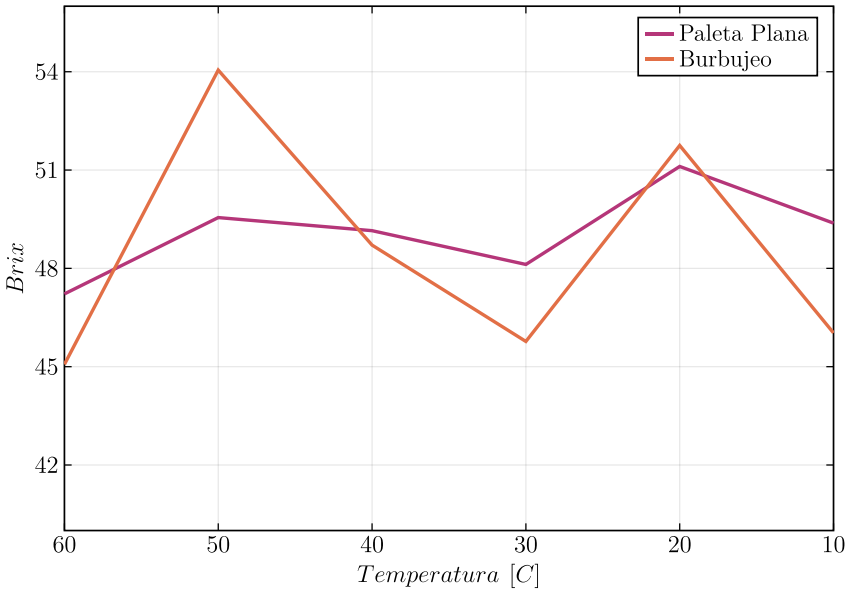


Figura 4. Comportamiento de concentraciones medidas para ° Brix

Los resultados obtenidos en este trabajo pueden ser contrastados contra los reportados previamente por Galicia (2017) [2] y Bolaños *et al.,* (2019) [9], donde se reportan valores menores de indice de refracción (IR) y Brix, debido al empleo de una mezcla 55-45 %, en comparación con lo reportado en este trabajo, donde para todo el rango de temperatura de 60 a 10 °C, se obtienen valores superiores. Esto representa que la mezcla 65-35 % incrementa la solubilidad, permitiendo disolver mayor cantidad de soluto, generando mayor producto cristalino.

DTC para ambos tipos de agitación

Se utilizó el objetivo 10x del microscópio electrónico y mediante el software Vision Assistant de National Instruments, se obtuvo una distribución de longitud D(2,1) máxima para paleta plana de 12 µm y de 13.5 µm para burbujeo. En la Figura 5 se muestran los datos en micras para ambos tipos de agitación en donde se puede ver que el burbujeo produce cristales con mayor tamaño. En la Figura 6 se muestran los datos de desviación estándar que en contraste con la gráfica anterior se muestra una mayor dispersión para los datos de burbujeo, esto puede deberse a que las burbujas son demasiado grandes para el tamaño de los cristales.

 ISSN 2007-8102

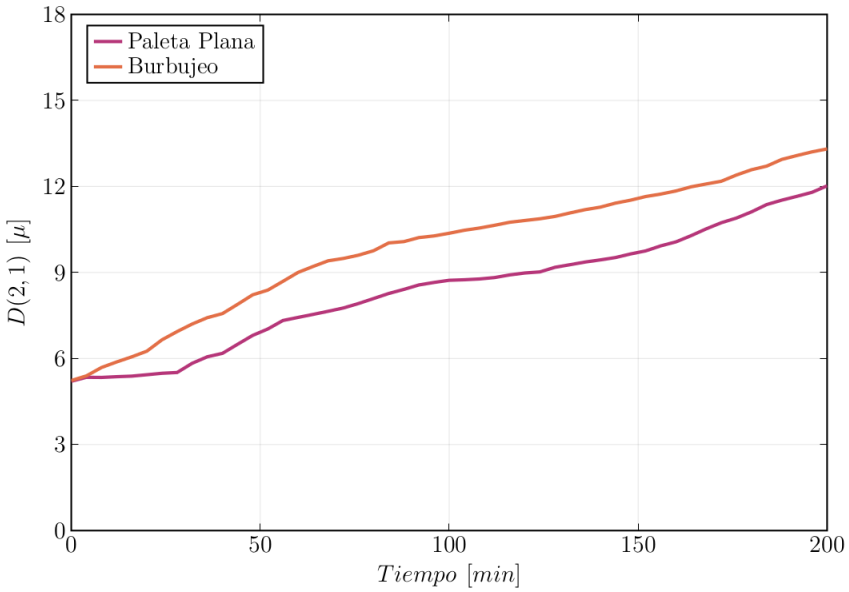


Figura 5. Tamaño de cristal D(2,1) para agitación por paleta plana y burbujeo

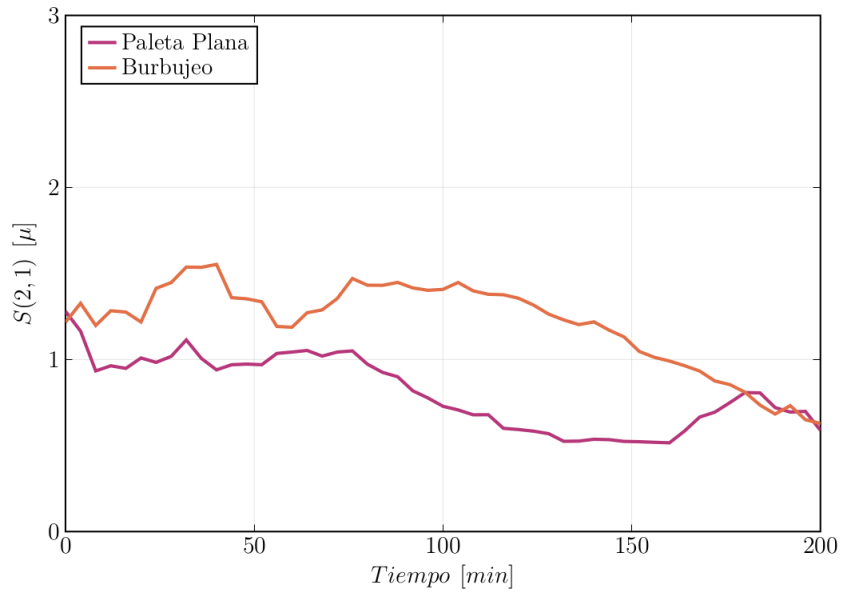


Figura 6. Desviación estándar S(2,1) para agitación por paleta plana y burbujeo

En las Figuras 7 y 8 se muestran las gráficas de superficie para ambos tipos de agitación, empleando el software CSD.jl [5]. Para el caso de la agitación por paleta plana se observa que la curva es irregular, sube y baja el porcentaje de longitud de manera aleatoria a través del tiempo de cristalización, mientras que para el caso de burbujeo es uniforme, esto se atribuye a las diferencias en los tipos de agitación, ya que las paletas tienden a alterar el tamaño del cristal. Otra ventaja de tener un comportamiento uniforme en el % longitud es que le sistema batch puede convertirse a semibatch y realizar derivaciones de producto con diferentes tamaños de cristal, permitiendo satisfacer requerimientos específicos en un mismo batch.

 ISSN 2007-8102

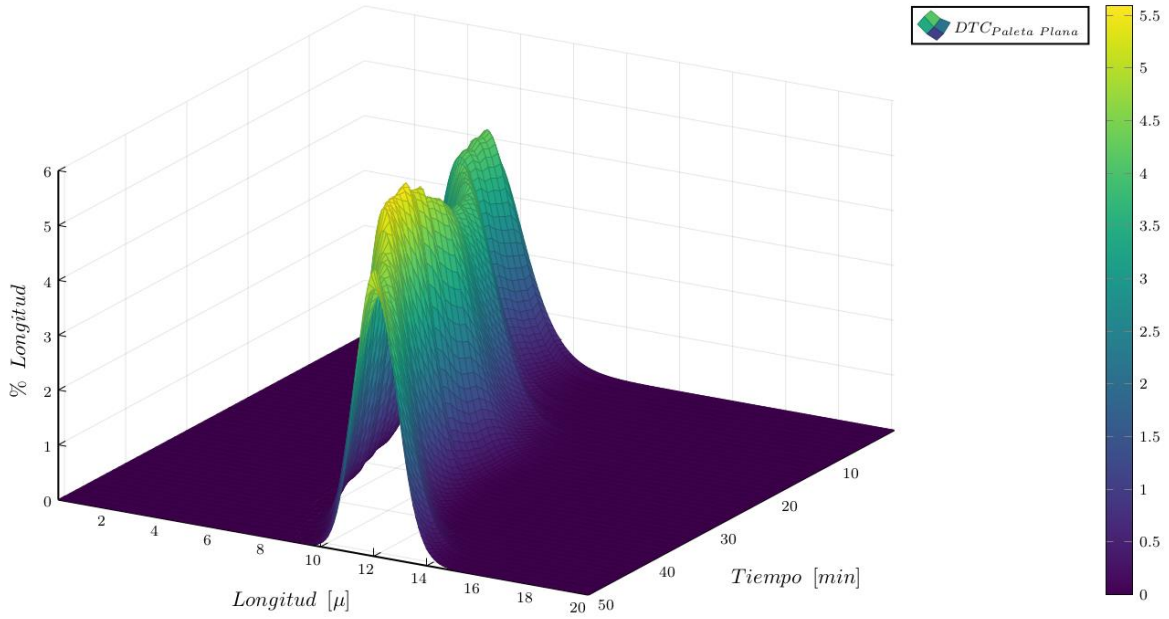


Figura 7. Gráfica de superficie para la DTC de paleta plana

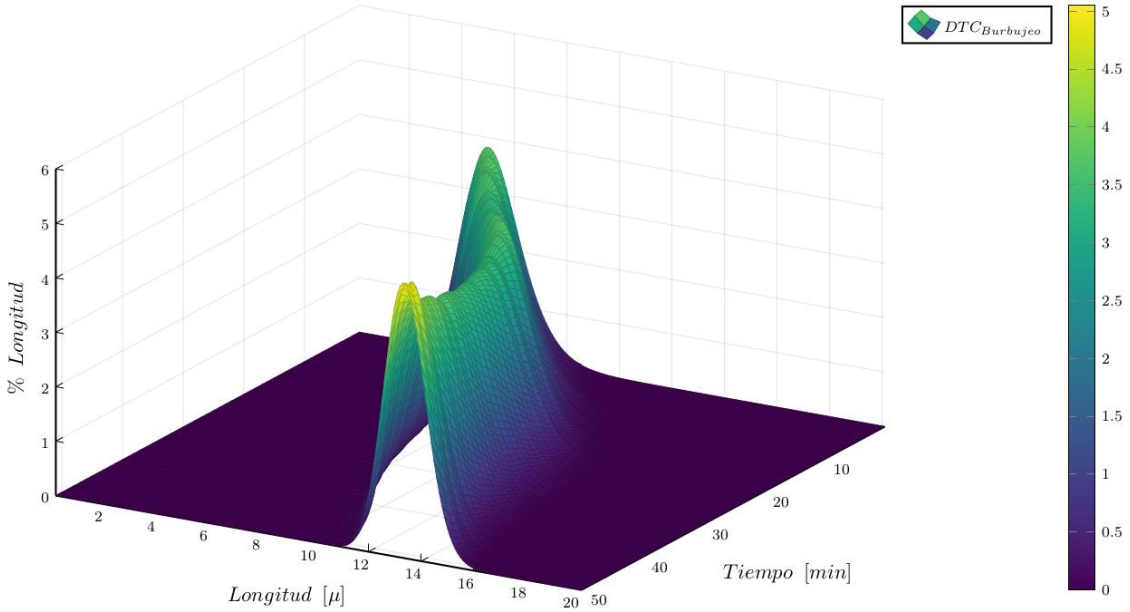


Figura 8. Gráfica de superficie para la DTC de burbujeo

Trabajo a futuro

Variar la velocidad del burbujeo en distintos niveles para obtener datos más precisos para un análisis posterior del flujo de aire.

Conclusiones

Los diferentes esquemas de agitación afectan el tamaño de los cristales de Rebaudiosido A. La agitación por burbujeo presenta una mayor D(2,1) y una mejora en la distribución de cristal que la agitación por paleta plana en 12.5 %, así como un comportamiento más uniforme en las gráficas de superficie. Lo obtenido permite concluir que la agitación por burbujeo afecta positivamente la cristalización de Rebaudiosido A, disminuyendo la nucleación durante el tiempo de proceso.

Agradecimientos

Uno de los autores de este trabajo agradece al Fondo Conacyt-SENER-Hidrocarburos por la beca otorgada para estancia posdoctoral.

Referencias

1. Khalaf, H. K. Raheem, N. R., Shaker, H. I. Abid, S. E. “Qualitative and quantitative determination of artificial sweetener saccharin sodium by FTIR spectroscopy”, *International Journal of Advances in Pharmacy, Biology and Chemistry,* vol. 3, no. 3, pp. 617-625, 2014
2. Galicia, C. L. S. “Análisis de efectos en la cristalización del Glucósido de Esteviol (Rebaudiósido A) para la maximización del tamaño D(2,1) y masa formada como sustituto edulcorante de la sacarosa”, *Tesis de Maestría. Instituto Tecnológico de Orizaba, Ver., México,* 2017.
3. K. B. Sánchez-Sánchez, “Optimización de condiciones de operación para la cristalización por lotes de azúcar de caña mediante la implementación de trayectorias programadas en MSZW y procesamiento de imágenes”, *Tesis de Doctorado en Ciencias de la Ingeniería, Instituto Tecnológico de Orizaba, México,* 2018.
4. K. B. Sánchez-Sánchez, E. Bolaños-Reynoso, J. M. Méndez-Contreras, R. Cerecero-Enríquez. “Effects Of Agitation Rates Over Metastable Zone Width (MSZW) Of Concentration For Cane Sugar Crystallization”, *Revista Mexicana de Ingeniería Química,* vol. 19, no. 2, pp. 504-520, 2020.
5. Sánchez, S. K. B., & Bolaños, R. E. “CSD (Crystal Size Distribution)”, *Kelvyn88/CSD.jl: RMIQ Paper Release (Version v1.1). Zenodo,* 2019/08/27/ 2019.
6. Eusebio Bolaños-Reynoso, Kelvyn Baruc Sánchez-Sánchez, Galo Rafael Urrea-García & Luis Ricardez Sandoval. “Dynamic Modelling And Optimization Of Batch Crystallization Of Sugar Cane Under Uncertainty”, *Industrial Engineering Chemical Research*, vol. 53, pp. 13180-13194, 2014.
7. K. B. Sánchez-Sánchez, E. Bolaños-Reynoso, L. S. Galicia-Contreras, J. Li, P. A. Quintana-Hernández. “Effects Of Agitation Rate On The Metastable Zone Width In Sugar Cane Batch Crystallization”. *Memorias del XXXVI Encuentro Nacional de la AMIDIQ. Cancún, México,* 2015.
8. E. Bolaños-Reynoso, K.B. Sánchez-Sánchez, L. López-Zamora, L. Ricardez-Sandoval. “A Study On Empirical And Mechanistic Approaches For Modelling Cane Sugar Crystallization”, *Revista Mexicana de Ingeniería Química*, vol. 17, no.2, pp. 389-406. 2018.
9. E. Bolaños-Reynoso, A. G. Preciado Vargas, M. Rosas de Jesús, L. López Zamora, K. B. Sánchez Sánchez. “Determinación de la amplitud de la zona metaestable por método politérmico para la mezcla rebaudiósido A-etanol-agua”. *Memorias del XL Encuentro Nacional de la AMIDIQ, Bahías de Huatulco, Oaxaca, México, 2019.*

Evaluación del incremento de carga orgánica en periodos cortos en un biorreactor a escala piloto

O. Garcia-Elías[1], A. Alvarado-Lassman[1], E. S. Rosas-Mendoza[2], N. A. Vallejo-Cantú,[1]O. Marín-Peña[1]*

[1] División de Estudios de Posgrado e Investigación, Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Orizaba, Av. Oriente 9 No. 852, Emiliano Zapata, Orizaba, Ver., México.

[2] CONACYT- Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico de Orizaba, Av. Oriente 9 No. 852 Col. E. Zapata, 94320, Orizaba, Veracruz, México.

*lassman@prodigy.net.mx

Área de participación: Ingeniería Química

Resumen

El objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto de las variaciones rápidas de concentración del sustrato de Fracción Orgánica de Residuos Sólidos Urbanos (FORSU) de 11, 22 y 33 gDQO/L en la Digestión Anaerobia (DA) en un periodo de 20 días para cada concentración. Se utilizó un sistema de biorreactores compuesto por un Reactor Hidrolítico (RH) y un Reactor Metanogénico (RM) de 1200 L y 2700 L respectivamente, operado en modo semicontinuo. Como parte de los resultados se obtuvieron remociones promedio de 82 % DQOt, 78 % DQOs, 79 % ST, 92 % SV y producciones de biogás de 28.72 L/h. Se demostró que es posible operar a tales concentraciones alcanzando altas remociones de materia orgánica observando ligeras perturbaciones de las colonias microbianas a escala piloto.

***Palabras clave**:* Digestión anaerobia, Residuos de frutas y verduras, Hidrólisis.

Abstract

The objective of this work was to evaluate the quick concentration variations of the Organic Fraction of Municipal Solid Waste (OFMSW) (11, 22 and 33 g COD/L) as substrate in Anaerobic Digestion (AD), in a period of 20 days per concentration. A system composed of a Hydrolytic Reactor (HR) and a Methanogenic Reactor (MR), with volumes of 1200 L and 2700 L respectively, were operated in a semi-continuous mode. As part of the result, maximum removals of 82% total COD, 78% SCOD, 79% TS, 92% VS and biogas productions of 28.72 L/h were obtained. It was demonstrated that it's possible to operate at such concentrations reaching high removals of organic matter, observing slight perturbations of the microbial colonies on a pilot scale.

***Key words**: Anaerobic digestion, Fruit and Vegetable Waste, Hydrolysis*

Introducción

A nivel global, se generan 3400 millones de toneladas de residuos orgánicos al año [1], En su mayoría, los desechos sólidos generados en gran parte en los mercados municipales, incluida la FORSU, se eliminan en vertederos, los cuales causan problemas socio-ambientales. [2]. Por lo que el manejo de residuos es uno de los desafíos más grandes para áreas urbanas y constituye uno de los cinco problemas prioritarios para las autoridades locales [3]. Menos del 20% de los desechos de frutas y verduras se tratan adecuadamente mediante DA, compostaje o vertederos. Con su alta humedad y fácil degradación biológica, los residuos orgánicos han sido ampliamente considerados como un sustrato disponible para la degradación en reactores metanogénicos [4]. Normalmente, los productos alimenticios se eliminan en perfecto estado debido a su deterioro superficial, el alto costo del almacenamiento en refrigeración o por no cumplir con las expectativas del cliente. Aproximadamente el 84% del total de residuos sólidos producidos en los mercados municipales son residuos orgánicos, y más del 50% de ellos proviene de la fracción orgánica [5].

La FORSU se caracteriza por su alta biodegradabilidad, representa la fuente principal de los impactos y riesgos ambientales adversos en los vertederos tradicionales (olores, incendios, Ácidos Grasos Volátiles (AGV´s), contaminación de aguas subterráneas por lixiviados, cambios climáticos globales, etc.) [6]. Incluye aproximadamente 75 % azúcares y hemicelulosa, 9 % celulosa y 5 % lignina [7].

La DA es un proceso biológico complejo y degradativo en el cual parte de los materiales orgánicos de un sustrato (residuos animales y vegetales) son convertidos en biogás, mezcla de dióxido de carbono y metano con trazas de otros elementos, por un consorcio de bacterias [8]. Utilizando el proceso de DA es posible convertir gran cantidad de residuos, residuos vegetales, estiércoles, efluentes de la industria alimentaria y fermentativa, de la industria papelera y de algunas industrias químicas, en subproductos útiles [9]. La mayoría de los procesos de DA dependen del sustrato empleado [10]. La principal ventaja del proceso de DA es la producción de biogás, que se puede aprovechar para la producción eléctrica. Los biosólidos estabilizados se pueden utilizar como acondicionador del suelo [3,11].

La alta biodegradabilidad del FORSU promueve la rápida producción de AGV resultando en una rápida disminución del pH, que a su vez podría inhibir la actividad metanogénica. El tipo de sustrato, la concentración y el pretratamiento para la obtención de la fracción líquida de los residuos sólidos orgánicos son factores que pueden beneficiar o perjudicar el proceso de DA [12]. Mediante la alimentación de material de difícil biodegradabilidad, como es la celulosa como sustrato principal, la tasa de hidrólisis limita la tasa de digestión general y, mediante el uso de material orgánico hidrolizado soluble (como lo son los AGV), la fase metanogénica se vuelve la etapa limitante [13]. Para optimizar el proceso de DA, se han sugerido dividir espacialmente la etapa acidogénica de la etapa metanogénica mediante el uso de dos reactores para proporcionar condiciones ambientales óptimas para cada grupo de microorganismos [8]. En la primera fase tiene lugar la formación de AGV, mientras que, en la segunda fase, los microorganismos metanogénicos convierten los ácidos grasos volátiles en metano y dióxido de carbono [14]. Los sistemas de dos fases aparecen como tecnologías más eficientes para la DA de la FORSU. Su mayor ventaja radica en la compensación de la concentración| que tiene lugar en la primera etapa, lo que permite una tasa de alimentación más constante de la segunda etapa metanogénica [4].

Las comunidades metanogénicas son muy sensibles a las concentraciones de AGV en el medio líquido, de modo que cuantos más sustratos sean solubles, fácilmente fermentables y ricos en AGV, menor tiende a ser su conversión en digestores [15,16]. La DA de dos etapas se incorpora como una posible solución para mejorar la eficiencia general del proceso, en términos de rendimientos de biodegradación y productividad energética general [11,17]. Al separar diferentes microorganismos en cada digestor anaeróbico, la DA de dos etapas amplia la posibilidad de procesamiento de diferentes especies de biomasa, mejora la conversión del sustrato, mejora la remoción de la demanda química de oxígeno (DQO) y mejorar el porcentaje de recuperación de energía. El proceso de acidificación controlada en el primer digestor ayuda a mantener una composición constante de la alimentación del próximo reactor [12,18].

El objetivo de esta investigación fue evaluar las variaciones rápidas de concentraciones del sustrato de FORSU en la DA en dos etapas, realizando la alimentación con la FORSU, a través de un pretratamiento físico y utilizando únicamente la fracción líquida. Los incrementos de concentración del efluente de alimentación fueron cada 20 días utilizándose valores de 11, 22 y 33 gDQO/L en la alimentación.

Metodología

Sustrato.

El sustrato este compuesto por la fracción liquida de la FORSU, principalmente frutas y verduras de temporada, la cual no se puede vender, por estar maltratada o en alguna etapa de descomposición por lo que recolecta para su aprovechamiento como sustrato a los biorreactores. La recolección del sustrato se realizó en un mercado municipal de la ciudad de Orizaba, Veracruz. Se recolecto aproximadamente 1 ton de FORSU a la semana. La fracción liquida se obtuvo a partir de un

pretratamiento físico, el cual consiste en una reducción de tamaño, para su posterior trituración y centrifugación obteniendo finalmente la fracción liquida de la FORSU, la fracción solida de la FORSU se destinó para líneas de investigación alterna como mejorador de suelos agotados o generación de carbón, dándole así un valor agregado al subproducto. La fracción liquida, por sus características de origen, tienen concentraciones diferentes, por lo que se estandarizo a 5 gDQO/L. La concentración del sustrato calculada a partir de la DQO en el biorreactor, se elevó de su valor inicial a 11 gDQO/L posteriormente 22 gDQO/L y finalmente 33 gDQO/L en periodos de 20 días respectivamente para cada cambio de concentración de alimentación del sistema RH-RM.

Inóculo.

El inóculo utilizado, es una mezcla de colonias microbianas especiales para cada biorreactor, utilizando bacterias metanogénicas para el RM y bacterias hidrolíticas para el RH, las cuales fueron acondicionadas previamente con la fracción liquida de la FORSM.

Sistema de biorreactores.

El sistema de biorreactores anaerobio, ubicado en la planta piloto de aprovechamiento de los (RSOM) del Instituto Tecnológico de Orizaba, en Orizaba Veracruz. El sistema de biorreactores empleados es un conjunto de RH de 1200 L de volumen total y RM de 2700 L de volumen total. El biorreactor fue operado alimentándolo con 200 L de la FORSM pretratados. Se estableció el pH en rangos de 4.5 a 5.5 para el RH y 6.5 a 7.5 para el RM, para promover la actividad bacteriana. Se alimentó en modo semicontinuo, El Tiempo de Retención Hidráulica (TRH) de los biorreactores se estabilizo a 1 día cada uno. Para operar el sistema de biorreactores, estos cuentan con equipos adicionales, tales como compresores de aire, bombas hidráulicas, bolsas de biogás, así como material y equipo para poder mantener las condiciones idóneas y la estabilidad del biorreactor.

Determinaciones analíticas.

La caracterización del sustrato se llevó a cabo para identificar los parámetros fisicoquímicos mediante el método colorimétrico 5220 D Standard Methods como la Demanda Química de Oxígeno Total (DOQt) y Demanda Química de Oxígeno Soluble (DQOs), método Gravimétrico 2540 G Standard Methods para Sólidos Totales (ST) y Sólidos Volátiles (SV). Así como la medición del pH mediante el método potenciométrico 4500-H+B de Standard Methods, con la finalidad de conocer el comportamiento del biorreactor [19].

Resultados y discusión

Caracterización del sustrato

Se realizó la caracterización del agua residual contenida en el interior del biorreactor Tabla 1. La operación del biorreactor se continuó como se trabajó manteniendo una Cva de 2 gDQO/Ld para continuar con la adaptación de los microorganismos. La cantidad de ST y SV también es baja ya que la mayor parte de los sólidos son retenidos y degradados en el RH. Estos datos obtenidos corresponden a la tendencia generada [20] y muestran el comportamiento adecuado del reactor con remociones y Cva estables y reales, el dato de pH se corrigió posteriormente con forme transcurrió el tiempo. Pues la constante generación AGVs acidifica el sistema, por lo que se debe corregir con hidróxido de sodio granular.

Tabla 1.- Caracterización del sustrato en etapa inicial

Parámetro	Unidad	Valor
DQO_T	g/L	11.54
DQO_S	g/L	9.40
ST	g/L	3.84
SV	g/L	2.06
pH	-	8.66
Cva	$\frac{gDQO}{L \cdot d}$	2

 ISSN 2007-8102

Operación del sistema de biorreactores

Se aumentó la concentración promedio de DQOt con valores de 22 g/L, y DQOt en la salida del reactor de 9.05 g/L, generando remociones promedio de 63 %, así mismo la DQOs fue de 19.62 g/L y en la salida de 7.27 g/L con remociones promedio de 60 % como se puede observar en la Figura 1, lo que generó una mejor estabilización en el sistema de biorreactores.

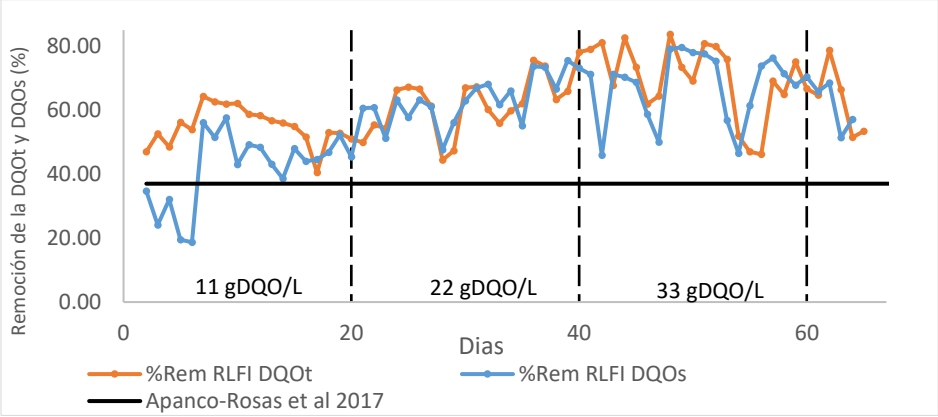


Figura 1. Comportamiento de la DQOt y DQOs en el RLFI.

El comportamiento mostrado en la Figura 1 corresponde a la etapa del RM, donde se puede ver claramente una estabilización por parte de los microorganismos durante los primeros 5 días que es la etapa de arranque, se muestra un comportamiento de incremento de las concentraciones en el día 20 y 40 sin irregularidades por la adaptación microbiana. La línea negra corresponde a datos bibliográficos y se muestra un mayor porcentaje de remoción en gDQO/L que los reportados [17].

La implementación de sellos mecánicos nuevos y mantenimiento programado a bombas de alimentación y recirculación muestra también mejores comportamientos de remoción de DQOt y DQOs, pues el uso continuo de los antiguos sellos y el desgaste propio de las propiedades físicas del efluente como su acidez por la generación continua de AGVs, provoca fugas y taponamientos en los sistemas hidráulicos, los cuales desencadenan problemas en bombas y en el sistema general. El aumento en la concentración se refleja principalmente en la Cva la cual aumento a 4.29 gDQO/L*d promedio, esto se refiere al acondicionamiento del reactor con una mayor concentración manteniendo flujos de 100 L por día de operación como se observa en la Figura 1, el siguiente aumento de concentración se refiere al subir a 200 L por día de operación el flujo de alimentación.

Los datos reportados en la Figura 2 muestran el comportamiento de los ST y SV en el sistema RH-RM, mostrando que al inicio de cada etapa el sistema bacteriano sufre por el incremento en la concentración, esta se regula al en los primeros 3 días de la alimentación en semicontinuo y continua con normalidad generando remociones promedio de 79 % de ST y 92 % de SV respetivamente. Como se puede observar en la Figura 3 existe una relación que describe el comportamiento de los ST y SV.

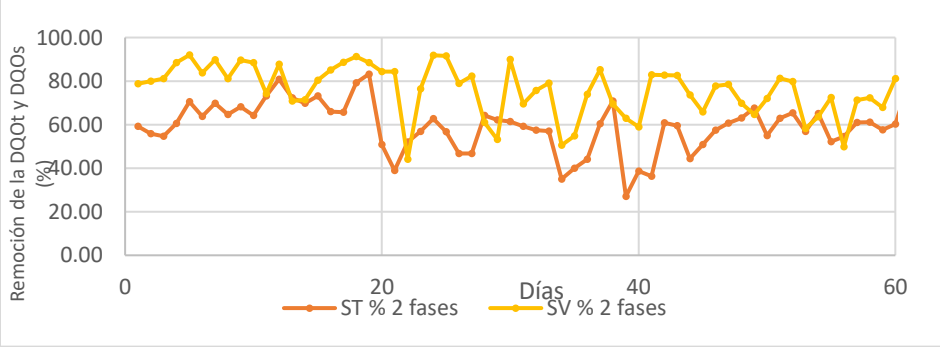


Figura 2. Remoción del sistema RH-RM en ST y SV

 ISSN 2007-8102

En la Figura 3 se muestra la generación de biogás del sistema RH-RM, teniendo 28.7 L de biogás/h en el RH generando así 228.7 L de biogás en el tiempo de operación diario de los reactores durante el tratamiento y 115 L de biogás/h en promedio, correspondientes a la emisión del sistema RM con un total de 900 L de biogás en la operación del sistema.

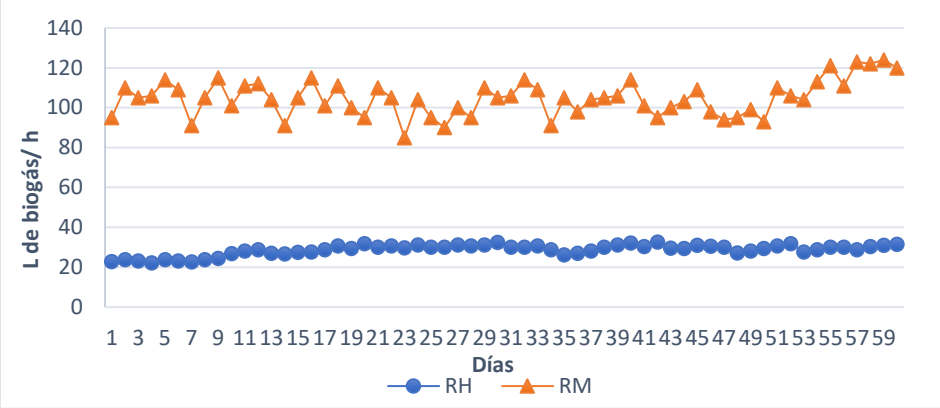


Figura 3. Generación de biogás por del RH y RH-RM

Conclusiones

El aumento gradual de la concentración ayuda a minimizar los periodos de inestabilidad de los microrganismos que realizan la DA, se observa el éxito del método obteniendo remociones altas, superando las reportadas en bibliografía las cuales fueron remociones promedio de 82 % DQOt y 78% DQOs, así como remociones promedio de 79 % ST y 92 % SV, con una producción promedio de biogás de 900 L en el sistema. Los tres incrementos propuestos en esta investigación, si se programan gradualmente, permiten al sistema remover la mayor concentración de materia orgánica, generando sistemas estables con las diferentes cargas propuestas anteriormente, se observó ligeras variaciones después del cambio de concentración, las cuales suponen una perturbación en el equilibrio bacteriológico en el sistema, viéndose afectado solamente los primeros 3 días y reanudando la estabilidad, notando la estabilidad promedio de alta remoción de materia orgánica.

Referencias

[1] S. Kaza, What a waste 2.0, 1st ed. Washington: The World Bank Group, 2018, pp. 17-32.
[2] B. Velmurugan and R. Ramanujam, "Co-Digestion of Tannery Solid Wastes with Primary Sewage Sludge and Vegetable Wastes for Biogas Production", The Journal of Solid Waste Technology and Management, vol. 38, no. 1, pp. 11-18, 2012. Available: 10.5276/jswtm.2012.11.
[3] H. Bouallagui et al., "Two-phases anaerobic digestion of fruit and vegetable wastes: bioreactors performance", Biochemical Engineering Journal, vol. 21, no. 2, pp. 193-197, 2004. Available: 10.1016/j.bej.2004.05.001.
[4] R. Landine, G. Brown, A. Cocci and T. Viraraghavan, "Anaerobic treatment of high strength, high solids potato waste", Agricultural Wastes, vol. 7, no. 2, pp. 111-123, 1983. Available: 10.1016/0141-4607(83)90007-0.
[5] E. Silva-Rodriguez, "Reducción de masa de residuos sólidos orgánicos por biosecado en invernadero.", Master Degree thesis, UPIBI-IPN, México, 2007.

[6] L. Alibardi and R. Cossu, "Composition variability of the organic fraction of municipal solid waste and effects on hydrogen and methane production potentials", Waste Management, vol. 36, pp. 147-155, 2015. Available: 10.1016/j.wasman.2014.11.019 [Accessed 12 September 2020].
[7] N. Azbar and R. Speece, "Two-Phase, Two-Stage, and Single-Stage Anaerobic Process Comparison", Journal of Environmental Engineering, vol. 127, no. 3, pp. 240-248, 2001. Available: 10.1061/(asce)0733-9372(2001)127:3(240).
[8] F. Pohland and S. Ghosh, "Developments in Anaerobic Stabilization of Organic Wastes - The Two-Phase Concept", Environmental Letters, vol. 1, no. 4, pp. 255-266, 1971. Available: 10.1080/00139307109434990.
[9] Gómez Díaz, L. and Hernández, M., 2017. Generación Y Caracterización Del Poder Calorífico Del Biogás A Partir De Biomasa Agrícola. Master Degree thesis. Universidad Pontificia Bolivariana Montería.
[10] Cantar, N. and Zulaica, L., 2017. Evaluación preliminar de la sostenibilidad ambiental y urbana en la ciudad de Olavarría. Investigación + Acción, 20(19), pp.157-174.
[11] Blonskaja, V., Menert, A. and Vilu, R., 2003. Use of two-stage anaerobic treatment for distillery waste. Advances in Environmental Research, 7(3), pp.671-678.
[12] Mata-Alvarez, J., Cecchi, F., Llabrés, P. and Pavan, P., 1992. Anaerobic digestion of the Barcelona central food market organic wastes. Plant design and feasibility study. Bioresource Technology, 42(1), pp.33-42.
[13] Noike, T., Endo, G., Chang, J., Yaguchi, J. and Matsumoto, J., 1985. Characteristics of carbohydrate degradation and the rate-limiting step in anaerobic digestion. Biotechnology and Bioengineering, 27(10), pp.1482-1489.
[14] UENO, Y., TATARA, M., FUKUI, H., MAKIUCHI, T., GOTO, M. and SODE, K., 2007. Production of hydrogen and methane from organic solid wastes by phase-separation of anaerobic process. Bioresource Technology, 98(9), pp.1861-1865.
[15] Ueno, Y., Fukui, H. and Goto, M., 2007. Operation of a Two-Stage Fermentation Process Producing Hydrogen and Methane from Organic Waste. Environmental Science & Technology, 41(4), pp.1413-1419.
[16] Schievano, A., D'Imporzano, G., Malagutti, L., Fragali, E., Ruboni, G. and Adani, F., 2010. Evaluating inhibition conditions in high-solids anaerobic digestion of organic fraction of municipal solid waste. Bioresource Technology, 101(14), pp.5728-5732.
[17] Liu, D., Liu, D., Zeng, R. and Angelidaki, I., 2006. Hydrogen and methane production from household solid waste in the two-stage fermentation process. Water Research, 40(11), pp.2230-2236.
[18] Liu, X., Gao, X., Wang, W., Zheng, L., Zhou, Y. and Sun, Y., 2012. Pilot-scale anaerobic co-digestion of municipal biomass waste: Focusing on biogas production and GHG reduction. Renewable Energy, 44, pp.463-468.
[19] A. Eaton and M. Franson, Standard methods for the examination of water & wastewater, 23rd ed. Washington, DC: American Public Health Association, 2017.
[20] Apanco-Rosas, V., Alvarado-Lassman, A. and Vallejo-Cantú, N., 2017. Comparación del desempeño de un reactor anaerobio piloto en configuración en paralelo, con 2 diferentes sustratos. Memorias de Journal CIM (Coloquio de Investigación Multidisciplinaria), 5(2), pp.1197-1202.

Enriquecimiento proteico de *Ganoderma lucidum, Lentinula edodes* y *Pleurotus ostreatus* utilizando bagazo residual del mezcal

C. López Sánchez [1], E. Ramos Juárez [1], E. Reyes Rodríguez [2], F. de J. Palma Cruz[2]*

[1]Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Oaxaca. Departamento de Ingeniería Química y Bioquímica
[2]Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Oaxaca. División de Estudios de Posgrado e Investigación. Avenida Ing. Víctor Bravo Ahuja No. 125, Esquina Calzada Tecnológico. C.P. 68030. Oaxaca, Oaxaca.
claudia.lopez@itoaxaca.edu.mx

Área de participación: *Ingeniería Química*

Resumen

Se analizó el aporte nutrimental que el bagazo de *Agave angustifolia*, residual de la destilación de mezcal, hace a los carpóforos de tres diferentes hongos; para ello, se identificó inicialmente el medio de cultivo y las condiciones adecuadas para el crecimiento y desarrollo de los micelios primario y secundario, con el fin de lograr una producción constante. Los mejores resultados del crecimiento micelial, correspondieron a *Ganoderma lucidum*, cultivado en Agar de dextrosa y papa, secundados por *Lentinula edodes* y *Pleurotus ostreatus*. Los cuerpos fructíferos de este último, reportaron el mejor porcentaje de proteínas (33.81 g y 388.33 Kcal), seguido por *L. edodes* (19.83 g y 139.77 Kcal) y *G. lucidum* (13.97 y 120.90 Kcal). La proteína presente en la pared celular de los hongos, es uno de los componentes responsables de la calidad nutracéutica de los alimentos, por lo cual es importante inducir el enriquecimiento proteico de estos hongos.

Palabras clave*: enriquecimiento proteico, bagazo, nutracéutico*

Abstract

The nutritional contribution that the bagasse of Agave angustifolia, residual from the distillation of mezcal, makes to the carpophores of three different fungi was analyzed; For this, the culture medium and the appropriate conditions for the growth and development of the primary and secondary mycelia were initially identified, in order to achieve constant production. The best results of mycelial growth, corresponded to Ganoderma lucidum, cultivated in dextrose and potato agar, seconded by Lentinula edodes and Pleurotus ostreatus. The fruiting bodies of the latter, reported the best protein percentage (33.81 g and 388.33 Kcal), followed by L. edodes (19.83 g and 139.77 Kcal) and G. lucidum (13.97 and 120.90 Kcal). The protein present in the cell wall of fungi is one of the components responsible for the nutraceutical quality of food, which is why it is important to induce protein enrichment of these fungi.

Key words*: protein enrichment, bagasse, nutraceutical*

Introducción

En el mundo se cultivan comercialmente más de 15 especies de hongos comestibles a través de diferentes procesos biotecnológicos muy eficientes; en México, sólo se producen de manera consistente tres especies a diferentes escalas: los champiñones (*Agaricus bisporus*), las setas (*Pleurotus ostreatus*), y el shiitake (*Lentinula edodes*); aun cuando nuestro país tiene un enorme potencial para la producción competitiva de otras especies en función de la diversidad de sus ecosistemas y de la gran gama de condiciones edáficas y climáticas resultantes; así como por la

abundancia de subproductos agrícolas y forestales que pueden utilizarse como substrato del cultivo de especies de hongos comestibles [1].

La composición química de los hongos comestibles, determina su valor nutricional y sus propiedades, mismas que difieren de acuerdo a las especies, al sustrato empleado para su cultivo, a las condiciones atmosféricas, la edad y la parte de la fructificación que se ingiera [3]. La calidad biológica de las proteínas fúngicas, varía de acuerdo a las diferentes especies consumidas, las cepas de las que proceden los cultivares, el método de cultivo utilizado para su producción, la composición del sustrato empleado, y la edad y el grado de desarrollo del cuerpo fructífero [4]. También, es importante reconocer que las proteínas de los hongos comestibles, presentan un patrón completo de aminoácidos esenciales, y especialmente son ricos en lisina y leucina, los cuales están ausentes en la mayoría de los cereales de consumo humano [2, 6]. La proteína presente en la pared celular de estos hongos, es uno de los componentes responsables de la calidad nutracéutica de dichos alimentos, por lo cual es importante inducir el enriquecimiento proteico de estos hongos durante su cultivo [1, 3].

De igual manera, las propiedades terapéuticas de los hongos comestibles, han atraído la atención de los investigadores debido a que sus metabolitos se ha visto funcionan como antioxidantes, anticancerígenos, inmunomoduladores, antiartríticos, hipoglucemiantes, cardioprotectores, antiinflamatorios, carcinostáticos, antiangiogénicos, antiosteoporóticos, antinociceptivos, proapoptóticos, antialérgicos, antivirales, antifúngicos, antibacterianos y antiandrogénicos. Además, la importancia nutracéutica de los comestibles, está definida por la presencia de metabolitos primarios como el ácido oxálico, péptidos y proteínas, y metabolitos secundarios como terpenos, esteroides, antraquinonas, derivados del ácido benzoico y quinolonas [2, 5].

Sin embargo, cabe destacar que además de las moléculas antes referidas, los polisacáridos son conocidos como los compuestos más potentes producidos por los hongos y exhiben numerosas actividades benéficas para la salud humana; entre los más conocidos se encuentran el lentinan de *Lentinula edodes*, el pleuran de *Pleurotus* spp., y ganoderan de *Ganoderma lucidum*. Estos y otros polisacáridos, participan en la regulación de la microbiota estomacal y mejoran la función gastrointestinal. Así mismo es importante decir que la bioactividad de este tipo de moléculas se debe a su naturaleza estrictamente polisacárida o a que junto con otras biomoléculas forman conjugados como las glicoproteínas, que, de manera sinérgica, producen grandes beneficios que mejoran o mantienen el estatus de salud de quienes los consumen.

En el presente trabajo, se analizó la posible contribución que el bagazo de *Agave angustifolia*, residual de la destilación de mezcal, puede hacer al valor nutrimental de los cuerpos fructíferos de *Ganoderma lucidum*, *Lentinula edodes* y *Pleurotus ostreatus*, durante su cultivo; para lo cual, inicialmente se identificó el mejor medio de cultivo para lograr el más eficiente desarrollo y las condiciones adecuadas para asegurar el crecimiento de los micelios primario y secundario de las tres especies de hongos, con el propósito de asegurar su producción constante.

Metodología

Micelio primario

La activación de las cepas de *Ganoderma lucidum* (ITO-0016)*, Lentinula edodes* (ITO-0017) y *Pleurotus ostreatus* (ITO-0015) se realizó en cajas Petri conteniendo 20 mL de agar de dextrosa y papa (PDA); cada caja, fue inoculada con un trozo circular de 0.8 mm de diámetro de micelio inicial; se incubaron a 26°C y se realizó una cinética del crecimiento radial, mismo que fue determinado como el diámetro alcanzado por el hongo con el paso del tiempo (cm), para lo cual se hicieron mediciones cada 24 h por espacio de 10 días.

Micelio Secundario

 ISSN 2007-8102

A partir del micelio primario, tuvo efecto la activación micelial de las cepas de los tres hongos, mediante su resiembra en semillas de trigo previamente desinfectadas con HClO al 1% durante 5 min, y posteriormente llevadas a su cocción en agua en ebullición por 15 min. Posteriormente, el trigo fue vertido en frascos previamente esterilizados, a ¾ partes de su capacidad. Para finalizar el procedimiento, se incubó a 26°C por espacio de 120 h.

Fermentación sólida

El bagazo de *Agave angustifolia*, residual de la destilación de mezcal, se obtuvo de una fábrica productora del destilado artesanal, ubicada en la población de San Dionicio Ocotepec, Oaxaca. Este sustrato se lavó consecutivamente con agua caliente, a 80°C, hasta lograr la eliminación total de los azúcares residuales; enseguida, se secó al aire libre y se cortó en pequeños trozos de 4-5 cm de longitud; a continuación, se colocaron 500 g del bagazo resultante en bolsas de polietileno con capacidad de 1.5 kg, y se esterilizaron a 15 lb por 45 min. Se dejaron enfriar y se inocularon con 5 g de micelio secundario y se incubaron en oscuridad a 26°C por espacio de 30 días para *Pleurotus ostreatus* y *Lentinula edodes*, y de 45 días para el caso de *Ganoderma lucidum*. Posteriormente, se sometieron a un choque de térmico (4°C) con el propósito de inducir la fructificación y obtener el cuerpo fructífero o carpóforo para su análisis (Figura 1).

Análisis bromatológico de los carpóforos

El contenido de humedad, ceniza, grasa, fibra, carbohidratos y proteínas de muestras de 100 g de los carpóforos de *Ganoderma lucidum, Lentinula edodes* y *Pleurotus ostreatus*, se determinaron de acuerdo a los procedimientos de la Association of Official Analytical Chemists [7].

El contenido de carbohidratos se realizó con respecto a la diferencia entre los valores resultantes de humedad, cenizas, extracto etéreo, fibra y proteína. Así mismo, el contenido energético se calculó con base en el factor de Atwater, a partir de los valores obtenidos en las determinaciones de proteína, extracto etéreo y carbohidratos [9, 10].



Figura 1. Carpóforos de Ganoderma lucidum (A), Lentinula edodes (B) y Pleurotus ostreatus (C) producidos en bagazo residual de la producción de mezcal

Resultados y discusión

Cinética de crecimiento radial de las cepas.

El medio de cultivo que permitió el mejor desarrollo de los tres hongos fue el agar de dextrosa y

papa, y en él, los resultados de la cinética de crecimiento radial (Figura 2), mostraron que *Ganoderma lucidum* cubrió totalmente la caja Petri (8 cm) en un lapso de 168 h, seguida por *Lentinula edodes* en un lapso de 216 h. En tanto que *Pleurotus ostreatus* fue el que presentó el crecimiento más lento y tan solo llegó a medir 6.0 cm de crecimiento radial hacia el final de la cinética (Figura 2).

Análisis nutrimental de los carpóforos

El contenido de humedad de las tres especies estudiadas (Tabla 1), es esencialmente elevado, variando entre 61.22 g/100g (*Ganoderma lucidum*) y 90.88 g/100g (*Lentinula edodes*), el valor más bajo de *G. lucidum* se debe a que es una especie que posee cuerpos fructíferos secos y duros, lo cual también ha sido mencionado por otros autores [11].

Respecto de los valores resultantes de fibra, cenizas y extracto etéreo en nuestras determinaciones (Tabla 1), podemos confirmar que los hongos producidos en estas condiciones tienen el valor nutrimental adecuado para el consumo humano, sin olvidar que estas especies fúngicas, son potencialmente importantes como alimentos funcionales, lo cual también ha sido referido en un gran número de estudios al respecto [1, 2, 4, 6].

En lo referente a nuestros valores de carbohidratos resultantes (76.57 g/100g en *Ganoderma lucidum*; 73.33 g/100g en *Lentinula edodes*; y 57.19 en *Pleurotus ostreatus*) (Tabla 1), se muestran en el límite superior del promedio que otros autores refieren [2, 3, 4, 6, 11], y que, como se ha manifestado en otros estudios, posiblemente sean los responsables de la bioactividad que éstos hongos comestibles han demostrado tener [2, 3, 4, 5, 16].

Sin embargo, el contenido de proteína produjo resultados sorprendentes, ya que nuestros valores de 13.97 g/100g en *G. lucidum*, 19.83 g/100g de *L. edodes* y 33.81 g/100g de *P. ostreatus* (Tabla 1), aunque confirman la gran variabilidad que otros autores también han reportado [4, 12]; pudieron resaltar que los niveles proteicos de *Pleurotus ostreatus* superaron el promedio reportado de 12 a 21 g/100g [4], pero coincide con los estudios de Vetter y Rimóczi [12], quienes compararon los niveles del contenido proteico en píleos y estípites de *Pleurotus ostreatus* en diferentes fases de maduración, encontrando que la categoría de píleos con diámetros de 5 a 8 cm, son los que presentaron los valores más altos de proteína (36.38%) y que estos valores descienden hasta un 15% hacia el final del crecimiento.

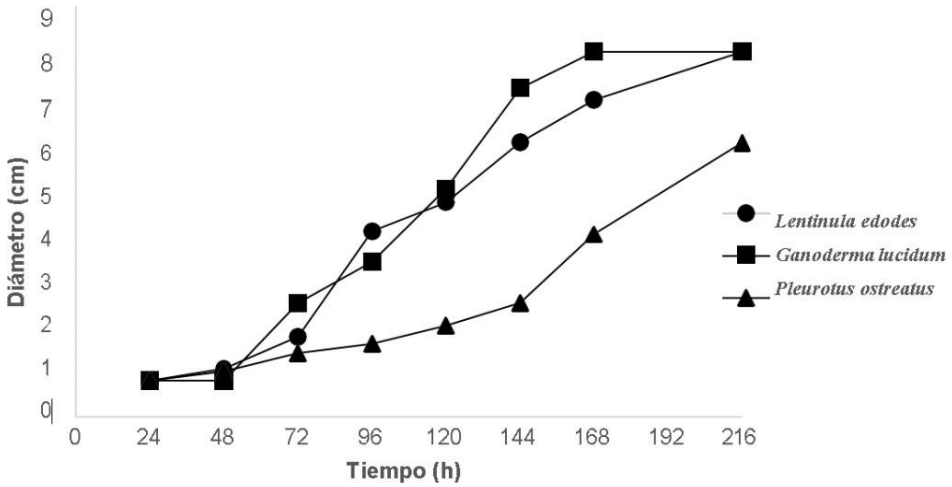


Figura 2. Crecimiento radial de *Ganoderma lucidum*, *Lentinula edodes* y *Pleurotus ostreatus* en PDA.

Cabe agregar que los valores de proteínas obtenidos en este trabajo, en el que utilizamos bagazo

de *Agave angustifolia* como sustrato, sí están relacionados con las características lignocelulósicas del sustrato y son en parte responsables del enriquecimiento proteico de los hongos comestibles en estudio, como ya se ha reportado con anterioridad [15, 17], con lo cual podemos sugerir que el bagazo residual puede enriquecer proteínicamente a los hongos comestibles que se cultiven en él, tomando en cuenta que el valor nutricional de las especies fúngicas comestibles, está principalmente relacionado con su contenido proteico; y que la proteína fúngica está considerada como de más alta calidad que la proteína vegetal [6, 13].

Tabla 1. Análisis nutrimental de los carpóforos de *Ganoderma lucidum, Lentinula edodes* y *Pleurotus ostreatus* cultivados en bagazo residual de la producción de mezcal.

PARÁMETRO	g/100g		
	Lentinula edodes	***Ganoderma lucidum***	***Pleurotus ostreatus***
Humedad	70.88[a]	61.22[c]	70.24[b]
Cenizas	3.23[c]	5.73[a]	5.46[b]
Extracto Etéreo	3.41[a]	0.4[b]	2.70[b]
Fibra	0.2[a]	3.32[b]	0.84[b]
Proteína cruda	19.83[b]	13.97[a]	33.81[b]
Carbohidratos	73.33[a]	76.57[b]	57.19[b]
Contenido energético Kcal/100g	383.31[b]	120.90[a]	388.33[b]

[a,b,c] Análisis de medias por el método de Tukey

Trabajo a futuro

Se pretende analizar con mayor detalle el contenido proteico de los carpóforos obtenidos y poder correlacionar la naturaleza química del sustrato utilizado para el cultivo de los hongos, ya que varios autores han reportado esta interacción, lo cual al parecer es el factor determinante de la calidad nutracéutica de los hongos comestibles cultivados en residuos agroindustriales [14, 15, 16]; así como la presencia de los polisacáridos con bioactividad a los que hacen referencia un gran número de autores [2, 3, 4, 5, 16].

Conclusiones

El PDA resultó ser el medio de cultivo más apto para el desarrollo del micelio primario, prueba de ello es que *Ganoderma lucidum* y *Lentinula edodes*, lograron su máximo crecimiento radial en un lapso de 216 h, aunque *Pleurotus ostreatus* creció con menor velocidad.

Respecto al análisis bromatológico, los valores obtenidos coinciden perfectamente con los promedios mundiales; sin embargo, el contenido de proteína produjo resultados sorprendentes, y aunque nuestros valores confirman la gran variabilidad que otros autores también han reportado [4, 12], es importante destacar que el contenido proteico de *Pleurotus ostreatus*, definitivamente está relacionado con las características lignocelulósicas del bagazo de *Agave angustifolia* utilizado como sustrato, también observado con anterioridad por otros autores [17]; por lo cual es necesario sugerir que el bagazo utilizado como sustrato puede enriquecer proteínicamente a los hongos comestibles

que se cultiven en él, ya que lo que se busca finalmente con esto, es el de contar con un alimento con una calidad proteínica similar o superior al de las especies vegetales.

Referencias

[1] S.T. Chang and P.G. Miles, "Mushrooms: cultivation, nutritional value, medicinal effect, and environmental impact". *CRC Press LLC. Washington*, *D.C.*, 477 pp. 2004.

[2] S. Gupta, B. Summuna, M. Gupta and S.K. Annepu, "Edible Mushrooms: Cultivation, Bioactive Molecules". Bioactive Molecules in Food. Reference Series in Phytochemistry", *Springer International Publishing AG, part of Springer Nature*, pp. 1-34, 2018.

[3] E. Bernas, G. Jaworska and Z. Lisiewska. "Edible mushrooms as a source of valuable nutritive constituents". *Acta Scientiarum Polonorum, Technologia Alimentaria*, vol. 5, no. 1, pp. 5-20, 2006.

[4] J. Vetter, "Biological values of cultivated mushrooms – a review", *Acta Alimentaria*, vol. 48, no. 2, pp. 229–240, 2019.

[5] D. Cör, Ž. Knez and M. Knez, "Antitumour, antimicrobial, antioxidant and antiacetylcholinesterase effect of *Ganoderma lucidum* terpenoids and polysaccharides: a review", *Molecules*, vol. 23, no. 649, pp. 1-21, doi: 10.3390/molecules23030649. 2018/03/13, 2018.

[6] X.M. Wang, J. Zhang, L.H. Wu, Y.L. Zhao, T. Li, J. Q. Li, Y.Z. Wang and H.G. Liu, "A mini-review of chemical composition and nutritional value of edible wild-grown mushroom from China", *Food Chemistry*, vol. 151, pp. 279-285, 2014.

[7] AOAC. "Official Methods of análisis". Fourteenth edition. *Association of Official Analytical Chemists. Washington, U.S.A*., 2002.

[8] S.R.A. Adewusi, F.V. Alofe, O. Odeyemi, O.A. Afolabi and O.L. Oke, "Studies on some edible wild mushrooms from Nigeria: 1. Nutritional, teratogenic and toxic considerations". *Plant Foods for Human Nutrition*, vol. 43, no. 2, pp. 115–121, 1993.

[9] A.L. Merrill. and B.K. Watt, "Energy Value of Foods: Basis and Derivation". *Agriculture Handbook No. 74*, ARS United States Department of Agriculture, Washington DC.,1973.

[10] FAO. "Food energy – methods of analysis and conversion factors". *FAO Food and nutrition paper No. 77*. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Rome. 93 pp. 2003.

[11] P.B. Dinesh and R.S. Subhasree, "The sacred mushroom Reishi- A review". *American-Eurasian Journal of Botany*, vol. 1, no. 3, pp. 107-110, 2008.

[12] J. Vetter and I. Rimóczi, "Roh-, verdauliche und unverdauliche Fruchtkörperproteine in Austernseitlingen *Pleurotus ostreatus* (Pilze)", *Z Lebensmittel-Untersuchung und – Forschung,* vol.197, no. 5, pp. 427-428, 1993.

[13] FAO, "Dietary protein quality evaluation in human nutrition". *Food and Nutrition Paper No. 92*. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Rome. 79 pp, 2013.

[14] B. M. Bellettini, F.A. Fiorda, H.A. Maieves, T.G. Lopes, S. Ávila, S.P. Hornung, A.J. Maccari and R.R. Hoffmann, "Factors affecting mushroom Pleurotus spp", *Saudi Journal of Biological Sciences*, vol.26, pp. 633-646, 2019.

[15] R. Zhang, X. Li and J.G. Fadel, "Oyster mushroom cultivation with rice and wheat Straw", *Bioresource Technology,* vol. 82, pp. 277-284, 2002.

[16] F.S. Reis, L. Barros, A. Martins and I.C.F.R. Ferreira, "Chemical composition and nutritional value of the most widely appreciated cultivated mushrooms: An inter-species comparative study", *Food and Chemical Toxicology,* vol. 50, no. 2, pp. 191-197, 2012.

[17] C. López Sánchez, E. Reyes Rodríguez, F. J. Palma Cruz. Bagazo de Agave angustifolia y totomoxtle, como suplemento forrajero enriquecido con Pleurotus ostreatus. *Contribución al Conocimiento Científico y Tecnológico en Oaxaca* vol. 3, no. especial Agave-Mezcal, pp. 30-36, 2019.

Caracterización y elaboración de una bebida fermentada tipo vino de ciruela roja var. *Black Amber*

*N.A Loyo-Trujillo, G. Vivar-Vera, I. Sánchez-Bazán[1], J. Jiménez-Guzmán, J.A Del Ángel-Zumaya *[1]*
[1]Facultad de Ciencias Químicas, Universidad Veracruzana, Av. Oriente 6 1009, Colonia Rafael Alvarado, C.P. 94340, Orizaba, Veracruz., México
jodelangel@uv.mx

***Área de participación**: Ingeniería química*

Resumen
El vino es una bebida resultante de la fermentación alcohólica del mosto de uva. Los vinos provenientes de frutas se nombran: "vino de…" acompañado del nombre de la fruta. Veracruz tiene una diversidad de frutas como la ciruela roja *var. Black Amber*, la cual carece de aprovechamiento agroindustrial. En el presente trabajo se desarrolló un vino de ciruela mediante una fermentación anaerobia utilizando *Saccharomyces cerevisiae var. ellipsoideus*. Fisicoquímicamente el fruto contiene: acidez 1.34% ácido málico, humedad 86.4%, pH 3.8 y 11.20°Brix. La fermentación se inició ajustando el mosto (con sacarosa) a 18°Brix. Mediante una cinética de fermentación se evaluaron cada 5 h parámetros fisicoquímicos obteniéndose a las 25 h las condiciones adecuadas: 6.7°Brix, pH 3.2, acidez 9.1% ácido tartárico, acidez fija 8.4% ácido tartárico, acidez volátil 0.7% ácido acético, etanol 14%, metanol negativo, aroma y sabor aceptable por jueces no entrenados. El producto obtenido cumple con especificaciones de la NMX-V-012-1986.

***Palabras clave**: Fermentación, cinética, levaduras, clarificación.*

Abstract
The wine is a beverage resulting from the alcoholic fermentation of grape must. The wines from fruits are named: "wine of..." accompanied by the name of the fruit. Veracruz has a diversity of fruits such as the red plum var. Black Amber, which lacks agro-industrial use. In this work a plum wine was developed through an anaerobic fermentation using Saccharomyces cerevisiae var. ellipsoideus. The physicochemical parameters of the fruit was: acidity 1.34% malic acid, moisture 86.4%, pH 3.8 and 11.20°Brix. The fermentation was started by adjusting the must (with sucrose) at 18°Brix. By means of fermentation kinetics, physicochemical parameters were evaluated every 5h, obtaining adequate conditions at 25 h; 6.7°Brix, pH 3.2, acidity 9.1% tartaric acid, fixed acidity 8.4% tartaric acid, volatile acidity 0.70% acetic acid, ethanol 14%, negative methanol, aroma and taste acceptable by untrained judges. The product obtained complies according with NMX-V-012-1986 specifications.

***Key words**: Fermentation, kinetic, yeasts, clarification.*

Introducción
La fermentación alcohólica es un proceso biotecnológico muy antiguo realizado por el hombre; primero se utilizó como método de conservación de algunos alimentos y posteriormente se adoptó para elaborar bebidas alcohólicas, tales como los vinos [1]. El vino se define legal y tradicionalmente como el producto de la fermentación del jugo de las uvas, pero más allá de esta definición, en muchas legislaciones se contempla a la figura del vino de frutas como aquel proveniente de la fermentación del jugo de una determinada fruta, con la única exigencia de indicar claramente su origen [2]. El vino de frutas, así como el vino tradicional de uvas tiene su origen en un proceso bioquímico de la fermentación alcohólica, el cual consiste en transformar los azúcares en alcohol mediante levaduras. Por tal motivo, cualquier fruta con suficiente contenido de azúcar puede ser convertido en vino.

Partiendo de este principio es posible elaborar vino de diversas frutas, principalmente de aquellas con aromas, sabores intensos y agradables [2]. Los vinos de frutas tienen una concentración alcohólica comprendida entre 8 y 14 %, y pueden ser con o sin carbonatar, ya sea por inyección de CO_2 o por una fermentación secundaria [3].

La ciruela es el fruto del ciruelo que pertenece a la familia de las *rosáceas*, el árbol alcanza hasta los 55 m de altura y se trata de una drupa de forma redondeada u oval de hasta 7 cm de diámetro, con hueso leñoso que contiene una semilla inmersa en su pulpa. Es originaria de Europa, Asia y se adoptó hace más de dos mil años en los países que bordean el mar mediterráneo y el mar negro. El ciruelo se encuentra distribuido actualmente en las regiones templadas de todo el mundo, como es América Latina que se extiende desde México hasta Brasil y Perú. En la actualidad existen más de 200 variedades y estas se clasifican en función a su color: Ciruelas amarillas (de sabor ácido y abundante jugo), ciruelas rojas (muy jugosas y de sabor muy dulce), ciruelas negras (de pulpa firme amarilla y muy dulces), ciruelas verdes (de pulpa amarilla y muy jugosas). Las ciruelas en el mundo culinario son un ingrediente muy usado en elaboraciones de postres, por ejemplo: tartas, confituras, mermeladas, gelatinas y jugos [4]. Debido a las características del fruto como son la coloración de la cascara, su firmeza, la cantidad de jugo, su dulzor, su fibra y antioxidantes, se considera como una fruta ideal para realizar productos innovadores, por lo que en el presente trabajo se desarrolla una metodología biotecnológica para elaborar un vino de ciruela tomando en cuenta su composición química y propiedades organolépticas del fruto.

Metodología

Materia prima

El fruto de ciruela variedad *Black Amber* se adquirió en el Estado de México. La selección se llevó acabo en base al color de la cáscara como índice de madurez de la fruta (color violeta obscuro). Se seleccionaron todas aquellas de tamaño uniforme, eliminando los frutos que presentaban golpes (magulladuras).

Diagrama experimental

En la Figura 1 se presenta el diagrama experimental para la elaboración del vino de ciruela.

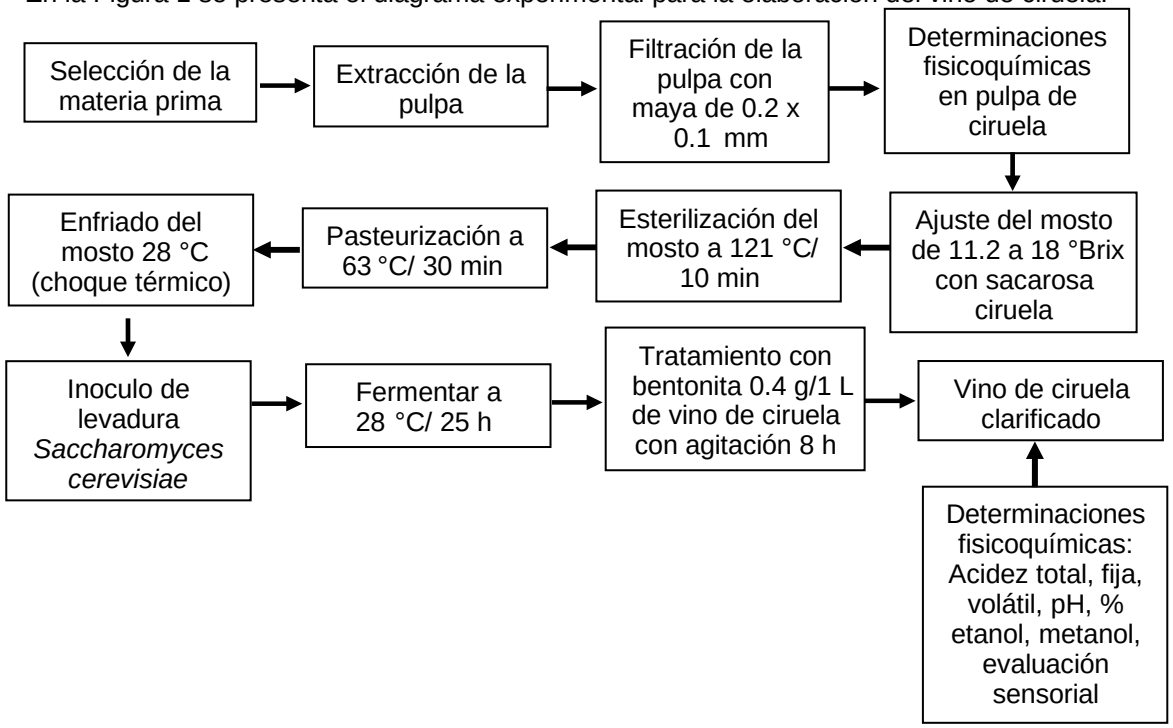


Figura 1. Diagrama experimental del vino de ciruela.

Métodos

Humedad (Método 37.1.12 934.06 de AOAC, 1990) [5]

La determinación se efectúa por pérdida de peso del contenido de humedad y se reporta como el porciento en base seca a 20 °C.

Cenizas (Método 923.03 de AOAC, 1990) [6]

La muestra previamente pesada se incinera directamente a la llama hasta la desaparición de vapores blancos para llevarse posteriormente a la mufla a 550 °C hasta la obtención de las cenizas. Se deja enfriar en el desecador y por diferencia de peso se obtiene el porcentaje de cenizas.

Sólidos solubles (°Brix) (Método 37.1.15 932.12 de AOAC, 1990) [7]

La determinación se realiza tomando la lectura directa utilizando un refractómetro portátil. El refractómetro utiliza el ángulo de la refracción total con la medida del índice de refracción.

Acidez titulable (Método 37, 37.1.37 942.15 de AOAC, 1990) [8]

El análisis se realiza mediante la titulación ácido-base empleando NaOH 0.1 N en presencia de fenolftaleína como indicador. El resultado se expresa como el porcentaje del ácido orgánico mayoritario presente en la muestra.

Medida del pH. Azúcares reductores directos y totales (NOM-V-6-1992) [9]

Esta medida se determina directamente con apoyo de un potenciómetro digital.

El Análisis se realiza mediante un método volumétrico utilizando solución Fehling A y B y azul de metileno como indicador. Para la inversión de la muestra se acondiciona antes de llevar la muestra al análisis con HCl concentrado.

Clarificación del vino (Vogt, 2000) [10]

Este método se realiza tratando la bebida alcohólica con bentonita y de esta forma sustraer la totalidad de proteína, asegurando de esta forma cualquier peligro de precipitación. La bentonita se agrega de acuerdo con la intensidad del entubamiento de la bebida alcohólica.

Acidez total en bebidas alcohólicas (NOM-V-16-S-1992) [11]

El análisis se lleva a cabo mediante una titulación volumétrica ácido-base empleando NaOH 0.1 N en presencia de fenolftaleína como indicador. El resultado se expresa como el porcentaje del ácido orgánico mayoritario presente en la muestra.

Acidez fija en bebidas alcohólicas (NOM-V-15-S-1992) [12]

La determinación se realiza evaporando la muestra hasta sequedad para determinar la acidez fija de la muestra mediante un análisis volumétrico ácido-base empleando NaOH 0.1 N en presencia de fenolftaleína como indicador. El resultado se expresa en mg de ácido acético por 100 mL de muestra.

Acidez volátil en bebidas alcohólicas (NOM-V-26-1992) [13]

Se determina entre la diferencia de la acidez total y la acidez fija.

Porciento de alcohol en volumen (% vol. 20 °C) en bebidas alcohólicas (NOM-V-131992) [14]

La determinación se realiza después de una destilación de la muestra y de forma homogénea, tomando la lectura directa a través de un alcoholímetro junto con un termómetro.

Contenido de metanol (NOM-V-21-S-1992) [15]

La determinación de metanol se realizó utilizando el método de ácido cromotrópico.

Análisis sensorial

Para estimar el tamaño de la muestra se consideró una población infinita y se decidió utilizar un nivel de confianza del 95 %. La prueba se aplicó a un total de 57 jueces no entrenados de ambos sexos de la Facultad de Ciencias Químicas-UV región de Orizaba-Córdoba. El análisis sensorial consistió en una prueba hedónica con escala de cinco puntos (1: muy bueno, 2: bueno, 3: indiferente, 4: desagradable, 5: muy desagradable). Las características evaluadas fueron sabor, color, olor, transparencia y claridad.

 ISSN 2007-8102

Resultados y discusión

Caracterización fisicoquímica de la ciruela *Black Amber*

La composición del fruto es de gran importancia para iniciar el desarrollo de la bebida fermentada vino de ciruela, como se presenta en la Tabla 1.

Tabla 1. Resultados fisicoquímicos de la pulpa de ciruela (*var. Black Amber*)

Parámetros fisicoquímicos	Composición fisicoquímica de la ciruela *Black Amber*	Composición fisicoquímica de la ciruela *Black Amber* [16]
Humedad (%)	86.44	85.57
Cenizas %	0.34	0.24
°Brix	11.20	13.55
Acidez (% ácido málico)	1.34	1.85
pH	3.81	3.20
Azucares reductores directos %	16.12	------
Azucares reductores totales %	20.83	------

Se observa que los resultados obtenidos de la ciruela *Black Amber* tiene poca variabilidad con los resultados obtenidos por Lozano et al, en el 2007 y que el porcentaje de humedad es idóneo que ayuda a tener un buen rendimiento para la elaboración del producto. De igual forma el porcentaje de acidez como el pH, son idóneos para empezar a desarrollar el proceso de fermentación ya que tiene un pH ácido, que es óptimo para el desarrollo de las levaduras.

Con respecto a los sólidos solubles se observa que estos se encuentran en una concentración baja 11.20 para comenzar un proceso de fermentación de acuerdo con lo mencionado por Paramo y Peck en el 2006 [17] en donde toda fermentación en los mostos de fruta inicia arriba de 18 °Brix. Por tal razón se preparó un jugo (mosto) de ciruela con 18 °Brix iniciales, elevando la concentración de los sólidos solubles con adición de sacarosa con una correlación de los °Brix que se quieren obtener y su gravedad específica en 1000 mL de mosto con 100 g de pulpa de acuerdo con lo reportado en Refined syrups and sugar en 1985 [18] (relación de °Brix con la gravedad especifica).

Cinética de fermentación

Partiendo de un mosto de ciruela de 18 °Brix con su acidez y pH adecuado, se realizó una cinética de fermentación a un tiempo de 40 h monitoreando cada 5 h algunos parámetros fisicoquímicos, como se muestra en la Figura 2.

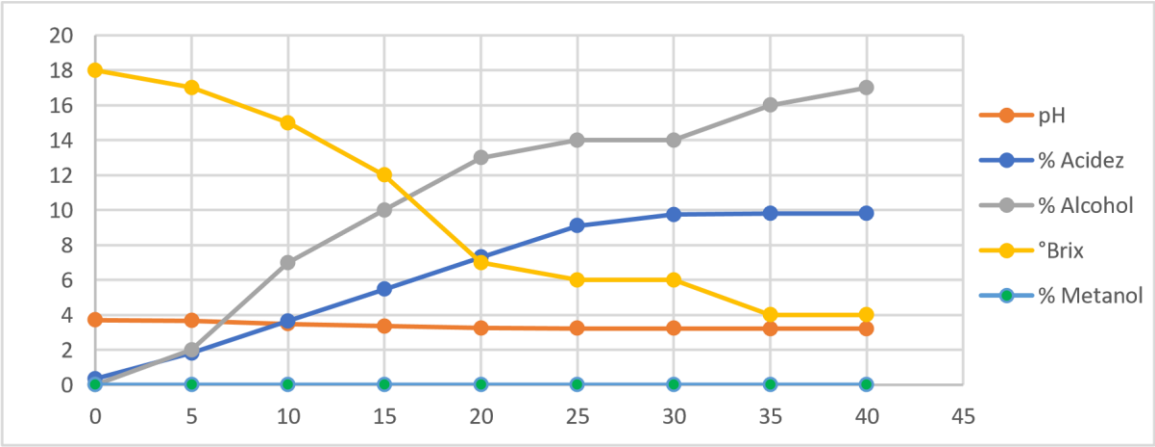


Figura 2. Cinética de fermentación del vino de ciruela *Black Amber.*

 ISSN 2007-8102

Las condiciones para fermentar el mosto son: 2.5 g levadura *Saccharomyces cerevisiae*, 250 mL de mosto esterilizado a 18 °Brix, temperatura de incubación 28 °C.

En la Figura anterior se puede observar la disminución de los sólidos solubles y el aumento del porcentaje de alcohol a través del tiempo, metanol negativo, el pH disminuye y la acidez aumenta esto como consecuencia de la misma fermentación. También se monitorio el sabor a través de una prueba sensorial como se muestra en la Figura 3.

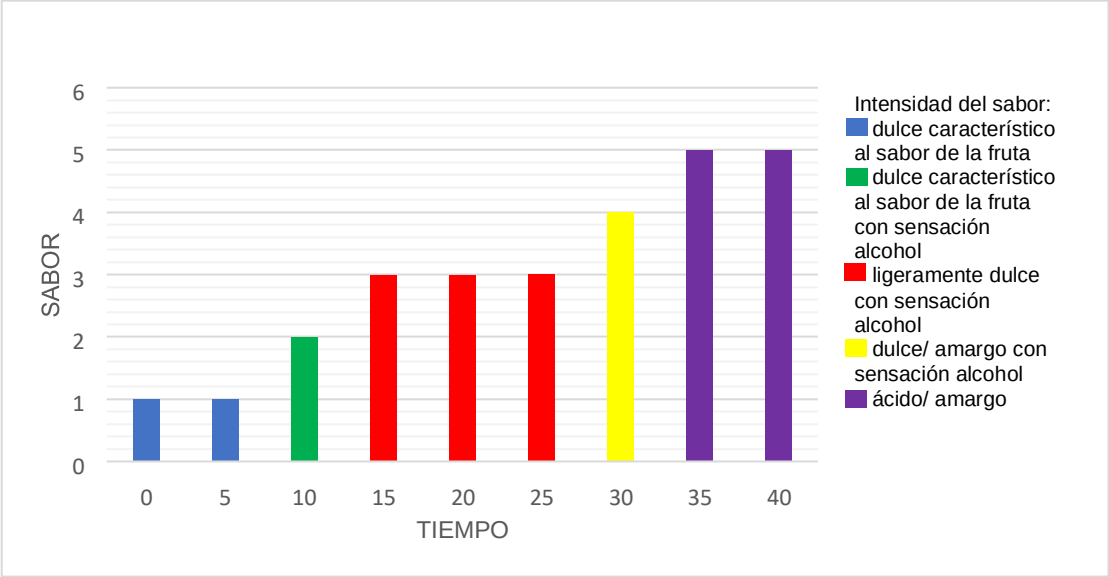


Figura 3. Resultados de los parámetros de sabor en la cinética de fermentación.

Las mejores condiciones sensoriales y químicas de la bebida fermentada de acuerdo con la cinética son a las 25 h, ya que a partir de las 30 h la bebida se empieza amargar y ya no produce más aumento de alcohol, posiblemente podría darse a la lisis de las levaduras.

La cinética de fermentación da como resultado los parámetros ideales para la elaboración del vino de ciruela: 250 mL de mosto esterilizado a 18 °Brix, 2.5 g de levadura *Saccharomyces cerevisiae*, temperatura de incubación 28 °C en un tiempo de 25 h. El vino se clarificó con bentonita comercial de acuerdo con lo recomendado por Pérez en el 2006 [19]. Los resultados fisicoquímicos son los que se presentan en la Tabla 2.

Tabla 2. Comparativo de los Análisis fisicoquímicos del vino de ciruela con la NMX-V-012-1986

Análisis	Vino de ciruela	Especificaciones NMX-V-012-1986	
		Mínimo	Máximo
Grado alcohólico G.L real (15 °C)	14.0	8.5	14.0
Acidez total (ácido tartárico g/ L)	9.10	4.5	10.0
Acidez fija (ácido tartárico g/ L)	8.40	4.0	
Acidez volátil total corregida (ácido acético g/ L)	0.70		1.2
Metanol (mg/ 100 mL)	Negativo		300

 ISSN 2007-8102

El tamaño de la muestra se consideró a la población como infinita y se utilizó un nivel de confianza del 95 %, aplicando 57 encuestas evaluando esta prueba con una gráfica de perfiles como se observa en la Figura 4.

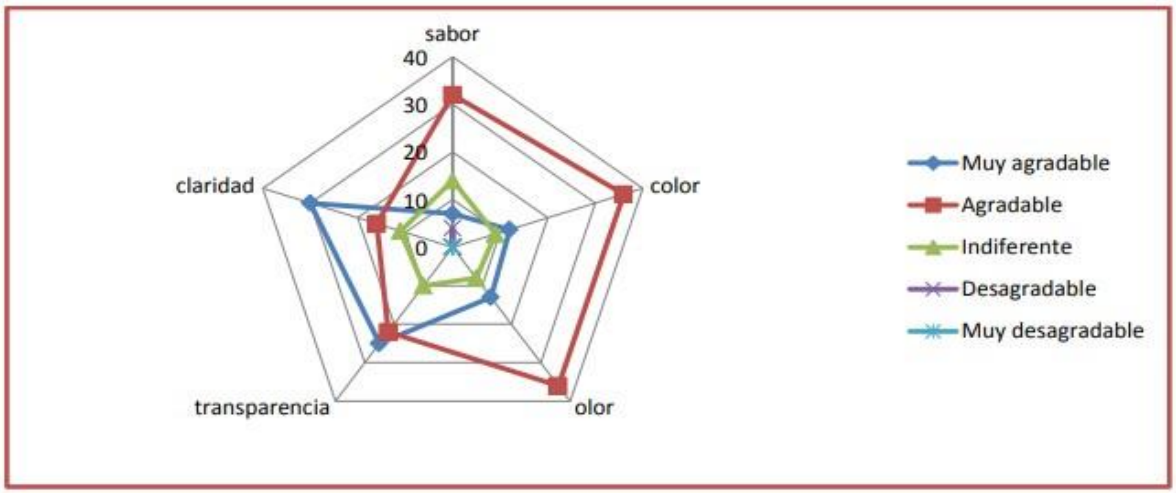


Figura 4. Gráfico de perfiles para la aceptación del vino de ciruela.

En la figura anterior se observa que el producto en estudio (vino de ciruela) es aceptado por el consumidor, ya que lo catalogaron como agradable debido a que en esta categoría es la mayor figura dentro del gráfico, es decir es la que presenta una forma más semejante al pentágono.

Conclusiones

Las características fisicoquímicas que presenta la ciruela *var. Black Amber* son las idóneas para elaborar una bebida fermentada tipo vino, ya que son las condiciones favorables para el desarrollo de la levadura *Saccharomyces cerevisiae.* Mediante la realización de una cinética de fermentación se obtuvieron las condiciones ideales para la elaboración de una bebida fermentada vino de ciruela, con características fisicoquímicas que cumplen con los parámetros establecidos por la NOM-V-012-1986. Los resultados arrojados por la evaluación sensorial de jueces no entrenados y el análisis estadístico indican que el vino de ciruela es aceptado y agradable al consumidor con respecto al sabor, color, aroma, transparencia y claridad.

Referencias

[1] Valencia D.F. 2008. Libro de enología: vinos, aguardientes y licores. Historia del vino. 1:1-5.
[2] Gonzales M. 2009. Elaboración Artesanal del Vino de Frutas. Vino de frutas y vino de uva.510 p.
[3] Jarvis, B. 1996. Cider, Perry, Fruit Wine and Other Alcoholic Fruit Beverages. In: Fruit Processing. Arthey, D. and Ashurt, P. (Eds). Academic Press. London, pp: 97-103.
[4] Gil H. A. 2010. Tratado de nutrición. Tomo II: Composición y Calidad Nutritiva de los Alimentos. Frutas y productos derivados. 180 y 182 p.
[5] AOAC (1990) Official Methods of Analysis International; Moisture in Dried fruits 37.1.12 934.06; 16th Edition Vol. II.
[6] AOAC. (1990) Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemist International. Method 923.03. 1997.
[7] AOAC (1990) Official Methods of Analysis International; soluble solids 37.1.15 932.12; 15, 384; 16th Edition Vol. II.
[8] AOAC (1990) Official Methods of Analysis International; acidity on fruits 37, 37.1.37 942.15; 16th Edition Vol. II.

[9] Norma Oficial Mexicana; NOM-V-6 1992. Secretaría de Comercio y Fomento Industrial; Dirección General de Normas.
[10] Vogt. E. 2000. Fabricación de vinos espumosos, 2da edición. Editorial Acribia, España. 8283 p.
[11] Norma Oficial Mexicana; NOM-V-16-S-1992; Secretaría de Comercio y Fomento Industrial; Dirección General de Normas.
[12] Norma Oficial Mexicana; NOM-V-15-S 1992. Secretaría de Comercio y Fomento Industrial; Dirección General de Normas.
[13] Norma Oficial Mexicana; NOM-V-26 1992. Secretaría de Comercio y Fomento Industrial; Dirección General de Normas.
[14] Norma Oficial Mexicana; NOM-V-13 1992. Secretaría de Comercio y Fomento Industrial; Dirección General de Normas.
[15] Norma Oficial Mexicana; NOM-V-21-S 1992. Secretaría de Comercio y Fomento Industrial; Dirección General de Normas.
[16] Lozano M. J. Bernalte M. C. Ayuso M. C. Vidal-Aragón, M. T. Hernández, B. Velardo y M. J. Martín. 2007. Caracterización Nutricional de Diferentes Cultivares de Ciruela Japonesa (Prunus Salicina) Producidas en Extremadura. In Memoria del XI Congreso SECH. Albacete 2007. España. pp. 1-4.
[17] Páramo L. y Perk L. 2006. Determinación de parámetros a nivel laboratorio para la producción de vinos a partir de frutas tropicales producidas en Nicaragua. pp. 101-107.
[18] Refined Syrups and sugars, Inc. (1985); This is liquid sugar a technical; guide for the liquid sugar; editorial Aech; Yonkers, New York.
[19] Pérez G. J. 2006. Tesis sometida en cumplimiento parcial de los requisitos para el grado de: Maestro en Ciencias y Tecnología de Alimentos Universidad de Puerto Rico recinto Universitario de Mayagüez.

Síntesis y Caracterización de películas delgadas de TiO_2 y TiO_2 dopadas W por spin coater

M.G. Garnica Romo[1], M. Villicaña Méndez, N. Dasgupta Schubert[3], L. García González[4], L. L. Díaz Flores[5]*
[1]Facultad de Ingeniería Civil, Universidad Michoacana de San Nicolas de Hidalgo, Santiago Tapia 403, Col. Centro, c.p. 58000, Morelia, Mich., México
[2]Facultad de Ingeniería Química, Universidad Michoacana de San Nicolas de Hidalgo, Santiago Tapia 403, Col. Centro, c.p. 58000, Morelia, Mich., México
[3] Facultad de Físico Matemáticas, Universidad Michoacana de San Nicolas de Hidalgo, Santiago Tapia 403, Col. Centro, c.p. 58000, Morelia, Mich., México
[4] Centro de Investigación en Micro y Nanotecnología, Universidad Veracruzana, Adolfo Ruiz Cortines No 455, Fracc. Costa Verde, CP. 94294 Boca del Río, Veracruz, México
[5] Facultad de Ingeniería, Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, Av. Universidad S/N Zona Cultural, Col. Magisterial, CP. 86040 Villahermosa, Centro, Tabasco, México
*gromar05@hotmail.com

***Área de participación**: Ingeniería Química*

Resumen

Síntesis y caracterización de películas delgadas de TiO_2 dopado con W (0.5-4%) por sol-gel y crecidas en spin-coater, con tratamiento térmico para obtener películas transparentes. Se analizaron sus propiedades estructurales y morfológicas por DRX, MEB. La síntesis presenta aumento en la acidez del TiO_2-W con respecto a TiO_2 puro, que presenta mayor afinidad de fotooxidación de la película. Los patrones de difracción de la película muestran la formación de fase anatasa que es la más activa del compuesto. Presenta una morfología en forma de microesferas, y el análisis energía dispersiva. Usando UV-Vis se presenta absorción a los 400 nm, con una transmisión de la luz del 80%, utilizando reflectancia difusa muestra una superficie reflectiva y un band gap de 3.24 eV y espectro Raman muestra las bandas características de TiO_2 a 142, 196, 394, 514 y 636 cm^{-1}.

***Palabras clave**: Titania, tungsteno, películas, transparentes*

Abstract

Synthesis and characterization of thin films of TiO_2 doped with W (0.5-4%) by sol-gel and grown in spin-coater, with heat treatment to obtain transparent films. Its structural and morphological properties were analyzed by XRD, SEM. The synthesis shows an increase in the acidity of TiO_2-W with respect to pure TiO_2, which has a higher affinity for photooxidation of the film. The diffraction patterns of the film show the formation of the anatase phase that is the most active of the compound. It presents a morphology in the form of microspheres, and energy dispersive analysis. Using UV-Vis, absorption is presented at 400 nm, with a light transmission of 80%, using diffuse reflectance it shows a reflective surface and a band gap of 3.24 eV and the Raman spectrum shows the characteristic bands of TiO_2 at 142, 196, 394, 514 y 636 cm^{-1} *cm^{-1}.*

***Key words**: Titania, tungsten, films, transparent.*

Introducción

Método sol-gel es una técnica muy útil para la síntesis de diversos materiales, parte de sus ventajas es que ofrece elevada pureza, diversidad de composiciones, estabilidad química y térmica, alto grado de homogeneidad, además de una ruta química que permite fabricar materiales amorfos y policristalinos de forma relativamente sencilla con características especiales en su composición y propiedades. Esta técnica ha ganado gran atención para la preparación de nanopartículas, ya que

requiere equipos de bajo costo, no requiere altas temperaturas y la posibilidad de tener control sobre diversos parámetros de los materiales tales como la estructura de la fase, cristalinidad, tamaño promedio nano-cristalino y área de superficie.
El dióxido de titanio (TiO_2) es un compuesto de gran interés tecnológico, presenta tres fases cristalinas: Rutilo (estructura tetragonal), Anatasa (estructura tetragonal) y Brookita (estructura ortorrómbica).
Debido a esto el dióxido de titanio, especialmente en fase anatasa, es ampliamente usado como fotocatalizador por sus propiedades ópticas y electrónicas, bajo costo, estabilidad química y baja toxicidad, principalmente. Es, además, utilizado como pigmento blanco, por sus propiedades de dispersión, recubrimiento anticorrosivo, sensor de gases, Absorbente de rayos UV en productos cosméticos y en la industria cerámica [1].
A partir de finales de 1960 se implementó el dióxido de titanio para la conversión de energía fotoelectroquímica y posteriormente se enfocó a la fotocatálisis del medio ambiente, incluyendo superficies autolimpiables. Existe diversa literatura que reporta que el TiO_2 es un buen fotocatalizador debido a que posee un valor adecuado de banda prohibida (3.2 eV), para la purificación del medio ambiente ha atraído considerable atención debido a la aplicación para la eliminación de una amplia variedad de contaminantes, en fase liquida y gaseosa. La aplicación práctica de TiO_2 es inhibida por su baja eficiencia de utilización de fotones y la necesidad de una fuente de excitación ultravioleta que representa solo una pequeña fracción de la energía solar (3-5%). Por lo tanto, es un problema desarrollar nuevos sistemas fotocatalíticos de TiO_2 con actividades mejoradas tanto en el espectro ultravioleta y luz visible.
Existen varios métodos para la preparación de fotocatalizadores de TiO_2, como son electroquímicos [2,3] de reacción continua, multigelificación, películas delgadas y recubrimiento por rotación [4], combinación de micela inversa y plasma-tratamiento, recubrimiento por inmersión, aerogel y xerogel, sol-gel. Se han realizado investigaciones que sugieren la modificación de la superficie de TiO_2 por metales nobles como Pd, Ag y Au, las cuales aumentan la eficiencia del electrón, lo que a su vez aumenta la fotoxidación. Algunos metales también han sido dopados con titanio para mejorar sus propiedades físicas. Tales como SnO_2, WO_3, SiO_2, ZrO_2 and V_2O_5. [5]

El tungsteno (W) cristaliza en la estructura cúbica centrada en el cuerpo, como dióxido de tungsteno (WO_2) y en estructura monoclínica como trióxido de tungsteno (WO_3), puede variar a temperaturas superiores a 740°C con estructura tetragonal y de 330 a 740 °C es ortorrómbica. El tungsteno se considera como el mejor fotodegradador bajo irradiación de luz visible de los ácidos 4-nitrofenol, benzoico, metanóico y oxálico. [6].
En este trabajo, se presentan el crecimiento de películas delgadas transparentes de TiO_2 dopadas con W de 0.5-4% molar usando spin coater, las propiedades estructurales y morfológicas de las películas de TiO_2-W.

Metodología

Materiales

Los reactivos utilizados: Tetraisopropoxido de Titanio (Ti $[OHC(CH_3)_2]_4$), Ácido Túngstico (H_2WO_4), al 99.8%, ambos marca Sigma Aldrich. Ácido acético (CH_3COOH), glacial, 2-propanol (C_2H_7OH), al 99.7%, Ácido Nítrico (HNO_3) al 70%, JT Baker, Agua des-ionizada (H_2O). Sustratos de Vidrio Corning.

Preparación de sol

La síntesis del sol- gel de TiO_2 se realiza siguiendo la ruta indicada por A. Mayoufi y col. 2014 [7].
En la síntesis del TiO_2 dopados con tungsteno, contienen de 1-4% mol de tungsteno, a la matriz de TiO_2 se incorpora en habitación oscura una disolución de ácido túngstico en 2-propanol (20:1), por goteo en agitación vigorosa, es necesario controlar el pH de la solución, en rango de 3-4 de acidez ya que el aumento de acidez del sol-gel de TiO_2-W puede favorecer una mayor afinidad para especies de electrones no apareados.

 ISSN 2007-8102

Limpieza del sustrato

Antes de realizar los crecimientos de las películas, se aplica un pretratamiento de limpieza con el fin de eliminar impurezas y obtener una superficie limpia y reproducible, siguiendo el diagrama en la Figura 1



Figura 1. Limpieza de los sustratos

Condiciones de crecimiento de la película

La elaboración de los recubrimientos, los cuales fueron obtenidos a partir de los soles de TiO_2 y TiO_2 dopados con W, se realizó el crecimiento de las películas sobre vidrio Corning usando el equipo Spin-coater Figura 2, de acuerdo con las siguientes variables de crecimiento: se utilizó una atmosfera inerte (nitrógeno a 70 psi de vacío), a una velocidad de 3000 rev/min, utilizando crecimientos de 4 capas, la cantidad de sol utilizado fue 1 ml, una vez obtenidas las películas, estas fueron secadas a una temperatura de 60 °C durante 30 min. Posteriormente se mantuvieron a temperatura ambiente y finalmente se realizó un tratamiento térmico a 500°C por una hora, con una rampa de temperatura de 9°C/min.

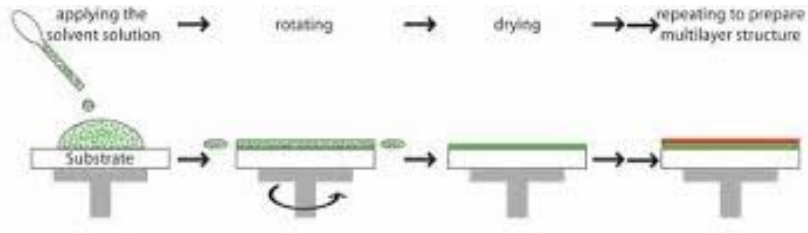


Figura 2. Proceso de deposición

Técnicas de caracterización

Se realizó el análisis de (DRX) con el difractómetro Bruker-D8 ADVANCE ECO equipado con ánodo de cobre con radiación K_α y un monocromador de grafito. Las muestras fueron escaneadas en una escala de 2θ con rango 20-70°, un paso de 0.02° y velocidad de 0.6 s/ punto.
Espectroscopia de reflectancia difusa (ERD) se realizó en un espectrofotómetro marca OCEAN OPTICS, modelo QE65000. El modelo de la fuente es DT-mini-2, las mediciones se efectuaron en un rango de barrido que va de 200 a 1000 nm.
Caracterización de las muestras por Espectroscopia RAMAN se realizaron mediante el sistema de Alta Resolución Marca Horiba, Modelo Lab Ram HR Evolution, usando una Línea de excitación 632.8 nm (laser de He Ne 5mW), Objetivo de 50X donde el Spot es de 2 µ.

 ISSN 2007-8102

En el Espectro UV-Vis, se obtuvieron los espectros de transmitancia dentro del rango ultravioleta cercano y el espectro electromagnético de luz visible comprendiendo el barrido de 250-750 nm, se realizaron en el espectroscopio LAMBDA 365 PERKIN ELMER; en películas crecidas sobre vidrios Corning

Resultados y discusión

Por Difracción de rayos X se utilizó para determinar la estructura cristalina y el tamaño de cristal de las películas de las muestras de TiO_2 puro y dopadas con tungsteno a diferentes concentraciones. Para verificar que es lo que sucede con la estructura de TiO_2 al incorporar el tungsteno en la matriz, si esta sufre o no alteración estructural.

De acuerdo con la Figura 3, en la película de TiO_2 puro se puede observar claramente el pico principal de la fase anatasa en la estructura del TiO_2. Notese que en las películas con incorporación de Tungsteno con los diferentes porcentajes solo está presente la fase anatase, considerando que el W no se encuentra en ninguna de sus formas (Tungsteno o algún oxido de Tungsteno), esto se identificó de acuerdo a los cardex [8]; pero contrario a ello existe un corrimiento en el pico principal del TiO_2, que se puede asociar a la inclusión del dopante, el cual se encuentra situado en ángulo de $2\theta = 25.22°$ para el TiO_2 puro y sufre ligeros corrimientos a la izquierda del plano en las diferentes concentraciones de W, las cuales tienden a moverse a un rango de los $24.60° - 25.14°$ pero aun considerados dentro de la estructura de la fase anatasa del TiO_2; con ayuda del programa Jade 6.5 se puede determinar la distancia interplanar dentro de la estructura cristalina y se realizó en cada una de las películas cómo se observa en la Tabla 1, de las cuales se asociar una ligera expansión

Tabla 1. Determinación de tamaño de cristalito en películas TiO_2 y dopadas, por Scherrer.

Muestra	TiO_2	TiO_2-W 0.5%	TiO_2-W 1%	TiO_2-W 2%	TiO_2-W 3%	TiO_2-W 4%
$2\theta_2$	24.94	24.22	24.55	24.09	24.34	24.12
$2\theta_1$	25.49	25.13	25.46	25.18	25.43	25.39
θ_B	25.17	24.66	25.17	24.51	25.17	24.66
$\beta\ (radianes)$	0.0096	0.0159	0.0159	0.0190	0.0190	0.0222
$T(nm)$	14.4659	9.8146	8.7429	8.9816	7.2991	7.0314
$d(\text{Å})$	3.5048	3.6002	3.5048	3.6079	3.5968	3.6248

en la estructura cristalina de la película ya que la distancia interplanar aumenta al ser dopada la muestra de TiO_2 puro lo cual puede ser el causante del corrimiento de los picos en los planos de difracción. El cálculo del tamaño de cristalito de las películas, podemos observar que conforme aumenta la concentración de tungsteno en el sistema de TiO_2, el tamaño de cristalito se reduce de 14 nm a 7.03 nm. (Tabla 1).

El espectro de transmitancia en las películas de TiO_2 y dopadas con tungsteno a las diferentes concentraciones. Se puede observar, en la Figura 4, que la muestra de TiO_2 puro absorbe a los 348 nm [9] y presenta un promedio de transmisión de la luz de 80%. Por otro lado, cuando se dopa el TiO_2 hay variación en la transmisión de la película se observa que el dopaje de 2% de tungsteno solo transmite el 60% de la luz y absorbe a los 330 nm, por su parte cuando se tiene el 4% de tungsteno la película absorbe en los 400 nm, esto es, que hay un corrimiento en la banda en la banda de absorción que es parte de lo esperado en el dopaje del TiO_2, que es lo que permite a la película su activación dentro del espectro visible.

 ISSN 2007-8102

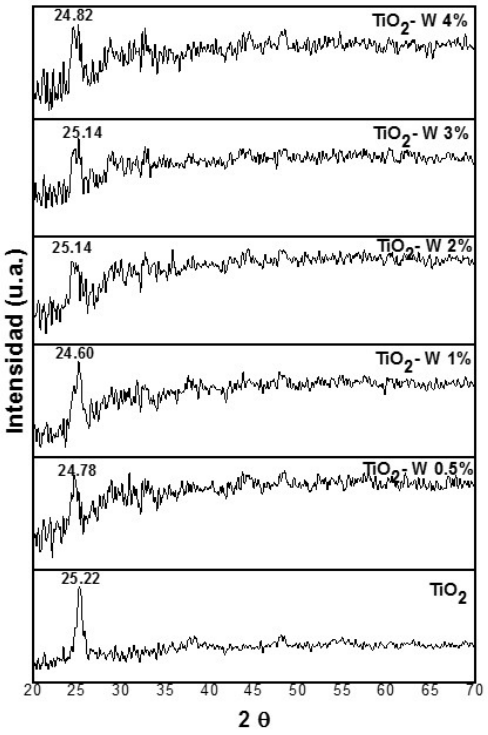


Figura 3. Espectros de difracción de rayos X de películas de TiO_2 y dopadas (0.5-4%) W, tratadas a 500ºC por 1 hr.

El espesor de la película es de aproximadamente 99-100 nm este se determina a partir de la ecuación de máximos y mínimos para el espectro de transmitancia y el índice de refracción del TiO_2.

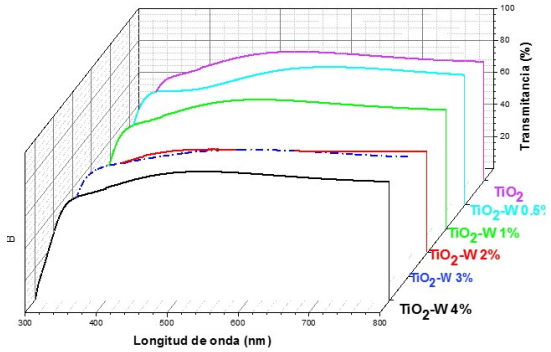


Figura 4. Espectro de transmitancia de películas de TiO_2 y dopadas con W (0.5-4) %W.

 ISSN 2007-8102

En la Figura 5 se muestran los espectros Raman, de las películas de titanio y titanio-tungsteno a diferentes concentraciones; se apreciar las bandas características del TiO_2 las cuales se detectan a 142, 196, 394, 514 y 636 cm^{-1}, que son atribuidas al TiO_2 en fase anatasa, lo cual coincide con lo reportado por Z. Pintér y col. [10]. La película de 0.5% de tungsteno, presenta unas pequeñas ondulaciones que a partir del 1% se intensifican formando las bandas a 122, 250 y 365cm^{-1}, atribuidas a $\delta(O-W-O)$ reportado por [11,12]

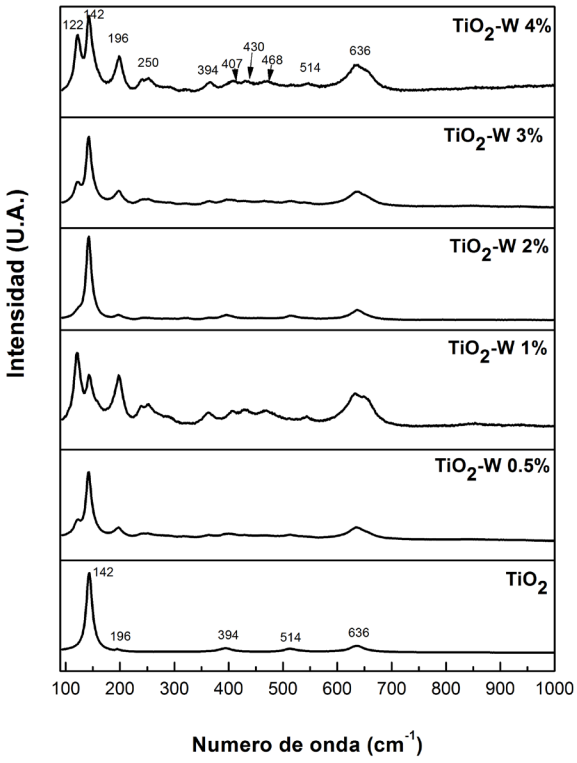


Figura 5. Espectroscopia Raman películas de TiO_2 y dopadas con W (0.5-4%) con tratamiento térmico

La Figura 6 presenta el calculó la energía Gap de la película, de las cuales la película que evidencia una banda más ancha de energía es la de TiO_2-W 1% con 3.43 eV, las películas de TiO_2-W (0.5 y 3 %), necesitan 3.41 eV de energía para promover un electrón de la banda de valencia a la banda de conducción, la película de TiO_2-W 3% mostro 3.37 eV necesarios para la promoción de electrones y la película de TiO_2-W 2% fue la que mostro una banda de energía más estrecha con 3.24 eV, siendo esta la película que tiene un mejor intercambio electrón-hueco y que a su vez presenta una mejor promoción de electrones de la banda de conducción a la banda de valencia.

 ISSN 2007-8102

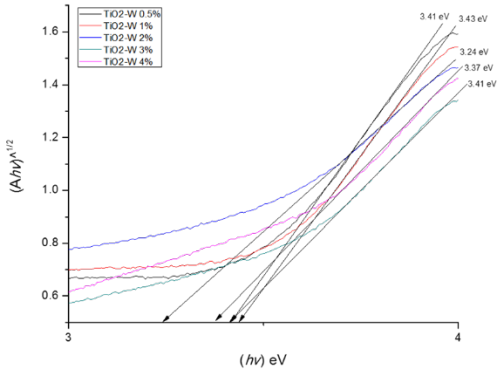


Figura 6. Determinación del Band Gap de las películas TiO_2-W (0.5-4%)

Trabajo a futuro

Falta realizar pruebas de XPS y Microscopia de Fuerza atómica.

Conclusiones

Se obtuvieron películas de TiO_2 y dopadas con W (0.5-4%) a partir de soles obtenidos por sol-gel y crecidas por Spin-coater.
La estructura cristalina presente en las peliculas de TiO_2 y TiO_2 dopados con W presentan la fase anatasa, observandose un ligero corrimiento de plano cristalino (101) de la fase presente conforme aumenta la cantidad de tungsteno y esto puede ser atribuido a que el tungsteno se encentra en los interticios de la matriz de TiO_2.
Por espectroscopia RAMAN se identificaron los modos de vibración características del TiO_2 en fase anatasa (142, 196, 394, 514 y 636 cm^{-1}) lo cual coincide con lo observado por difracción de rayos X; a su vez se observan los modos de vibración del $\delta(O-W-O)$ (122, 250 y 365 cm^{-1}) a partir del 1%W se identifica.
La pelicula TiO_2-W 2% con menor bandgap 3.24 eV, con repecto a las otras concentraciones que van de 3.41-3.43 eV.

Agradecimientos

Proyecto aprobado por Coordinación Científica de la UMSNH

Referencias

[1] X. Chen and S.S. Mao, “Titanium Dioxide Nanomaterials: Synthesis, Properties, Modifications, and Applications”, Chemical Review, vol. 107, no. 7, pp. 2891-2959, 2007.
[2] S.Karuppuchamya, N. Suzuki, S.Ito, T. Endo, “A novel one-step electrochemical method to obtain crystalline titanium dioxide films at low temperature”, Current Apllied Physics, vol. 9, no. 1, pp. 243-248, 2009.
[3] X. Wu, Z. Jiang, H. Liu, X. Li, X. Hu, “TiO_2 ceramic films prepared by micro-plasma oxidation method for photodegradation of rhodamine B”, Materials Chemistry and Physics, vol. 80, pp. 39–43, 2003.
[4] K.R. Patil, S.D. Sathaye, Y.B. Khollam, S.B. Deshpande, N.R. Pawaskar, A.B. MandaleK, “Preparation of TiO_2 thin films by modified spin-coating method using an aqueous precursor”, Materials Letters, vol. 57, pp.1775 – 1780, 2003

[5] M.Takahashi, K. Mita, H.Toyoki, M. Kume & Idriss, B. *journal physics chemistry*, 599, 1995.
[6] V. Iliev, D. Tomova, S. Rakovsky, A. Eliyas & G. Li, "Enhancement of photocatalytic oxidation of oxalic acid by gold modified WO3/TiO2 photocatalysts under UV and visible light irradiation", Journal of Molecular Catalysis A: Chemical, vol. 327, no. 1-2, pp.51-57, 2010.
[7] A. Mayoufi, M. Faouzi Nsib, Ammar Houas," Doping level effect on visible-light irradiation W-doped TiO_2–anatase photocatalysts for Congo red photodegradation", Comptes Rendus Chimie, vol. 17, pp. 818-823, 2014
[8] A. Katagiri, M. Suzuki, and Z. Takehara, "Electrodeposition of Tungsten in $ZnBr_2$-NaBr and $ZnCl_2$ - NaCl Melts", Journal of The Electrochemical Society, vol. 138, no.3, 1991.
[9] I. Ganesh, R. Dom, P.H. Borse, I. Annapoorna, G. Padmanabham, G. Sundararajan, "Fabrication and Photoelectrochemical Characterization of Fe, Co, Ni and Cu-Doped TiO_2 Thin Films", Materials Science Forum, vol. 764, pp.266-283, 2013.
[10] Z. Pintér, Z. Sassi, S. Kornely, Ch. Pion, I.V. Perczel, K. Kovács, R. Bene, J.C. Bureau, F. Réti, "Thermal behaviour of WO_3 and WO_3/TiO_2 materials", Thin Solid Films, vol. 391, no.2, pp. 243-246, 2001.
[11] M. Epifani, R. Díaz, C. Force, E. Comini, M. Manzanares, T. Andreu, A. Genç, J. Arbiol, P. Siciliano, G. Faglia and J. R. Morante", Surface Modification of TiO_2 Nanocrystals by WO_x Coating or Wrapping: Solvothermal Synthesis and Enhanced Surface Chemistry", Applied materials & Interfaces, vol. 7, no. 12, pp. 6898-6908, 2015.
[12] Y. Djaouded, S. Balaji, N. Beaudoin, "Erratum to: Sol–gel synthesis of mesoporous WO_3–TiO_2 composite thin films for photochromic devices", Journal Sol-Gel Science Technology, vol. 68, pp 516-525, 2013.

Actividad antimicrobiana de nanopartículas de plata obtenidas de extractos acuosos de *Pleurotus Ostreatus*

A. M. Zamora Zamora[1], R. Contreras Chávez[1], M. G. Garnica Romo[2], H.E. Martínez Flores[1*]
[1]Facultad de Químico Farmacobiología, Tzintzuntzan 173. Col. Matamoros, C.P. 58240, Morelia, Michoacán, México.
[2]Facultad de Ingeniería Civil. Av. Francisco J. Múgica S/N. Ciudad Universitaria. C.P. 58030. Morelia, Michoacán, México.Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo., C.P. 01219, México D. F., México
**hector.martinez.flores@umich.mx*

***Área de participación**: Ingeniería Química*

Resumen

Se evaluó el efecto antimicrobiano de nanopartículas de plata (AgNPs) sintetizadas con extracto acuoso de *Pleurotus ostreatus*, contra *Escherichia coli, Pseudomona aeruginosa* y *Staphylococcus aureus.* El extracto acuoso se puso en contacto con nitrato de plata, y posteriormente las AGNPs se obtuvieron en forma de polvo al calcinar a 500 °C, obteniéndose AgNPs menores a 187 nm. La actividad antimicrobiana fue evaluada por la técnica de difusión en disco, concentración mínima inhibitoria (CMI) y concentración mínima bactericida (CMB). Los resultados mostraron halos de inhibición para *E. coli* de 11.36 mm a una CMI de 78.1 µg/ml y una CMB de 260.4 µg/ml; para *S. aureus* su diámetro de inhibición fue de 10.2 mm, su CMI 833.3µg/ml y una CMB 1041.6 µg/ml, y para *P. aeruginosa* un halo de inhibición de 8.66 mm, una CMI de 520.6 µg/ml y una CMB de 833.3 µg/ml.

***Palabras clave**: Pleurotus ostreatus, nanopartículas, plata, actividad antimicrobiana.*

Abstract

The antimicrobial effect of silver nanoparticles (AgNPs) synthesized with aqueous extract of Pleurotus ostreatus, against Escherichia coli, Pseudomona aeruginosa and Staphylococcus aureus was evaluated. The aqueous extract was put in contact with silver nitrate, and subsequently the AGNPs were obtained in powder form when calcined at 500 ° C, obtaining AgNPs smaller than 187 nm. The antimicrobial activity was evaluated by the disk diffusion technique, minimum inhibitory concentration (MIC) and minimum bactericidal concentration (CMB). The results showed inhibition halos for E. coli of 11.36 mm at a MIC of 78.1 µg / ml and a WBC of 260.4 µg / ml; for S. aureus its inhibition diameter was 10.2 mm, its MIC was 833.3 µg / ml and a CMB 1041.6 µg / ml, and for P. aeruginosa an inhibition halo of 8.66 mm, a MIC of 520.6 µg / ml and a CMB of 833.3 µg / ml.

***Key words**: Pleurotus ostreatus, nanoparticles, silver, antimicrobial activity.*

Introducción

Las nanopartículas metálicas se han explorado en los últimos años para reducir o eliminar de manera efectiva microorganismos patógenos resistentes. A pesar de los avances en el desarrollo de nuevos medicamentos contra diversas enfermedades infecciosas, aún existe una creciente preocupación por la aparición y reaparición de la resistencia a los medicamentos. La nanotecnología ha allanado el camino en el desarrollo de nuevos fármacos, uno de ellos se encuentra en el uso de nanopartículas metálicas, ya que poseen propiedades químicas, ópticas y mecánicas definidas diferentes y generalmente más eficientes que cuando se encuentran en su tamaño macroscópico [1,2]. Las nanopartículas de plata están definidas como agregados aislados de átomos de metales rodeados de una cápsula protectora o estabilizadoras que evita su aglomeración, poseen un tamaño en un intervalo de 1 a 100 nm.

La actividad antibacteriana y antiviral de las AgNPs se ha establecido con anterioridad, sin embargo, para determinar si realmente pueden ser consideradas como una opción para tratar y/o prevenir infecciones causadas por microorganismos drogo resistentes, se debe investigar con mayor profundidad su actividad microbicida contra diferentes tipos de patógenos [3]. La síntesis de AgNPs puede llevarse a cabo mediante el uso de diferentes metodologías, incluyendo organismos que sean fuente de enzimas o de compuestos reductores, que pueden actuar sobre el nitrato de plata, reduciéndolo a plata y llevarla hasta escala nanométrica para producir las AgNPs. Uno de los organismos biológicos que pueden ser utilizados son los hongos como el *Pleurotus ostreatus*.

P. ostreatus (Figura 1) pertenece a la clase basidiomicetos comestibles, presentan basidios que producen basidiosporas. Este género pertenece al grupo del 10% de los hongos comestibles de entre las 10000 especies, es de origen húngaro, conocido como seta ostra [4] y es degradador de materia orgánica, se alimenta de lignina y celulosa proveniente de paja, rastrojo de maíz, caña, trigo, cebada, centeno, avena, arroz, etc. Por lo que pueden ser usados una gran cantidad de material agrícola y agroindustrial [5]. El *P. ostreatus* es fuente de compuestos antioxidantes, entre los que se incluyen tocoferoles, ácido ascórbico, carotenoides y compuestos fenólicos como el ácido benzoico, ácido gálico, catequina, ácido tánico, ácido cafeico y resveratrol [6].



Figura 1. Morfología del hongo *Pleurotus ostreatus.*

Metodología

Métodos de síntesis de nanopartículas de plata

Existen diversos métodos para la síntesis y aplicación de las AgNPs. Esta variedad de procesos de síntesis produce diferencias entre la composición, calidad, tamaños variables, diferencia en la morfología, y estabilidad. En general, los métodos de síntesis se clasifican en tres categorías: física, química y biológica. El utilizado en el presente estudio es la referente a síntesis biológica o síntesis verde, las cual es un método amigable con el medio ambiente, que usan agentes reductores y de terminación ecológicos, como son las proteínas, péptidos, carbohidratos, varias especies de bacterias, hongos, levaduras, algas y plantas. El mecanismo de síntesis biológica incluye la reducción enzimática y no enzimática.

Mecanismos de inhibición de las nanopartículas

Estudios muestran que las AgNPs se pueden adherir a la membrana celular, alterando la permeabilidad celular y funciones respiratorias de la célula. Es posible que las AgNPS no sólo interactúen con la superficie de la membrana, sino que también penetren al interior de la bacteria [8]. Generalmente se considera que la plata iónica interactúa con múltiples sitios “target” (objetivos) microbianos. Su actividad antimicrobiana es debido a la combinación y alteración de proteínas microbianas, con eventual disrupción estructural y metabólica. Para la plata iónica, uno de los principales sitios de acción se encuentra a nivel de la membrana de la célula bacteriana, donde

puede inhibir la fuerza motriz de protones y el transporte de electrones de la cadena respiratoria, lo que puede afectar la permeabilidad de la membrana resultando en la muerte de la célula bacteriana [8]. El mecanismo de acción microbicida de las AgNPs generalmente se encuentra menos estudiado comparado con el de la plata iónica. El mecanismo de acción de las AgNPs se relaciona con su habilidad de generar mayor cantidad de plata iónica e incrementar la producción de especies reactivas de oxígeno. Ambos, la plata iónica y las AgNPs parecen compartir un mecanismo de acción similar sobre la membrana objetivo, aunque las AgNPs son más eficientes para una concentración efectiva en el rango de nanogramos en comparación con el rango de microgramos para la plata iónica [9].

Por lo anterior, el objetivo de la presente investigación fue evaluar el efecto antimicrobiano de las nanopartículas de plata (AgNPs) obtenidas con un extracto acuoso de *Pleurotus ostreatus* contra los microorganismos *Escherichia coli, Pseudomona aeruginosa* y *Staphylococcus aureus.*

Metodología

La presente investigación fue realizada en el Laboratorio de Investigación y Desarrollo de Alimentos (LIDA) de la Facultad de Químico Farmacobiología de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo en Morelia, Michoacán, México. El hongo *P. ostreatus* fue cosechado, secado, molido y tamizado. La obtención del extracto acuoso de *P. ostreatus*, se pesaron 10 g de polvo de muestra y se disolvieron en 100 ml de solvente, el cual se colocó en maceración con agitación de 110 rmp a 25 ºC por 48 h. Enseguida se centrifugo (CRM GLOBE Centrificent) el extracto a 3000 rpm por 10 min, y posteriormente se filtró con filtro de poro medio.

Determinación de compuestos fenólicos y ácido ascórbico en el extracto acuoso

La determinación de los Fenoles totales se realizó de acuerdo al método descrito por Brighente [10], con algunas modificaciones. Los resultados se expresaron en mg equivalentes a AG (EAG)/mL. El contenido de ácido ascórbico en los extractos fue determinado de acuerdo con Yen [11] usando el método del 2,6-dichloroindophenol (DIP) con modificaciones. Para cada concentración de la curva y muestra se realizaron tres repeticiones. Los resultados se expresaron en mg equivalentes a ácido ascórbico (EQ)/mL.

Síntesis y caracterización de nanopartículas de plata (AgNPs)

La síntesis de AgNPs se realizó de acuerdo con la estandarización del proceso y la adecuación de las condiciones del laboratorio, tomando como base las metodologías de Martínez, Zuñiga, y Sánchez [2] y de Al-Bahrani [12]. Basado en lo anterior, la síntesis de AgNPS se realizó en dos etapas: I) La preparación y ajuste de los extractos en la que se procedió a sonicar el extracto a temperatura ambiente por 5 min, y a filtrar con papel Whatman #1 de 11 micras. II) Para la síntesis de AgNPs, a 25 ml de solución de nitrato de plata 3mM ($AgNO_3$) se adicionaron los mL necesarios de extracto de basidiocarpos que contuvieran 100mg de sólidos totales y los mL hidróxido de sodio (NaOH) 1M necesarios para alcanzar un de pH 12 en una parrilla con agitación media y en calentamiento a 60 ±5 ºC por 20 min. Una vez realizada la síntesis y monitoreada en FTIR (Figura 2) se procedió al secado se la muestra a 50 ºC en un horno de secado y un posterior proceso de calcinado, finalmente se redujo el tamaño de partícula y homogeneizado por medio de un mortero de ágata. Para la microscopía electrónica de barrido, el sólido obtenido después del proceso de secado se analizó en su morfología por medio del microscopio electrónico de barrido de la marca JEOL® modelo JSM-7600F.

Evaluación de la actividad antibacteriana

La actividad antibacteriana de las AgNPs se evalúo sobre las cepas; *Escherichia coli* ATCC 25922, *Staphylococcus aureus* ATCC 25923 y *Pseudomonas aeruginosa* ATCC 27853, otorgadas por el Laboratorio Estatal de Salud Pública del Estado de Michoacán, México.

Método de difusión en disco

Se realizó de acuerdo a la metodología descrita por Taroco [13]. Se utilizaron discos estériles de papel filtro Whatman #1 (2.5 µm) de 6 mm de diámetro, los cuales, se dejaron en contacto durante 24 h con los diferentes tratamientos: I) antibióticos como controles positivos, gentamicina (5 mg/ml) para *Escherichia coli* y *Pseudomona aeruginosa* y cloranfenicol (5 mg/ml) para *Staphylococcus aureus* II) agua destilada estéril como control negativo III) nanopartículas de plata ajustadas a 5 mg/ml en agua destilada estéril y homogenizadas en un baño ultrasónico (modelo 8892) a 25°C/ 30 min/ 110v/60Hz.

Antes de cada determinación, las cepas fueron sembradas en agar nutritivo e incubadas a 37 °C/24 h. Posteriormente, se prepararon inóculos con cada una de las cepas en solución salina al 0.85%, el inóculo se ajustó entre 0.08-0.09 de absorbancia a 620 nm (0.5 en escala de McFarland) con un espectrofotómetro Uv-Vis modelo ve-5100 UV. Posteriormente, se introdujo un hisopo estéril en el inóculo bacteriano y se sembró en la placa de Agar Müeller Hinton con estría en forma paralela repitiendo dos veces más rotando la placa 60°. En las placas con agar Müeller Hinton inoculadas con cada cepa correspondiente, se colocaron los discos de papel filtro impregnado con cada tratamiento respectivo. Estas placas fueron divididas en 5 secciones, colocando un disco en cada sección; positiva, negativa y 3 para la muestra de AgNPs correspondiente, se dejaron secar durante 20 min. Las placas se incubaron a 37 °C/24 h. Enseguida, se midió el diámetro del halo de inhibición del crecimiento de los microorganismos en milímetros y se calculó el porcentaje del efecto inhibitorio relativo respecto al control positivo utilizando la siguiente fórmula:

$$\%efecto\ inhibitorio = \frac{\text{Diámetro halo de inhibición muestra}}{\text{Diámetro halo de inhibición control positivo}} x100$$

Determinación de concentración mínima inhibitoria (CMI) y concentración mínima bactericida (CMB)

Las concentraciones mínimas inhibitorias (CMI) y concentraciones mínimas bactericidas (CMB) fueron determinadas por triplicado mediante el método de las diluciones seriadas en tubos de ensaye con medio caldo nutritivo de acuerdo con la metodología descrita por Taroco [13]. Para ello, se colocó 1 ml de la solución de AgNPs en concentraciones desde 0.039 µg/ml hasta 5 mg/ml, se incluyeron dos controles de crecimiento bacteriano un control positivo, y un control negativo. Posteriormente se colocó 1 ml de caldo nutritivo a cada tubo. Enseguida, se preparó la suspensión del inóculo de cada cepa en estudio: *E. coli*, *S. aureus* y *P. aeruginosa*. La concentración del inóculo se ajustó a 0.5 en la escala de Macfarlán (absorbancia 0.08-0.09 a 620 nm) y se diluyó 1:200 en caldo nutritivo. Se añadió 1 ml de inóculo respectivamente en cada uno de los tubos que contenían la dilución correspondiente de AgNPs en el control positivo, en cambio, para el control negativo se agregó 1 ml de caldo nutritivo sin inóculo para igualar los volúmenes. Los tubos se incubaron a 37 °C/24 h. Los resultados se expresaron de la siguiente manera: la CIM correspondió a la mínima concentración de AgNPs en donde no se observó desarrollo (turbidez) y se expresó en µg/ml. La CMB se determinó con la verificación del crecimiento bacteriano en cada tubo por siembra en placa. Se inocularon por triplicado 20µL de caldo de cada uno de los tubos en agar nutritivo y se incubaron a 37 °C/24 h. Y se estableció como CMB a la ausencia de crecimiento de bacterias en la caja Petri de agar nutritivo [14]. La CMB se expresó en µg/ml.

Resultados y discusión

El extracto acuoso de *P. ostreatus* presento una humedad de 96.24%, un contenido de fenoles totales de 13.54 ±0.63 mg EAG/g y 1.11 ±0.10 mg AA/g de ácido ascórbico. Los resultados fueron similares a los referidos por González-Palma [15], quienes reportaron valores de fenoles totales de 11.36 mg GAE/g. El contenido de ácido ascórbico fue superior al presentado por Velásquez [16], quienes reportaron 0.931 ±0.038 mg AA/g y al reportado por Jayakumar, Thomas, and Geraldine [17] con 0.25 mg AA/gr. Esta gran cantidad de compuestos reductores presentes en el hongo, pueden ser usados en la síntesis de AgNPs.

 ISSN 2007-8102

Caracterización del extracto por FTIR y de las nanopartículas de plata por UV/Vis

En la Figura 2 se observa la imagen de un espectro FTIR del extracto del hongo en el cual se aprecian los grupos funcionales que contiene y que permite ser utilizados en la reacción de síntesis de las AgNPS. Se identificaron los grupos funcionales que podrían estar involucrados en la reacción; encontrándose: el hidroxilo en las frecuencias de 3000 cm-1, anillos aromáticos entre las frecuencias 1450-1513 cm-1, grupo CH3 de flavonoides en la frecuencia 1369, flavonoides y alcoholes secundarios en la frecuencia1088 cm-1, alcoholes primarios en la frecuencia 1043 cm-1.

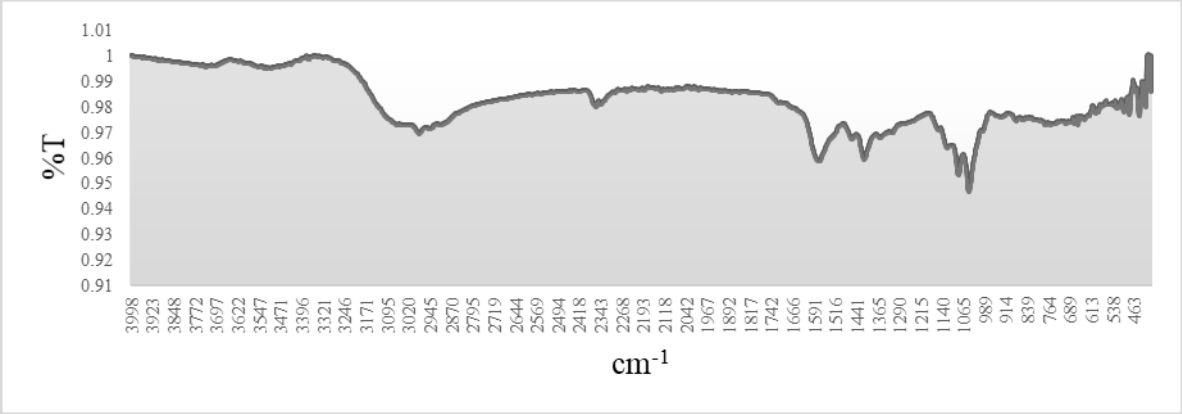


Figura 2. Espectro Infrarrojo por Transformada de Fourier (FTIR) del extracto acuoso de *Pleurotus ostreatus*.

La reducción de Ag^{+} a Ag^{0} fue confirmada por un cambio de color durante la reacción, al pasar de descolorida a un color café. La síntesis de AgNPs se monitoreó usando espectrofotometría visible (PerkinElmer) en el rango de 600 a 300 nm, observándose un pico característico de absorción en 425 nm correspondiente al plasmón superficial de las AgNPs (Figura 3).

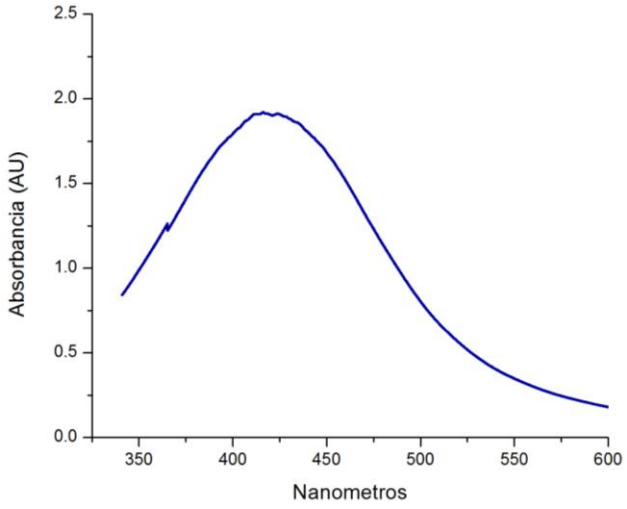


Figura 3. Espectro UV-VIS de las AgNPs, donde se muestra el plasmón superficial a 425 nm.

Las micrografías obtenidas en SEM-LABE, mostraron que las AgNPs presentaron morfología esférica (Figura 4), con diversos tamaños de partícula, variando entre 36 y 180 nm.

 ISSN 2007-8102

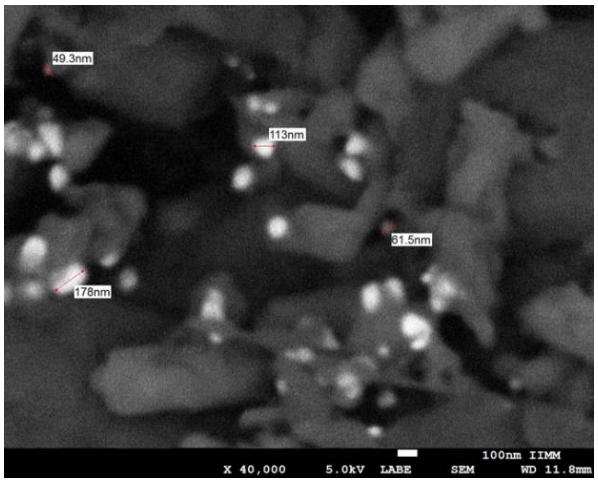


Figura 4. Microfotografías de las AgNPs obtenidas con *P. ostreatus.*

Actividad antimicrobiana

Respecto a la actividad antibacteriana medida con el método de difusión en disco, las AgNsP mostraron actividad contra *E. coli, P. aeruginosa* y *S. aureus*. El mayor efecto antibacteriano se encontró en *P. aeruginosa* con diámetro de inhibición de 8.66 mm y porcentaje de inhibición del 66.66% que fueron significativamente diferentes ($p < 0.05$) respecto a las otras bacterias, quienes no presentaron diferencia significativa entre ellas y quienes presentaron un efecto antibacteriano menor.

Entre los antibióticos, el efecto antibacteriano fue más fuerte sobre *E. coli* con diámetro de inhibición de 29.33 mm y la actividad más débil se encontró en *P. aeruginosa* con zona de inhibición de 13 mm. Los resultados se muestran en la Tabla 1. Los diámetros de inhibición por efecto de las AgNPs presentados concuerdan con lo descrito por Devika *et al*. [18] quienes reportaron diámetros similares de 13 mm para *E. coli, 8 mm*, para *S. aureus* y *P. aeruginosa* tratados con AgNPs y con Al-Bahrani [13], reportando zonas de inhibición de *S. aureus* de 8 a 11 mm, *E. coli* de 9 a 12 mm y *P. aeruginosa* de 9 a 13 mm. A partir de los resultados presentados, se infiere que las AgNPs a la concentración de 5mg/ml exhibieron una actividad antibacteriana mayor contra bacterias gram negativas en especial frente a *P. aeruginosa*. Actualmente el mecanismo exacto del efecto antibacteriano de los iones de plata no se conoce exactamente. Pero se sugiere que la actividad antibacteriana se deriva probablemente de la atracción electrostática entre la membrana celular de microorganismo cargada negativamente y las nanopartículas cargadas positivamente. Es probable que el tamaño presentado por las AgNPs y las bacterias tengan un efecto significativo al evaluar la actividad antimicrobiana. *P. aeruginosa* en este estudio tuvo un tamaño superior (2.4 micras) a los presentados por *E.* y *S. aureus* (2 micras y 1.5 micras, respectivamente).

Tabla 1. ***Porcentaje de inhibición de las AgNPs frente a cepas bacterianas***

Microorganismo	Concentración	% Inhibición	Diámetro de inhibición mm AgNPs	Diámetro de inhibición mm antibiótico
E. coli	5mg/ml	38.75^{B} ±0.52	11.36 ±0.15	29.33 ±1.52*
P. aeruginosa	5mg/ml	66.66^{A} ±2.35	8.66 ±2.35	13.00 ±1.00*
S. aureus	5mg/ml	37.31^{B} ±0.36	10.2 ±0.36	27.33 ±1.52^{+}

Las medias no conectadas por la misma letra son significativamente diferentes (Tukey $p<0.05$). Resultados obtenidos de 3 repeticiones. *Gentamicina $^{+}$Cloranfenicol

Las AgNPs fueron bactericidas contra todas las bacterias, probado a las concentraciones mínimas. En *E. coli* se mostró el CMI más bajo, siendo de 78.1 ±0 µg/mL seguido de *P. aeruginosa* y *S. aureus*

a un CMI de 520.6 ±180.7 y 833.3 ±360.8 µg/mL, respectivamente. Los resultados se muestran en la Tabla 2. La eficacia bactericida de las AgNps probado en el presente estudio es moderado en comparación con la eficacia de antibióticos como el cloranfenicol y la gentamicina. Sin embargo, estos antibióticos comerciales pueden causar eventos adversos tóxicos como nefrotoxicidad, neuropatía, hepatitis, entre otros [19].

Los resultados presentados son mejores ($p<0.05$) en las gramnegativas particularmente en *E. coli* y son similares a los reportados por Al-Bahrani [12] con una CMI de 16.13 ± 2.00 µg/, lo que indica una muy buena actividad bacteriostática de las AgNPs, especialmente frente a *E. coli.* Para las otras dos bacterias se presentaron CMI y CMB similares o inferiores a lo reportado por Méndez [20] , quienes reportaron 782.50 µg/m en *S. aureus*, 234.35 µg/ml en *P. aeruginosa, 3750 µg/m* en *S. aureus, y* 1875 µg/ml en *P. aeruginosa,* respectivamente.

El mecanismo de los efectos inhibitorios de los iones Ag+ en los microorganismos es solo parcialmente conocido, estudios han informado que la carga positiva en el ion Ag+ es crucial para su actividad antimicrobiana a través de las atracciones electrostáticas entre la membrana celular de microorganismos cargados negativamente y las nanopartículas cargadas positivamente. Méndez [20] realizó un estudio con dos tratamientos de nanopartículas calcinas a 500 ºC y secadas a 100 ºC, en donde determinó que el tratamiento a 500 ºC afecta las CMI y CMB de las AgNPs disminuyendo su actividad antimicrobiana, lo cual de acuerdo a lo reportado por De lamo [21] y en lo observado en este estudio, está relacionado con la alta relación superficie/volumen de las AgNPs ya que el número de átomos que contiene la nanopartícula sobre su superficie es mayor al localizado en el interior del núcleo. Esta propiedad hace que sean mucho más reactivas lo que hace que tiendan a agregarse unas con otras para disminuir su energía superficial, resultando en aglomerados de partículas que dificultan la interacción con la superficie celular de bacterias, y generando una diferencia en cuanto a las CMI y CMB presentadas.

Tabla 2. Concentraciones minimas inibitorias y bactericidas de tres cepas bacterianas.

Microorganismo	CMI	CMB
E. coli	78.1^{B} ±0	260.4^{B} ±90.2
P. aeruginosa	520.6^{AB} ±180.7	833.3^{AB} ±360.8
S. aureus	833.3^{A} ±360.8	1041.6^{A} ±360.8

Las medias no conectadas por la misma letra son significativamente diferentes (Tukey $p<0.05$). Resultados obtenidos de 3 repeticiones

Conclusiones

La biosíntesis de AgNPs utilizando el extracto acuoso de *P. ostreatus*, como agente reductor y estabilizador, mostró ser un sistema eficiente, ecológico y adecuado para desarrollar un proceso para la producción a gran escala. Las AgNPs mostraron actividad antibacteriana moderada en comparación con la eficacia de antibióticos como gentamicina y cloranfenicol. Por lo tanto, estas AgNPs pueden explorarse para tratar infecciones bacterianas y aplicaciones relacionadas en los sectores de la salud.

Referencias

[1] M. Guadalupe and J. L. Rodríguez-López, "La nanociencia y la nanotecnología: una revolución en curso," Perfiles Latinoamericanos, vol. 29, no. 1, pp. 161–186, 2007.
[2] F. Martinez, E. Zuñiga, and A.K. Sánchez, " Método de síntesis de nanopartículas de plata adaptable a laboratorios de docencia relacionado con la nanotecnolgía," Mundo Nano, vol. 6,

no. 10, pp. 101–108, 2013.
[3] N. N. Ayala, "Nanopartículas de Plata como microbicidas: Actividad mecanismos de acción contra la infección por el Virus de Inmunodeficiencia Humana (VIH) y diferentes bacterias resistentes a antibioticos. Universidad Autónoma de Nuevo León, Facultad de Ciencias Biológicas, 1–134, 2010.
[4] M. T. Varnero, M. S. Quiroz, and C. H. Álvarez, "Utilización de residuos forestales lignocelulósicos para producción del hongo ostra (*Pleurotus ostreatus*)," Inform. Tecnol., vol. 21, no. 2, pp. 13–20, 2010.
[5] R. Rodríguez-Macias, "Caracterización de cepas del hongo comestible *Pleurotus* spp. en medios de cultivo y su evaluación en substratos lignocelulósicos forrajeros para la producción de carpóforos," Universidad Autónoma de Nuevo León, 1996.
[6] M-Y. Kin, P. Seguin, J-K. Ahn, J.J. Kim, S-C. Chun, E-H. Kim, S-H. Seo, E-Y, Kang, S-L. Kim, Y-J. Park, H-M Ro, and I-M, Chung, "Phenolic Compound Concentration and Antioxidant Activities of Edible and Medicinal Mushrooms from Korea," J. Agric. Food Chem., vol. 56, no. 16, 7265–7270, 2008.
[7] G. Leyva, "Nanopartículas de Plata: tecnología para su obtención, caracterización y actividad biológica," Investigación En Discapacidad, Vol 2, no. 1, pp. 18–22, 2013.
[8] P. C. Cardoso, "Nanopartículas de plata: obtención, utilización como antimicrobiano e impacto en el área de la salud," Rev. Hosp. Niños, vol. 58, no. 260, pp. 19–28, 2016.
[9] K. P. Bankura, D. Maity, M. M. R. Mollick, D. Mondal, B. Bhowmick, M. K. Bain, and D. Chattopadhyay, "Synthesis, characterization and antimicrobial activity of dextran stabilized silver nanoparticles in aqueous medium," Carbohydrate Polymers, vol. 89, pp. 1159–1165, 2012.
[10] I. M. C. Brighente, M. Dias, L. G. Verdi, and M. G. Pizzolatti, "Antioxidant activity and total phenolic content of some Brazilian species. Pharmaceutical Biology, vol. 45. no. 2, pp. 156–161, 2007.
[11] G-C. Yen, and H-T. Lin, “Comparison of high-pressure treatment and thermal pasteurization effects on the quality and shelf life of guava puree,” Int. J. Food Sci. Technol., vol. 31, pp. 205–213, 1996.
[12] R. Al-Bahrani, J. Raman, H. Lakshmanan, A. A. Hassan, and V. Sabaratnam, "Green synthesis of silver nanoparticles using tree oyster mushroom *Pleurotus ostreatus* and its inhibitory activity against pathogenic bacteria," *Materials Letters*, vol. 186, pp. 21–25, 2017.
[13] R. Taroco, V. Seija, and R. Vignoli, "Métodos de estudio de la sensibilidad antibiótica," pp- 663-671, 2006. Disponible en: http://www.higiene.edu.uy/cefa/2008/BacteCEFA36.pdf
[14] K. Struthers and R. Westran, Bacteriologia clínica. Masson S.A., 2005.
[15] I. González-Palma, H. B. Escalona-Buendía, E. Ponce-Alquicira, M. Téllez-Téllez, V. K. Gupta, G. Díaz-Godínez, and J. Soriano-Santos, "Evaluation of the antioxidant activity of aqueous and methanol extracts of *Pleurotus ostreatus* in different growth stages," Frontiers in Microbiology, vol. 7, article 1099, 2016.
[16] A. Velásquez, "Cambios fisicoquímicos y de compuestos con actividad antioxidante en carpóforos de *Pleurotus* spp. durante su almacenamiento a 2 °C", Instituto de Ciencias Básicas, universidad Veracruzana, 2008.
[17] T. Jayakumar, P. A. Thomas, and P. Geraldine, "In-vitro antioxidant activities of an ethanolic extract of the oyster mushroom, *Pleurotus ostreatus*," Innov. Food Sci. Emerg. Technol., vol. 10, no. 2, pp. 228–234, 2009.
[18] R. Devika, S. Elumalai, E. Manikandan, and D. Eswaramoorthy, "Biosynthesis of Silver Nanoparticles Using the Fungus *Pleurotus ostreatus* and their Antibacterial Activity," Open Access Scientific Reports, vol. 1, no. 11, 1–5, 2012.
[19] A. E. Barnhill, M. T. Brewer, and S. A. Carlson, "Adverse effects of antimicrobials via predictable or idiosyncratic inhibition of host mitochondrial components," Antimicrobial Agents and Chemotherapy, vol. 56, no. 8, pp. 4046–4051, 2012.
[20] C. Méndez, "Biosíntesis de Nanopartículas de plata usando mucílago de nopal (*Opuntia ficus-indica*) y su actividad antimicrobiana. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, 2019.
[21] B. De lamo, "Obtención y caracterización de nanopartículas de oro a partir de mostos", Universidad de Valladolid, 2015.

Elaboración de bebida fermentada con actividad funcional de la baya de sauco (*Sambucus nigra L.*)

C. Chuzeville Munguía[1], J.C. Villalobos Espinosa[1]*, J.G. Cebada Reyes[2], A. Cabrera Ramirez[3], G.R. Moreno León[1].
[1]Departamento de Ingeniería en Industrias Alimentarias, Instituto Tecnológico Superior de Teziutlán, Fracción I y II S/N, Aire Libre, Teziutlán, Puebla. 73960.
[2]Departamento de Ingeniería Mecatrónica, Instituto Tecnológico Superior de Teziutlán, Fracción I y II S/N, Aire Libre, Teziutlán, Puebla. 73960.
[3]Departamento de Ingeniería en Gestión Empresarial, Instituto Tecnológico Superior de Teziutlán, Fracción I y II S/N, Aire Libre, Teziutlán, Puebla. 73960.
**carolee.cm@teziutlan.tecnm.mx*

***Área de participación**: Ingeniería Química*

Resumen

Se llevo a cabo el análisis de una bebida fermentada a partir de la baya del sauco (*Sambucus nigra. L*) con el objetivo de evaluar la actividad funcional. Se utilizó un cultivo de levadura de *Saccharomyces cerevisiae* para llevar a cabo el proceso de dos formulaciones de sustrato (8 y 10°Brix) durante un tiempo de 72 h a una temperatura de 29°C, así como la determinación de valores de pH, acidez, consumo °Brix, azúcares totales, contenido de alcohol, contenido de polifenoles y flavonoides totales y evaluación sensorial correspondiente. Los análisis demostraron que la bebida reduce el contenido de °Brix, lo cual está relacionado con la produccion de ácidos orgánicos libres, valores proporcionales a la reducción de pH por el consumo metabólico de azúcares libres. El contenido de polifenoles y flavonoides fue de 43 y 34 mg EAG/100 mL y 29 y 28 mg EC/100 mL para la formulación U10 y U20, respectivamente.

***Palabras clave**: Sauco, actividad funcional, fermentada, °Brix*

Abstract

The analysis of a fermented drink from the elderberry (Sambucus nigra. L) was carried out with the objective of evaluating the functional activity. A yeast culture of Saccharomyces cerevisiae was used to carry out the process of two substrate formulations (8 and 10 °Brix) for a time of 72 h at a temperature of 29 °C, as well as the determination of pH values, acidity , °Brix consumption, total sugars, alcohol content, total polyphenol and flavonoid content and corresponding sensory evaluation. The analyzes showed that the drink reduces the content of ° Brix, which is related to the production of free organic acids, values proportional to the reduction in pH due to the metabolic consumption of free sugars. The content of polyphenols and flavonoids was 43 and 34 mg EAG / 100 mL and 29 and 28 mg EC / 100 mL for the U10 and U20 formulation respectively.

***Key words**: Elderberry, functional activity, fermented, ° Brix*

Introducción

El árbol de sauco *(Sambucus nigra L*.) es un árbol caducifolio (arbusto) con grandes inflorescencias blancas caracterizadas por un aroma y color brillante que presenta bayas rojas a moradas en tonalidades oscuras [1]. Este árbol es capaz de crecer en una amplia variedad de sitios, incluyendo suelos fértiles tanto húmedos como secos, principalmente en lugares soleados y generalmente abiertos [2] [3]. En una revisión taxonómica del género sauco se reconocieron nueve especies y varios taxa infraespecíficos, de las cuales se registró una especie con dos subespecies en México,

el *Sambucus nigra L*., específicamente en la Ciudad de México y los estados de Chiapas, Chihuahua, Guanajuato, Veracruz, Puebla, entre otros [4]. El saúco es una especie de importancia medicinal autóctona reconocida, sus flores y bayas se usan para tratar varias enfermedades como diabetes, cólicos, diarrea, fiebre, tos, resfriados, congestión, bronquitis, gripe, alergias, reumatismo e inflamación, así como quemaduras y membranas inflamadas [1]. Las bayas maduras se pueden usar para hacer jugo, jaleas o vinos, además de ser una importante fuente de alimento para pájaros y otros animales. Actualmente esta fruta, está tomando importancia por las características químicas que presenta, ya que se le ha reportado un contenido de compuestos activos, haciéndolo un alimento *biológicamente activo*, esto por la presencia de compuestos fenólicos, así como vitaminas, minerales y ácidos orgánicos [5] que contribuyen significativamente a propiedades antioxidantes y posiblemente anticancerígenas, inmunoestimulantes, antibacterianas, antivirales y antialérgicas [6] por lo que se convierte en una oportunidad para la industria alimentaria. El procesamiento industrial de los cultivares de las bayas de saúco por el contenido de azúcares y compuestos fenólicos está dirigido a la producción de vinos de frutas, especialmente aquella derivada de la fruta silvestre. La fruta de la industria vitícola se puede dividir en fruta silvestre y cultivada, sin embargo, las frutas silvestres como el saúco, tienen mayor contenido de ácidos orgánicos, compuestos tánicos y aromas más pronunciados, por lo tanto, un material valioso para la industria del vino [7]. En la región de Teziutlán, Puebla, en los últimos años una serie de grupos comerciantes se centraron en utilizar arándano, zarzamora, entre otras para la comercialización de vinos de frutas, sin embargo, no hay investigaciones sobre la producción de vino de frutas de sauco. Por lo que el objetivo de este estudio fue elaborar y evaluar un vino de frutas de bayas de saúco e identificar la presencia de compuestos activos y actividad antioxidante.

Metodología

Materiales

Se utilizaron: bayas del fruto del saúco y arándano maduro (coloración morado-negro intenso) de zonas colindantes a la región de Teziutlán, Puebla durante los meses de mayo-agosto 2019. Metanol de J. T. Baker grado reactivo analítico; ácido clorhídrico (1N); fenol de J. T. Baker grado reactivo analítico, ácido sulfúrico de J. T. Baker grado reactivo analítico (99.99% de pureza); solución de hidróxido de sodio al 0.1N de J. T. Baker grado reactivo analítico; Reactivo Folin Ciocalteau; reactivo DPPH (2,2-difenil-1-picrilhidrazilo) de Sigma Aldrich; reactivo de tripiriditriazina de Sigma Aldrich; ácido acético, cloruro férrico hexahidratado; solución de nitrito de sodio 2%; Cloruro de aluminio al 10%; estándares de ácido gálico, catequina y Trolox.

Preparación del mosto

La extracción del zumo se realizó a los frutos de tamaño uniforme y libre de daños mecánicos y patológicos, en estado maduro; los frutos seleccionados se lavaron y se les retiro de sus ramas. Se obtuvo el zumo mediante una maceración homogénea y posteriormente se filtró mediante una bomba al vacío (Cole-Palmer Modelo No. P-79202-00) para eliminar semillas y residuos de hollejo (bagazo) para no tener un exceso de sólidos.

Preparación del inoculo e inicio de fermentación

La cepa de levadura *Saccharomyces cerevisiae* fue aislada comercialmente (Lasaffre), la cual se activó en caldo dextrosa Sabouraud a 29°C y resembrada cada 72 h en cajas de Petri con medio de agar papa dextrosa. Se reactivó para los procesos de fermentación en una solución de piloncillo al 20% esterilizada (121°C a 1 Atm y media durante 15 min) en la autoclave (Tuttnauer Modelo ML) para su acondicionamiento a las mismas condiciones de temperatura y tiempo, tomando en cuenta la metodología propuesta por Carrascosa [8].

Para el desarrollo de la bebida, el sustrato estuvo constituido por dos fuentes de zumo, bayas de sauco y arándano, dividiéndolo en una proporción 1:1, agregando piloncillo hasta llegar a una

concentración de solidos solubles deseados 8 y 16°Brix y un pH de 4.5±0.05; el zumo se vertió en frascos de vidrio de 250 mL y se esterilizaron bajo las mismas condiciones de preparación del inoculo.

Los zumos ya acondicionados y esterilizados fueron inoculados con la cepa de la levadura *Saccharomyces cerevisiae* en proporción al 1% v/v, obteniendo dos tratamientos, que fueron referidos como U10 y U20 para 8 y 10°Brix, respectivamente; cada recipiente fue llevado a una cinética de 72 h en una incubadora (Modelo 12E Incubator, Marca Quincy Lab, Inc) a 29°C. Durante las fermentaciones, se tomaron muestras en tiempos específicos para evaluar los parámetros cinéticos; al finalizar, el mosto se filtró y estabilizó en refrigeración, se procedió con la caracterización fisicoquímica y a la evaluación sensorial. Cada fermentación se realizó por cuadriplicado, tres se utilizaron para las mediciones durante el seguimiento de las cinéticas y la cuarta se mantuvo como control, para la evaluación sensorial.

Medición de parámetros

Recuento de viabilidad del inoculo

En las cinéticas de crecimiento de las levaduras, para estimar el incremento del número de células, se midió la densidad óptica de las fermentaciones en un espectrofotómetro UV/VIS (Modelo VE 5100UV) a una longitud de onda de 660 nm. El crecimiento de la población celular se vio reflejada mediante el aumento de la turbidez de las muestras con respecto al tiempo. Las muestras para medición fueron agitadas y homogenizadas suavemente para su lectura y leídas inmediatamente para evitar errores de lectura por causa se sedimentación o precipitado celular.

Determinación de parámetros fisicoquímicos

Todas las determinaciones en el producto inicial y final de la fermentación y filtración se efectuaron por triplicado; para la determinación de pH, acidez titulable en jugos, acidez titulable vinos y sólidos solubles totales (°Brix) se llevaron a cabo por los métodos 960.19 (1995), 942.15 (1995), 962.12 (1995), 932.12 (1995) de la AOAC respectivamente, expresando los resultados de acuerdo a la siguiente tabla.

Tabla 1. Unidades de la determinación de parámetros fisicoquímicos.

Determinación	Unidades
Determinación de pH	Adimensional (unidades de pH)
Acidez titulable en jugos	% ácido cítrico/100mL
Acidez titulable en vinos	g ácido málico-cítrico-láctico/100mL
Determinación de sólidos solubles totales	°Brix

Determinación de azúcares totales

La concentración de azúcares totales se determinó de una curva de calibración de la absorbancia en función de la concentración para la cual se prepararon soluciones conocidas de glucosa (10-70 mg/mL); como blanco para las lecturas se utilizó agua destilada aplicándole el mismo tratamiento. Para la aplicación del método Dubois (Método Fenol-Sulfúrico), se mezcló la muestra con fenol (5%) en tubos de ensaye y se colocaron en una gradilla sumergida en un baño de agua fría. A los tubos se les añadieron 5 mL de H_2SO_4, se dejaron reposar por 15 min y se analizaron en un espectrofotómetro a una longitud de onda de 490 nm; expresando los resultados en mg/L.

Determinación de contenido de proteico

La determinación de proteína se llevó a cabo por el método de Bradford; se realizó una curva de calibración de albumina (BSA); El método se basa en la unión específica del colorante azul de Coomassie brillante a los residuos de aminoacidos de las proteínas, leyendo a una absorbancia de 595 nm.

Determinación de porcentaje de alcohol

Se determinó el contenido de alcohol en base a la norma mexicana (NMX-V-013-S-1980) para bebidas alcohólicas; establece el porcentaje de alcohol en volumen en escala Gay-Lussac 288 K (15°) en bebidas alcohólicas.

Evaluación funcional de la bebida

Determinación de contenido de polifenoles totales

Para la determinación del contenido de polifenoles totales se empleó la metodología de [9] y [10]. Se tomo una muestra de la bebida y se equilibró con el reactivo de Folin-Ciocalteu (1N); se adicionó Na_2CO_3 (20%) y agua, se incubo por 30 min a temperatura ambiente y se procedió a leer en un espectrofotómetro UV/VIS (Modelo VE 5100UV) a 765 nm. Se preparó una curva de calibración de ácido gálico como estándar y los resultados fueron expresaos en mg de equivalentes de ácido gálico por mL de bebida fermentada.

Determinación de contenido de flavonoides totales

El contenido de flavonoides fue medido mediante dos etapas de incubación; en la primera se mezclaron 600µL de la bebida con una solución de $NaNO_2$ (5%) por 5 min protegidos de la luz y posteriormente se adicionó $AlCl_3$ (10%), se mezcló y se leyó inmediatamente en un espectrofotómetro UV/VIS (Modelo VE 5100UV) a 415 nm. Se construyó una curva de calibración de catequina como estándar y los resultados se expresaron en mg equivalentes de catequina por mL de bebida fermentada.

Evaluación sensorial

Después de desarrollar las diferentes bebidas, se realizó la respectiva evaluación sensorial con la que se determinó el grado de aceptación por los posibles consumidores potenciales. El procedimiento fue aplicado una evaluación sensorial orientada al consumidor [11], para medir el agrado a través de una escala hedónica de 9 puntos, donde se especificaron todos los niveles de agrados desde me gusta muchísimo hasta me disgusta muchísimo. A través de dicha escala se evaluaron los parámetros de sabor, color, aroma, apariencia y aceptación general. La evaluación sensorial se enfocó al público en general sin entrenamiento o capacitación previa, los cuales evaluaron las características organolépticas de las muestras en base a sus propios gustos, especificando su nivel de agrado general.

Resultados y discusión

Viabilidad celular

En las cinéticas de la Figura 1 de crecimiento de levaduras *Saccharomyces cerevisiae* en el medio de piloncillo al 20% se observa un incremento en la produccion de biomasa a través de la densidad óptica observando el incremento de la turbidez. Se observan las fases importantes de crecimiento microbiano después de la inoculación; las levaduras llevaron a cabo la etapa de latencia, que consistió en el periodo de adaptación al medio, en el cual no se observa crecimiento ni desarrollo de productos, sin embargo, posteriormente se identifican las dos etapas siguientes, experimental y estacionaria [8].

 ISSN 2007-8102

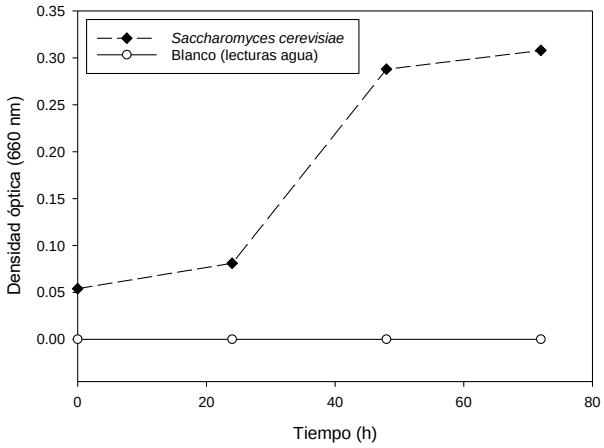


Figura 1. Cinética del incremento de la biomasa de levadura *Saccharomyces cerevisiae* en medio estandarizado con 20% de piloncillo con respecto a la densidad óptica con respecto al tiempo.

A través de la medición de la densidad óptica se identifica que las levaduras tuvieron crecimiento entre las 24 y 48 h, sin embargo, no se logra apreciar la fase de muerte por completo, aunque en esta fase la aumento celular y productos es indirectamente proporcional, por lo que no consistió una etapa esencial de análisis.

Parámetros fisicoquímicos

Tabla 2. Valores de los parámetros fisicoquímicos del producto inicial (no fermentado) y fermentado (bebida de sauco: arándano).

	U10			U20		
	Inicial (t0)	Final (72h)		Inicial (t0)	Final (72h)	
Solidos solubles (°Brix)	8.00	3.66±0.23		16.00	8.53±0.92	
Potencial de Hidrogeno (pH)	4.5	3.83±0.05		4.5	4.06±0.11	
Acidez titulable (mg ácido $_n$/100 mL)	Ácido málico	Ácido cítrico	Ácido láctico	Ácido málico	Ácido cítrico	Ácido láctico
	22.5±0.05	20.0±0.05	35.4±0.05	30.0±0.05	33.2±0.05	40.5±0.05

La disminución en el valor de los diferentes parámetros está relacionado con el aumento de la biomasa, ya que es un indicativo del crecimiento de las levaduras; el proceso fermentativo de las levaduras al igual que otros microorganismos llevan a cabo la glucolisis y el ciclo de Krebs, por lo que el resultado es el aumento de ácidos orgánicos como málico, cítrico y láctico, entre otros y la disminución del valor de pH [12]; estos cambios son en respuesta del consumo de fuentes de sustrato, como la glucosa, por lo que el valor de los °Brix se ve disminuido en el aumento de la densidad óptica con respecto al tiempo [13].

Azúcares totales

De acuerdo a la curva realizada de azúcares totales, utilizando glucosa como estándar se obtuvo un valor de 0.441 µg/100mL y 0.448 µg/100mL para la formulación de U10 y U20; estos resultados indican una menor concentración de azúcares menor que un estudio realizado en agave [14], sin embargo se debe realizar una determinación inicial del contenido de azúcares por este medio para tener un valor de referencia, aunque el contenido similar de azúcares puede estar relacionado con el contenido de pH, ya que este funciona como un estabilizador de la fermentación y por ende de la función metabólica de la levadura.

Proteína

El método usado para la determinación de proteína utilizado se usó con base en que el colorante logra una unión especifica con los residuos de los aminoacidos de arginina, triptófano, tirosina, histidina y fenilalanina; es un método sensible a la composición, por lo que los resultados de la bebida fermentada de sauco: arándano demostraron contener una concentración de 0.83 y 0.95 mg/100mL.

Alcohol

El valor del contenido de alcohol para las bebidas fue de 8.05%±0.05 y 7.5%±0.03 para U10 y U20 respectivamente, valores que son similares para ambas fermentaciones; de acuerdo a la NOM-142-SSA1-1995 el grado de alcohol permitido para bebidas tipo vino de frutas puede estar alrededor de 6 a 12% alc. vol. (6 a 12°GL). La tolerancia a diferentes niveles de alcohol que presenta cada tipo de levadura las hace producir más o menos alcohol; la fermentación alcohólica se detiene el momento que las levaduras dejan de convertir los azúcares en alcohol o por que las enzimas han sido inactivadas por la concentración de alcohol [15].

Contenido de polifenoles y flavonoides totales

Tabla 3. Contenido de polifenoles y flavonoides totales de las muestras de la bebida fermentada de arándano: sauco por espectrofotómetro.

Muestra	U10	U20
Polifenoles (mg EAG 100 mL)	43.826±0.1	34.120±0.3
Flavonoides (mg EC/100 ml)	29.920±0.2	28.941±0.1

El contenido de polifenoles y actividad antioxidante de los vinos de fruta varia de diversos factores, como la fruta, así como la variedad de estos, e incluso se ha reportado que a mayor presencia de polifenoles se favorece la capacidad antioxidante. Se ha reportado en vinos blancos alrededor de 26.5 mg EAG [16] y 160 mg EAG para vinos tintos [17], mientras que los valores obtenidos para flavonoides, están relacionados con el contenido de flavonoides de extracto de café (*Coffea arabica*), teniendo valores similares entre 22 y 38 mgEC/100 mL [18].

Evaluación funcional de la bebida

Al hacer una comparación entre las dos formulaciones, se observó una ligera preferencia por la bebida U20 a comparación de la U10 (aceptación general de 8 y 7.8 respectivamente); esto puede estar relacionado con el contenido de ácidos orgánicos, que le brinda un aroma más agradable al olfato y al paladar, así como el nivel de acidez.

Trabajo a futuro

Se recomienda realizar pruebas para evaluar la capacidad antioxidante, así como determinaciones completas al jugo y al fruto, para identificar los cambios que están sucediendo al procesar este fruto. Evaluar con otro tipo de cepa de levadura que pudiera incluso brindar características sensoriales al vino completamente distintas a las obtenidas y finalmente un análisis y estudio de estabilidad.

Conclusiones

Por los datos mostrados en este estudio, se concluye que el uso de la baya del sauco proporciona una bebida de un grado de aceptable por el público, esto debido al contenido de azúcares, ácidos orgánicos y alcohol que contiene, dándole así al sauco una oportunidad al igual que los vinos de frutas a destacarse por poseer contenido de polifenoles y flavonoides, que pueden estar relacionados con actividad antirradical, ya que se ha afirmado tener un efecto positivo con el consumo de una cantidad de 1 g al día de compuestos polifenólicos.

Agradecimientos

Al Instituto Tecnológico Superior de Teziutlán y al Cuerpo “Académico Biotecnología, Bioingeniería Alimentaria y Productos Funcionales” por el apoyo académico prestado.

Referencias

[1] C. M. Enescu, T. Houston Durrant y G. Caudullo, “Sambucus nigra in Europe: distribution, habitat, usage and threats,” *European Atlas of Forest Tree Species Publ. Off. EU,* p. 172, 2016.

[2] M. D. Atkinson y E. Atkinson, “Sambucus nigra L,” *Journal of Ecology,* vol. 90, nº 5, p. 895–923, 2002.

[3] T. K. Lim, “Passiflora ligularis,” *Edible Medicinal And Non-Medicinal Plants,* vol. 4, pp. 174-177, 2012.

[4] J. A. Villareal-Quintana , “SAMBUCACEAE Batsch ex Borckh,” de *Flora del Valle de Tehuacán-Cuicatlán*, vol. 61, Mexico, Coahuila, 2008, pp. 1-5.

[5] I. Elez Garofulić1, K. Kovačević Ganić, I. Galić, V. Dragović-Uzelac y Z. Savić, “The Infl uence of Processing on Physico-chemical Parameters, Phenolics, Antioxidant Activity and Sensory Attributes of Elderberry (Sambucus nigra L.) Fruit Wine,” *Croatian Journal of Food Technology, Biotechnology,* vol. 7, pp. 9-13, 2012.

[6] A. L. Dawidowicz, D. Wianowska y B. Baraniakb, “The antioxidant properties of alcoholic extracts from Sambucus nigra L. (antioxidant properties of extracts),” *LWT-Food Science and Technology,* vol. 39, nº 3, pp. 308-315, 2006.

[7] D. M. Chapman , G. Roby, S. E. Ebeler, J. X. Guinard y M. A. Matthews, “Sensory attributes of Cabernet Sauvignon wines made from vines with different water status.,” *Australian Journal of Grape and Wine Research,* vol. 11, nº 3, p. 339–347, 2005.

[8] A. Carrascosa, R. Muñoz y R. González, Microbiología del vino, Madrid: AMV Ediciones, 2005.

[9] J. F. Ayala-Zavala, B. A. Silva-Espinoza, M. R. Cruz-Valenzuela, M. A. Villegas-Ochoa, M. Esqueda, G. A. González-Aguilar y Y. Calderón-López, “Antioxidant and antifungal potential of methanol extracts of Phellinus spp. from Sonora, Mexico,” *Revista Iberoamericana de Micología,* vol. 29, nº 3, p. 132–138, 2012.

[10] K. Zapata, F. B. Cortes y B. A. Rojano, “Polifenoles y Actividad Antioxidante del Fruto de Guayaba Agria (Psidium araca),” *Información Tecnológica,* vol. 24, nº 5, pp. 103-112, 2013.

[11] D. L. Pedrero y R. M. Pangborn, Evaluacion sensorial de los alimentos. Metodos. AnalÌticos., D. F. MÈxico.: Editorial Alhambra Mexicana., 1997.

[12] C. Flanzy, Enología: Fundamentos científicos y tecnológicos., España: Mundi-Prensa, 2003, pp. 274-293.

[13] M. García Garibay, R. Quintero Ramírez y A. López-Munguía Canales, Biotecnología Alimentaria, Mexico: Limusa, 1993, pp. 289-300.

[14] R. Ávila Núñez, B. Rivas Pérez, R. Hernández Motzezak y M. Chirinos, "Contenido de azúcares totales, reductores y no reductores en Agave cocui Trelease.," *Multiciencias,* vol. 12, nº 2, pp. 129-135, 2012.

[15] P. D. Lucero Méndez, Efecto del uso de levaduras y concentración de °Brix en las características fisicoquímicas y sensoriales de vino de fresa con miel, Honduras: Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano , 2015.

[16] I. M. Heinonen, A. S. Meyer y E. N. Frankel, "Antioxidant Activity of Berry Phenolics on Human Low-Density Lipoprotein and Liposome Oxidation.," *Journal of Agricultural and Food Chemistry,* vol. 46, nº 10, p. 4107–4112, 1998.

[17] K. J. Mukamal, L. H. Kuller, A. L. Fitzpatrick, W. .. T. Longstreth Jr , M. A. Mittleman y D. S. Siscovick, "Prospective Study of Alcohol Consumption and Risk of Dementia in Older Adults.," *JAMA,* vol. 289, nº 11, pp. 1405-1413, 2003.

[18] A. Vega, J. A. De León y S. M. Reyes, "Determinación del Contenido de Polifenoles Totales, Flavonoides y Actividad Antioxidante de 34 Cafés Comerciales de Panamá," *Información tecnológica,* vol. 28, nº 4, pp. 29-38, 2017.

SISTEMAS COMPUTACIONALES

SC01 **Detección y ubicación de drones empleando SDR (Software Defined Radio)** **1875**
Rogelio Jaimes Rico y Saul Lazcano Salas.

SC02 **Reconociendo patrones de la deserción en el contexto educativo universitario aplicando visualización de datos** **1882**
Argelia B. Urbina Nájera, Acela Tejeda Gil, Leilani de la Cruz Toledo, Isabel Pimentel Hernández y Kevin Diaz Guarneros.

SC03 **NAVEGACIÓN EN UN ENTORNO VIRTUAL USANDO DEEP LEARNING** **1893**
Michael Reyes, Hernán de la Garza Gutiérrez, Rafael Sandoval Rodríguez, Arturo Legarda Sáenz y Marisela Ivette Caldera Franco.

SC04 **Análisis y diseño de una herramienta de software para la lectoescritura en niños con autismo** **1903**
Lizbeth Mercedes López Bautista, Mariela Lizeth Martínez Hernández y Braulio Bautista López.

SC05 **Abstracción y Evaluación de la Intención de los Individuos en las Organizaciones de Acuerdo a la Teoría de la Agencia** **1911**
Jorge Armando Alcántara Godínez y Leticia Dávila Nicanor.

SC06 **Comparación de los métodos PCA y LDA para selección de características** **1919**
J. E. Pat Cetina, L.J. Peniche Ruiz, M. I. Jiménez Ochoa, D. F. Villafaña Gamboa, K.A. López Puerto y G. Navarro Rodríguez.

SC07 **DESARROLLO DE UNA APLICACIÓN MÓVIL PARA LA OPERACIÓN Y MONITOREO DE UN PROTOTIPO DE CONTROL DE RIEGO** **1927**
Víctor César Olguín Zárate, Omar Gómez Carrasco, Edaly Castañeda Méndez, Cristian Alonso Palma Sifuentes y Edmundo Blanco Peña.

SC08 **Novel Contextual Computing Application for attendance control on University campus through Beacons** **1936**
Joaquín Guillén-Rodríguez, Jesús Felipe Pérez-Sandoval, Jaime Alfredo Mariano-Torres, Adriana Becerril-Rodríguez y Hernán Peraza-Vázquez.

SC09 **Sistema de Información Geográfica para la Detección de propagación de plagas en cultivos de aguacate** **1945**
Julieta Santander-Castillo, Mariela J. Alonso-Calpeño y Raúl Alanis-Teutle.

SC10 **El Algoritmo de Optimización del Dragón de Komodo (KDOA): Un algoritmo bio-inspirado novedoso** **1953**
Abigail María Díaz Guerrero, Ana Beatriz Morales Cepeda y Hernán Peraza Vázquez.

SC11 **Seguridad aplicada en las Redes Sociales mediante extracción de datos** **1962**
Eric Onofre Ruiz, Benny Yael Ramírez Herrerías, Jorge Martínez Santiago, Ricardo Castro Valdivia y Arturo Escobar García.

SC12 **Método Experimental para Capacitación Laboral mediante una Aplicación Multimedia** **1970**
Eduardo César Contreras Delgado, Rodolfo Morales García, Ivonne Damayanti Contreras González, Raquel Alejandra Vásquez Torres y Kouani Mildred López López.

SC13 **Conteo de modelos usando forma normal para lógica bivalente y trivalente** **1978**
Rafael Sánchez Maldonado, Pedro Bello López, Meliza Contreras González y Miguel Rodríguez Hernández.

SC14 **Reconstrucción de objetos 3d a partir de nubes de puntos rgbd** **1986**

Noé Vásquez Godínez, Heriberto Casarrubias Vargas y Carlos Omar González Morán.

SC15 **Revisión Sistemática de la Literatura sobre Concern-Oriented Software Engineering** **1993**
Aline Montserrat Hernández-Fajardo, Karen Cortes-Verdín y Ulises Juárez-Martínez.

SC16 **Algoritmo de predicción para radiación ultravioleta: caso Nogales, Sonora, México.** **2005**
Sigifredo García Alva, Julio Enrique Arreola Valle, Guillermina Muñoz Zamora, Jesús Raúl Cruz Rentería y Zindi Sánchez Hernández.

SC17 **Sitio web para red de EMA´s de IES en el Estado de Sonora, México** **2013**
Sigifredo García Alva, José Jesús Miranda Mirasol, Guillermina Muñoz Zamora, Jesús Raúl Cruz Rentería y Omar Velarde Anaya.

SC18 **Predicción de Robo con Redes Neuronales Recurrentes LSTM** **2021**
José Ulises Teyechea Peralta, C. E. Rose Gómez, M. T. Serna Encinas y R. A. Galaz Bustamante.

SC19 **Recuperación de indicadores altmétricos de publicaciones científicas utilizando minería de datos** **2029**
Mario Armando Martínez Barajas, José Román Herrera Morales, María Andrade Aréchiga, Jorge Rafael Gutiérrez Pulido y Sara Sandoval Carrillo.

SC20 **Estrategias de movilidad vehicular inteligente en la ZMVM con miras a una Ciudad Inteligente** **2037**
Erick Daniel Pérez Mata, Héctor Rafael Orozco Aguirre y Saul Lazcano Salas.

SC21 **PREDIAPP Plataforma tecnológica para la prevención y control de diabetes por medio de Inteligencia Artificial** **2045**
Eva María Landa Huerta, María Reina Zarate Nava, Aldair Ruíz Nepomuceno, Elimar Leza Caballero y Adrián de Jesús Montalvo Trejo.

SC22 **Simulación computacional de la corrosión de metales con autómatas celulares** **2053**
Heriberto Casarrubias-Vargas, Noé Vásquez Godínez, Héctor Herrera-Hernández, José Guadalupe Miranda-Hernández y Carlos Omar González-Morán.

SC23 **Sistema experto basado en reglas para la generación de horarios académicos del Tecnológico de Teziutlán** **2061**
Marco Antonio Aguilar Cortés, José Luis Gutiérrez García, Heriberto Hernández Rodríguez, Jacobo Robles Calderón y Miguel Aguilar Cortés.

SC24 **Detección automatizada de emociones a través del rostro, una revisión del estado del arte** **2069**
Quetzalli Abigail Pinzón Montes, Saul Lazcano Salas, Héctor Rafael Orozco Aguirre y Maricela Quintana López.

SC25 **PREDICCION DE OXIGENO DISUELTO EN CULTIVOS ACUICOLAS POR MEDIO DE REDES NEURONALES ARTIFICIALES** **2077**
J. R. Navarro Ruiz, N. García-Díaz, J. A. Verduzco, J. García Virgen, A. C. Ruiz Tadeo.

 ISSN 2007-8102

Detección y ubicación de drones empleando SDR (Software Defined Radio)

Rogelio Jaimes Rico[1], Saul Lazcano Salas[2].
[1,2]Centro universitario UAEM valle de México, Boulevard Universitario S/N Valle Escondido, Río San Javier, 54500 Cd López Mateos, México.
rjaimesr400@alumno.uaemex.mx[1], slazcanos@uaemex.mx[2].

***Área de participación**: Sistemas computacionales*

Resumen

Los drones o vehículos aéreos no tripulados son dispositivos de fácil manejo, con una amplia variedad de modelos y usos. Desde que esta tecnología fue liberada para el uso civil se han creado normas con la finalidad de inhibir el uso indebido de estos vehículos y con ello evitar algún posible accidente; a pesar de ello, muchos usuarios ignoran dichas normativas y los riesgos que los drones pueden representar. En el presente trabajo, se realiza la implementación de un radar para la detección del controlador de drones (en la banda de 2.4 GHz, la de mayor de uso comercial). Este radar puede usarse como una medida complementaria en zonas donde el vuelo de este tipo de dispositivos no sea permitido, tales como aeropuertos, aeródromos, helipuertos, zonas residenciales o de alta seguridad. La implementación se realiza bajo el entorno GNU Radio utilizando el radio HackRF One.

***Palabras clave**: Drones, SDR, Telecomunicaciones.*

Abstract

Drones or unmanned aerial vehicles are easy handling devices, with a wide variaty of models and uses. Since this technology it was liberated to civil use has been created rules with the goal to inhibit the use of this vehicles and with that avoid accidents; nonetheless, many users ignore those rules and the danger that drones can represent. In the current job, the implementation of a radar for the detection of the drone controller is carried out (in the 2.4 GHz band, of most commercial use) This radar can be use like a complementary measure in zones where the flight of this type of devices it's not allowed, such as airports, airfields, heliports, residential zones or high security. The implementation is done under the GNU Radio environment using the HackRF One radio.

***Key words**: Drones, SDR, Telecommunication.*

Introducción

El origen de los drones puede rastrearse a inicios del siglo XX; en 1907 los hermanos Bréguet en conjunto con Charles Richet, crean el primer dron; cabe destacar que se requerían 4 personas para estabilizar el dispositivo y su vuelo se limitó a poco más de medio metro sobre el suelo. Posteriormente, el estadounidense Charles Kettering en colaboración con Elmer Ambrose Sperry, Orville Wright y Robert Andrews Millikan, en el año 1915 crearon un avión automático que nombraron "*Ketteting Bug*", en este proyecto era posible medir la altitud haciendo uso de un barómetro, distancia recorrida en base al número giros que el motor era capaz de dar y la posición [1].

Para el año 2005, la idea de exclusividad de drones militares para volverse de uso civil parecía una realidad, con la presencia del huracán Katrina se dio la primera oportunidad de rescate empleando cámaras infrarrojas en un vehículo no tripulado, este suceso sirvió para demostrar el alcance que un drone podría tener fuera de los limites militares, en el año 2009, "3DRobotics" fue de los primeros fabricantes de drones utilizando ArduPilot (*Hardware* libre que funciona como piloto automático para vehículos no tripulados utilizado por industrias, organizaciones de investigación y aficionados) [2].

Actualmente, el uso de drones se encuentra muy difundido, con usos muy diversos que abarcan desde un juguete, tomas aéreas, apoyo policiaco, entregas, entre otros, por esta misma razón se han creado regulaciones en base a los nuevos usos, capacidades y tecnologías aplicadas, estas regulaciones tienen enfoques distintos alrededor del mundo, variando de país en país, pero existen cuatro elementos de regulación, que en su mayoría son igual o equivalentes de acuerdo al país, que son: Licencia de piloto, registro de aeronave, zonas restringidas y seguro de responsabilidad ante daños [3]. Estos cuatro elementos tienden a variar según la masa, altitud, uso y licencia de piloto del drone, en muchas ocasiones "la licencia, registro y seguro" no aplican para drones pequeños de uso recreativo o que se pueden considerar como simples juguetes, sin embargo, si se habla del uso comercial "la licencia de piloto deportiva" se ha convertido en estándar para muchos países que carecen de un procedimiento de licencia para drones específicos [3].

En el caso de México, se debe cumplir con la "Norma Oficial Mexicana NOM-107-SCT3-2019" que establece los requerimientos para operar un sistema de aeronave pilotada a distancia que también es conocido por sus siglas RPAS (*Remotely Piloted Aircraft System*), teniendo una clasificación acorde al peso, tipo, uso de drones y la norma en particular que debe seguir, como se muestra en la Tabla 1 [4].

Tabla 1. Requerimientos de peso, tipo, uso y normas para volar un drone en territorio mexicano [4].

Peso:	***Tipo:***	***Uso:***	***Normas:***
Igual o menor a 2 Kg	RPAS Micro	• Recreativo	4.10, 4.11 y 5.1.
		• Privado (no comercial)	4.10, 4.11, 5.1, 5.2 y 8*
		• Comercial	
Mayor a 2 Kg hasta 25 Kg	RPAS Pequeño	• Recreativo	4.10, 4.11 y 6.1.
		• Privado (no comercial)	4.10, 4.11, 6.2 y 8*
		• Comercial	
Mayor a 25 Kg	RPAS Grande	• Recreativo	4.10, 4.11 y 7.1.
		• Privado (no comercial)	4.10, 4.11, 7.2 y 8*
		• Comercial	

Los tipos: micro, pequeño y grande, obtienen esa clasificación de acuerdo a su peso de construcción, definido en la Norma Oficial Mexicana antes citada. Por otra parte, los incisos 4.10 y 8 definen características a cumplir en la operación del drone, tales como alturas de vuelo máximas, evitar obstáculos, evitar derribar objetos que pudiesen e, su caída, ocasionar algún daño a terceros, entre otros detalles. Para conocer a detalle estas normas punto por punto se recomienda leer el documento oficial de la secretaria de comunicaciones y transportes [4].

El funcionamiento elemental de un drone se da a partir de dos sistemas: movimiento y control. El sistema de movimiento está constituido por aquellos elementos físicos que componen el drone, es decir, el cuerpo del drone, motor, hélices, batería, entre otros, Por otro lado el sistema de control es responsable de las maniobras, tales como: elevarse, descender, dar vuelta, rotar, reacción a fuerzas emergentes y estabilidad, la Figura 1 ilustra a detalle los componentes de cada sistema mencionado.

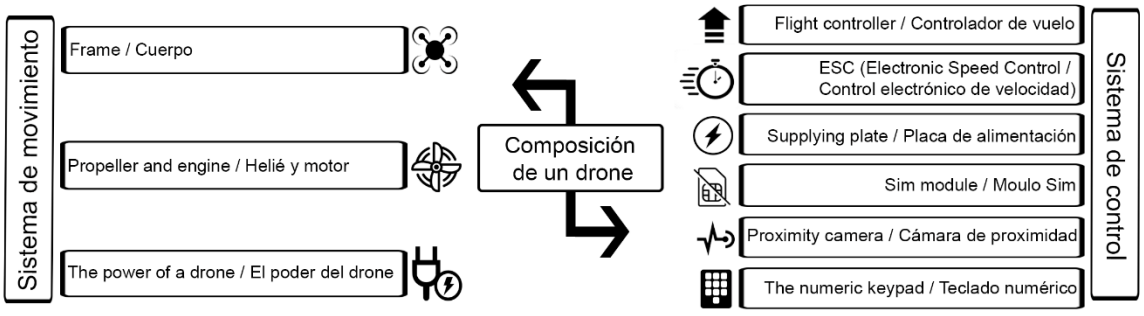


Figura 1. Diagrama funcional de un drone. Elaboración propia.

El siguiente elemento a definir para este trabajo lo constituye el radar basado en la tecnología SDR (Software Defined Radio). Radar también conocido por su nombre completo *Radio Detection And Ranging* es un sistemas electromagnético que permite la detección y localización de objetos a su alrededor, un sistema de este tipo puede ser compuesto por una antena que generara radiación electromagnética, una antena receptora y un dispositivo detector de energía, su funcionamiento consiste en que un fragmento de la energía generada es interceptada por un objeto y devuelta a la antena, toda esta información es analizada para determinar si hay presencia de un objeto en la zona [5].

Una gran característica del radar es su gran versatilidad, ya que sus aplicaciones van desde el control y monitoreo de tráfico aéreo, monitoreo climático, navegación marítima y aérea, estudio del espacio exterior, estudio de suelo en aplicaciones de agronomía, agricultura y ciencias forestales, entre otras [6].

SDR o *Software Defined Radio* (Radio Definido por Software) fue un término creado en la década de los 90 por Joseph Mitola refiriéndose a un tipo de radios con la capacidad de cambiar su funcionamiento, en otras palabras configurarse a conveniencia del usuario [7].

La tecnología SDR se caracteriza por ser flexible, al estar compuesta por *Hardware* y *Software* lo hace ideal para el desarrollo de proyectos, investigaciones o la enseñanza, en la parte *Hardware* nos encontramos con un dispositivo capaz de ser configurado de acuerdo a las necesidades del usuario este hecho es lo que lo hace diferente a un radio convencional, por otro lado el *Software* es el que se encarga de la programación del radio, en este se establece los funcionamientos, uno de los más usados por la comunidad es GNU Radio (Software de licencia libre) gracias a su manejo, compatibilidad con radios SDR e interfaz gráfica (sistema de bloques).

Metodología

Revisión del estado del arte

Trabajos en años recientes demuestran la posibilidad de detectar la presencia de drones sobrevolando un espacio aéreo con la utilización de radios SDR y conociendo la frecuencia que utilizan estos vehículos (2.4 GHz) es posible el monitoreo en tiempo real de diversas áreas en las que vuelo no autorizado representa un peligro [8].
Existen dos formas para la detección de un dron, pasiva y activa, la primera se limita a solo detectar un drone en el área haciendo uso de un radio SDR y una señal de drone, la segunda es más compleja se emplean dos radios SDR y un drone asemejándose a una triangulación, la ventaja que tiene el primer método sobre el segundo es la predicción de la ubicación del vehículo [8].

Simulación en GNU Radio:

Para este primer paso practico se busca replicar el funcionamiento de un radio SDR y una señal proveniente de un control de drone, ambos elementos representados dentro la simulación del esquema hecho en GNU Radio, el objetivo de este primer esquema es apreciar el comportamiento de una detección de drone ideal, corregir posibles errores que se puedan presentar en el sistema final y demostrar su factibilidad.

En el momento en que se planifico la estructuración de esta simulación se tomaron en cuenta factores reales (frecuencia comercial de drones y comportamiento de un radio SDR al estar activo) esto para que el resultado final se asemejara lo más posible a la realidad, se debe recalcar que GNU Radio cuenta con bloques precargados en su biblioteca que cubren estas necesidades.

 ISSN 2007-8102

Implementación en GNU Radio y SDR:

Una vez que la simulación demostró ser factible, el mismo esquema que se utilizó con anterioridad es replicado, pero esta vez implementando componentes reales, tales como un radio SDR (Modelo HackRF One) y una señal proveniente de un control de drone (Modelo TGY-i6).

Lo que se espera en este nuevo esquema es apreciar las señales emitidas por el control de drone en forma de pulsos en tiempo real siendo captadas a través del radio SDR y visualizadas en el sistema hecho en GNU Radio, en el momento en que el sistema es capaz de captar dichas señales significa que es funcional.

Esta metodología se resume en el esquema presentado en la Figura 2.

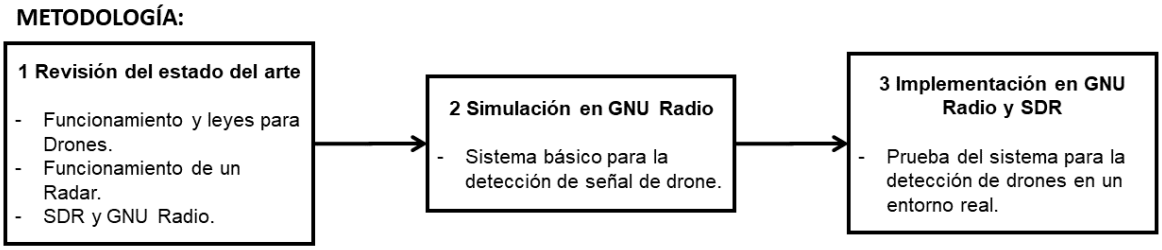


Figura 2. Diagrama de la metodología implementada en el desarrollo del proyecto. Elaboración propia.

Como prueba adicional, las señales emitidas por el control de drone se registrarán a diferentes distancias, con el propósito de hacer una relación entre la energía captada por el sistema y la distancia a la que se encuentra, esto para dar una posible respuesta a la ubicación del mismo.

Resultados y discusión

El primer paso para la elaboración del sistema consiste en el diseño de un esquema en donde la señal del controlador del drone sea simulada (bloque color rojo); esta señal se le añade ruido gaussiano para simular los efectos del canal de comunicación (bloque azul) y finalmente, se visualiza el espectro de frecuencia de la señal resultante (bloque verde), la Figura 3 muestra el sistema ya terminado. En dicha simulación se varía la potencia de la señal generada y se analiza su impacto en el espectro de frecuencia, lo anterior para verificar la factibilidad del funcionamiento del radar en GNU Radio.

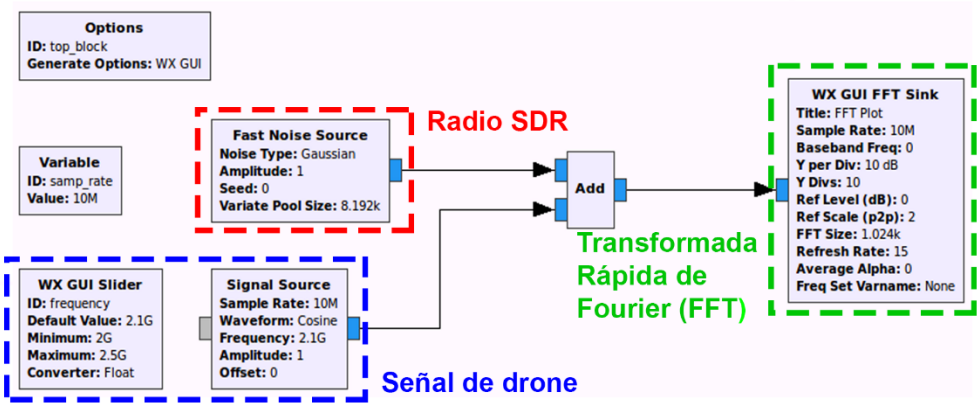


Figura 3. Simulación de un sistema de detección de señales de drone. Elaboración propia.

 ISSN 2007-8102

El siguiente paso es incorporar un radio SDR funcional al esquema, para este caso un HackRF one, conectado a un equipo de computo mediante un cable USB, como se muestra en la Figura 4. de esta forma se deja la simulacion a un lado para obtener resultados reales, esto se hace para que el dispositvo reciba la señal del controlador del drone en tiempo real, despues esta señal se procesa para analizar su espectro en frecuencia.

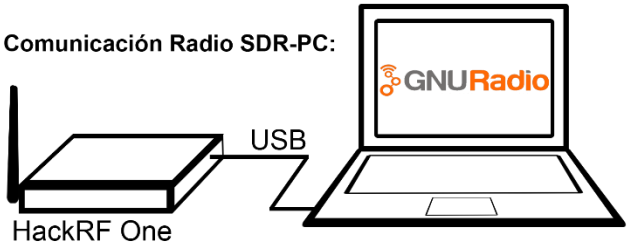


Figura 4. Comunicación entre un radio SDR y una PC. Elaboración propia.

Por otro lado, una vez que se agregó el radio SDR, el esquema utilizado en la simulacion es retomado, reemplazando los bloques marcados de rojo y azul respectivamente, para ser sustituidos por el bloque correspondiente al HackRF One, marcado nuevamente de rojo, conservando el bloque marcado de verde para visualizar la señal resultante, la Figura 5 corresponde a este nuevo esquema.

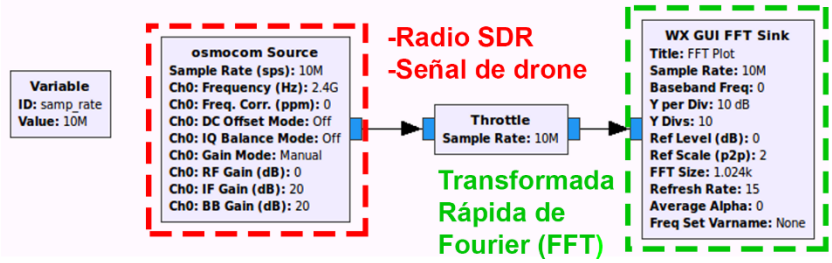


Figura 5. Sistema de detección de señales de drone funcional. Elaboración propia.

El siguiente paso, teniendo el nuevo modelo listo es posicionar el radio SDR junto a la PC en un punto concreto, a partir de ahí se tomara una distancia máxima (5 metros para esta prueba), se dividirá esa distancia en varios puntos (cada punto se hará a un metro de distancia uno de otro), la idea es asemejarse a como se representa un radar, como la Figura 6 lo muestra.

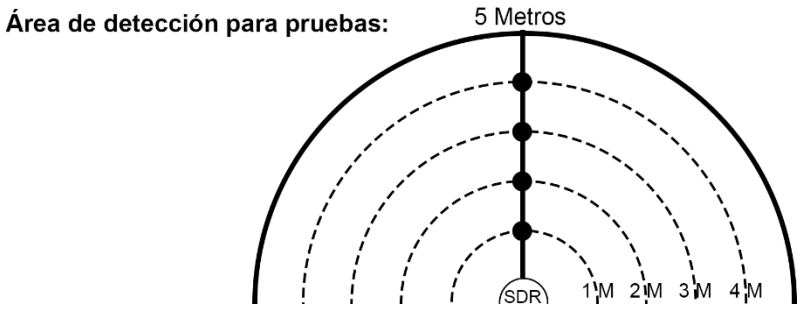


Figura 6. Visualización de las pruebas a modo de radar. Elaboración propia.

Ya preparado el área de pruebas, el sistema se ejecuta y lo que se debe hacer es colocarse a cada punto marcada y emitir una serie de señales desde un control de drone (TGY-i6), e ir al alternando en todas las posiciones y registrar las señales obtenidas de acuerdo a la distancia, se debe aclarar que las distancias son diferentes de acuerdo al alcance del radio SDR que se use. La Tabla 2 contiene los resultados obtenidos de estas pruebas.

 ISSN 2007-8102

Tabla 2. Captura del energía a diferentes distancias.

Distancia (m)	*Prueba #1 (dB)*	*Prueba #2 (dB)*	*Prueba #3 (dB)*	*Promedio (dB)*
1	45	43	40	42.66
2	50	52	50	50.66
3	53	55	53	53.66
4	58	60	59	59
5	63	65	64	64

Las lecturas de la tabla anterior son tomadas en diferentes instantes de tiempo y presentan una variación de hasta 5 dB debido principalmente al ruido. A pesar de lo anterior, dichas lecturas se comportan de manera coherente en función de la frecuencia de trabajo (2.4GHz) y la distancia, relacionadas por la ecuación 1 [9].

$$FSL_{dB} = 21.98 + 20\log({}^{d}/_{\lambda})$$

Ecuación 1. Pérdida en Espacio Libre (Free Space Loss)

Donde:
FSL_{dB} = pérdidas en el espacio libre, medida en decibeles
d = distancia entre emisor y receptor, medida en metros
λ = longitud de onda de la señal medida

En esta etapa de avance del modelo, es posible estimar la distancia a la que se encuentra el transmisor, a partir de conocer la potencia de dicho transmisor, que puede tomarse como referencia la cantidad de potencia máxima permitida, de acuerdo con la reglamentación para drones existente.

Trabajo a futuro

Se busca que este trabajo evolucione al añadirle un algoritmo para la triangulación de la señal así como referencias de potencias de transmisión de modo que sea capaz de ubicar la posición del transmisor del drone de una manera más precisa. De igual modo, el añadir etapas de filtrado permitirá una mejor detección de la señal del controlador.

Otra alternativa que se pretende explorar es poder procesar y decodificar la señal recibida de modo de poder obtener información adicional que el controlador transmite dentro de la señal de control que envía al drone, tales como fabricante, modelo y potencia de transmisión para de este modo, enriquecer el sistema proporcionando esta información al usuario del mismo.

De manera paralela, se pretende trabajar con plataformas de hardware embebido que soporten implementaciones en GNU Radio para de este modo, en conjunto con un radio SDR, poder contar con un prototipo funcional con mejores funcionallidades y que permita pruebas en ambientes no controlados.

Conclusiones

La construcción de sistemas basados en SDR como la presente propuesta, representa una gran oportunidad para la generación de herramientas de bajo costo y tiempos de desarrollo menores, que además tienen la ventaja de ser reprogramables, facilitando la generación de herramientas “a la medida” en tiempos de desarrollo menores, comparadas con soluciones puramente hardware.

Al mismo tiempo, el trabajo con esquemas basados en SDR y combinado con GNU Radio en ambientes académicos, permite la generación de perfiles especializados en sistemas de comunicaciones que faciliten la generación de soluciones novedosas y eficientes a los diversos problemas vinculados al área de telecomunicaciones.

Referencias

[1] P. Kardasz, J. Doskocz, M. Hejduk, P. Wiejkut y H. Zarzycki, «Drones and Possibilities of Their Using,» *Journal of Civil & Environmental Engineering,* pp. 2-8, 2016.

[2] B. Rao, A. Gopi y R. Maione, «The societal impact of commercial drones,» *Technology in society,* vol. 45, pp. 83-90, 2016.

[3] T. Jones, International commercial drone regulation and drone delivery services, Santa Monica, California: RAND, 2017.

[4] Secretaria de Comunicaciones y Transportes, «Norma Oficial Mexicana NOM-107-SCT3-2019,» México, 2019.

[5] I. López, «Universidad de Granada,» Abril 2011. [En línea]. Available: http://www.ugr.es/~iloes/proyectos/telematica/RADAR.pdf. [Último acceso: 25 Julio 2020].

[6] N. Prasad y M. GeethaPriya, «RADAR and its Applications,» *JICTA,* vol. 9, nº 28, pp. 1-9, 2016.

[7] J. Machado, «Software Defined Radio: Principios y aplicaciones básicas,» *Revista Facultad de Ingeniería,* vol. 24, nº 38, pp. 79-96, Enero 2015.

[8] B. Abdulkabir, «Radio Frequency Toolbox for Drone Detection and Classification (Tesis de grado),» Norfolk, Virginia, 2019.

[9] R. L. Freeman, Radio System Design for Telecommunications, New York: Wiley-Interscience & IEEE, 2007.

Reconociendo patrones de la deserción en el contexto educativo universitario aplicando visualización de datos

A. B. Urbina-Nájera[*], *A. Tejeda-Gil*[1], *L. de la Cruz-Toledo*[1], *I. Pimentel-Hernández*[1], K*. Díaz-Guarneros*[1]
[1]*UPAEP-Universidad. Facultad de Tecnologías de Información. Puebla, México*

**abunajera@gmail.com, argeliaberenice.urbina@upaep.mx*

***Área de participación**: Computación educativa*

Resumen

La visualización de datos y minería de datos son áreas de la computación emergentes que ayudan, por un lado, a preparar grandes volúmenes de datos para un análisis detallado y por el otro, a encontrar patrones ocultos en los datos. En este trabajo se presenta la aplicación de estas áreas con el fin de identificar patrones de la deserción escolar universitaria usando un conjunto de datos de 11,211 registros con 12 atributos y una clase. Se aplicó la metodología de visualización de datos propuesta por Soukup y Davidson y el algoritmo árboles de decisión. Se encontró que el patrón de deserción está fundamentado en los atributos relacionados al semestre cursado, edad, género y promedio, determinado por los factores académicos, personales y económicos. Se identificó que estas áreas del conocimiento son herramientas útiles para la toma de decisiones gracias a que por medio de visualizaciones e interactividad favorecen un análisis de patrones ocultos en los datos.

***Palabras clave**: Deserción universitaria, patrón de deserción, minería de datos, árboles de decisión*

Abstract

Data visualization and data mining are emerging areas of computing that help prepare large volumes of data for detailed analysis on the one hand, and find hidden patterns in the data on the other. This paper presents the application of these areas in order to identify patterns in college dropouts using a data set of 11,211 records with 12 attributes and one class. The data visualization methodology proposed by Soukup and Davidson and the decision tree algorithm were applied. It was found that the dropout pattern is based on the attributes related to the semester studied, age, gender and average, determined by academic, personal and economic factors. It was identified that these areas of knowledge are useful tools for decision making because through visualizations and interactivity they favor an analysis of hidden patterns in the data.

***Key words**: University dropout, dropout pattern, data mining, decision trees.*

Introducción

En México, como en otros países desarrollados o en vías de desarrollo, la deserción escolar es un problema que enfrentan todas las universidades. De acuerdo con la Secretaría de Educación Pública (2015), 3 de cada 10 jóvenes entre 18 y 24 años de edad tendrían espacio en el nivel de la Educación Superior. En el ciclo 2015-2016 sólo había 5 mil 343 escuelas de Educación Superior en un país de 120 millones de habitantes [1]. En dicho periodo, había matriculados 3 millones 648 mil 945 alumnos en las diferentes modalidades de educación superior; de los cuales 2.57 millones acuden a universidades e instituciones de educación superior públicas, mientras que 1.069 millones lo hacen en instituciones o universidades privadas [2].

La Secretaría de Educación Pública (SEP) reportó que en el ciclo escolar 2017-2018 se registró un 8.4% de deserción escolar que aumentó considerablemente respecto al ciclo escolar 2016-2017 en donde se obtuvo un 7.2% de deserción [3]. Por otro lado, en [4] se menciona que, particularmente en Puebla-México la tasa de deserción es del 20%; es decir de cada 10 alumnos inscritos en nivel superior 2 abandonan sus estudios. De acuerdo con el análisis de los avances educativos en el Informe Social de la Comisión Económica para América Latina y el Caribe [4], el porcentaje de deserción varía según el estrato de ingresos.

En este sentido, tanto el gobierno federal como estatales en la República Mexicana, han impulsado acciones para reducir estos índices como diversos programas de becas, capacitación para maestros, programas de tutorías, Projuventud, entre otros; estos programas no han favorecido la disminución de los índices de deserción debido a que quizá no se conocen con certeza las causas que la originan. Se sabe que estos factores pueden ser intrínsecos (personales) o extrínsecos (sociales, escolares, económicos, laborales, etc.) [5]. Actualmente, una de las formas para identificar patrones de comportamiento en estudiantes como las causas que originan la decisión de desertar, es mediante el uso de técnicas como visualización de datos y minería de datos educativa. Por ejemplo, en [6] se analizan las causas y factores que incidieron para que 5,202 estudiantes no egresaran de sus programas de pregrado; aplicando árboles de decisión encontraron que la variable más importante, en el caso de los varones, fue “materias reprobadas en la primera oportunidad”, mientras que en el caso de las mujeres, la variable más importante fue “vive con su padre”, en caso que alguna de estas variables sea afirmativa, los estudiantes tienen una probabilidad de éxito académico del 90.1% y 65% respectivamente; el estudio no indica el número de atributos analizados.

De igual modo, en [7] mediante el uso de tableros con datos estudiantes de las carreras del área de informática recolectados entre 2010-2015, estudiaron la variable académica que incluye: resultados de materias cursadas, exámenes finales, lugar de procedencia, edad, reprobación, ausentismo, situación laboral y género. Modelaron un tablero para predecir: próximos a egresar, rezago académico, deserción relativa y deserción absoluta que por medio del envío de alertas tempranas (semáforo rojo, amarillo o verde) se puede prevenir una deserción, así como atender aquellos casos críticos para aumentar el índice de retención. Por otro lado, en [8] se presenta un análisis comparativo sobre algoritmos de minería de datos para predecir la deserción escolar. Los algoritmos comparados fueron árboles de decisión y bayesianos (ID3, C4.5 o J48, Naive Bayes Tree, Naive Bayes y Redes Bayesianas), utilizando las calificaciones obtenidas por los estudiantes en el primer años de estudios encontraron que es posible obtener un modelo de predicción fiable, de este modo, los mejores algoritmos para esta tarea son Naive Bayes Tree y J48 (árboles de decisión), el primero tiene menor error cuantitativo al momento de clasificar, mientras que árboles de decisión proporciona excelente información y de mayor beneficio al precisar las asignaturas que favorecen en gran medida en el abandono de estudios.

De este modo, en este trabajo, se presenta la aplicación de estas dos áreas de conocimiento con el fin de reconocer las características y patrones de la deserción escolar universitaria en el Estado de Puebla-México, particularmente en la zona metropolitana, usando un conjunto de datos proporcionado por tres instituciones de educación superior (2 privadas y 1 pública) durante 2019 para poder dar respuesta a las preguntas de negocio: 1) ¿Cuál es el patrón que genera la deserción escolar Universitaria en Instituciones de Educación Superior (IES)? y 2) ¿Cuáles son las principales diferencias entre las causas que generan la deserción universitaria entre IES públicas y privadas?

Metodología de visualización de datos

Para poder dar respuesta a las preguntas de negocio, se ha implementado la metodología de visualización de datos propuesta por Soukup y Davidson en 2012 [9], puesto que ayuda a mantener la estructura general de la justificación y el plan del proyecto de manera consistente; se compone de ocho tareas divididas en tres fases, a saber, planeación del proyecto, preparación de los datos y análisis de datos, mismos que se describen en la Figura 1.

 ISSN 2007-8102

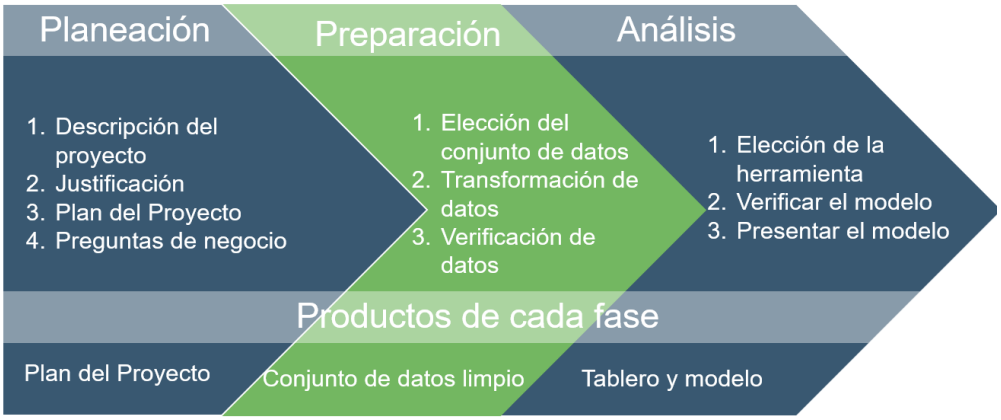


Figura 1. Metodología Soukup and Davidson. Fuente [9]

Planeación del proyecto

Esta primera fase incluye la descripción del proyecto, justificación, plan de proyecto e identificación de las preguntas de negocio. En cuanto al plan de proyecto, debido a que es un proyecto de tipo concepto, puesto que se busca dar respuesta a solamente dos preguntas de negocio, el conjunto de datos se limita a una muestra de datos existentes y la duración es de 4 meses, cuyo fin principal es determinar si la visualización de datos y minería de datos son de beneficio para la organización o solución de la problemática planteada y en general para obtener la experiencia requerida para la implementación posterior en un proyecto grande en cuanto a objetivos y duración.

Preparación de los datos

La segunda fase engloba la elección del conjunto de datos, transformarlo y verificarlo. El conjunto de datos fue solicitado vía correo electrónico a 10 IES, de las cuales solamente 3 de ellas aportaban el mayor número de registros, por lo que basado en ello se agruparon en 1 sola base de datos con 12 atributos coincidentes (Tabla I) y 11,216 registros con 1 clase “estatus” con dos atributos (activo, desertor).

Enseguida, se aplicó la transformación de los datos que consistió en verificar la consistencia de los datos (tipo, longitud, ortografía, etc.) y proceder con la transformación de los mismos, logrando con ello un conjunto de datos de 11,211 debido a que los datos duplicados fueron eliminados. Es posible que la existencia de datos duplicados se haya debido a una inconsistencia en atributo nombre que no fue considerado para el estudio pero sí para limpiar la base de datos (por ejemplo: María Guadalupe López Pérez podría ser capturado como Ma. Guadalupe López Pérez), en este sentido, el resto de datos coinciden entre ambos registros excepto por el nombre como el ejemplo mencionado, de allí que se determinara la duplicidad de datos.

También, los registros incompletos en más de 4 campos fueron eliminados dado que no aportaban información para el análisis dado que solamente se estudian 12 atributos. De igual modo, los datos nulos (vacíos) fueron llenados con cero particularmente en el atributo promedio actual en 2018 puesto que la base de datos fue proporcionada a mitad del periodo. Asimismo, se escribió no aplica en el atributo causa de baja en el caso que el estatus fuera activo. En la Tabla 1 se muestra el conjunto de datos transformado y verificado.

TABLA I. CONJUNTO DE DATOS TRANSFORMADO

No.	Atributo	Descripción/valores
1	Tipo	Pública o privada
2	Año	entre 2014 y 2018 (años que comprende el análisis)

3	Periodo	Comprende tres cuatrimestres por año analizados (otoño, verano, primavera)
4	Área	distinguidos en siete áreas del conocimiento, AH= Artes y Humanidades, BIO=Ciencias Biológicas, CEA=Ciencias Económico Administrativas, CS= Ciencias Sociales, ELC=Estudios de Lengua y Cultura, ING=Ingeniería y SAL= Ciencias de la Salud
5	Programa	Incluye 58 carreras agrupadas en cada una de las siete áreas.
6	Género	Masculino o femenino.
7	Edad	Un rango de [17, 63] años.
8	Estado de procedencia	Todos los de la República Mexicana y extranjeros
9	Promedio actual	Considerados en el intervalo [0, 10].
10	Último semestre cursado	Ubicados en el intervalo [0,11].
11	Beca	Atributo dicotómico [sí, no].
12	Causa de baja	Diversos
Clase	Estatus	Activo o baja, donde el atributo activo considera: inscritos, pasante o titulados

Es preciso mencionar que en el atributo CAUSA_BAJA se han agrupado en nueve motivos: académicos, personales, institucionales, no terminó período, sociales, económicos, de salud, de gestión y NA (no aplica, que considera a los titulados, pasantes o inscritos, es decir, a los activos).

Por otro lado, la transformación de los datos se realizó en los atributos PROGRAMA y ESTADO DE PROCEDENCIA, en el primero se reemplazó el nombre de cada programa de manera que tuviese una longitud entre 13 y 20 caracteres; para el segundo se corrigió la ortografía y ubicación geográfica exacta, dejando el nombre del país en caso de ser de procedencia extranjera.

De esta forma, se obtuvieron 10,632 datos (equivalente al 94.8%) de IES privadas y 579 datos (equivalente al 5.2%) de IES públicas. Es importante mencionar que el análisis se realizó de forma general considerando al total de datos sin distinción del tipo de IES, excepto en algunos casos particulares que se detallan en la sección -Resultados-.

Análisis de los datos

La tercera fase abarca la elección de la herramienta de visualización de datos o minería de datos, análisis del modelo de visualización o minería, verificar y presentar el modelo. Es preciso comentar que la herramienta seleccionada como visualización de datos es *Power BI* puesto que es un software de análisis e inteligencia de negocios que permite elaborar y compartir con cualquier persona, tableros o visualizaciones para presentar información comprensible con bases de datos y hojas de cálculo [10]. Mientras que para realizar minería de datos se utilizó *Orange Data Mining* dado que ayuda a realizar clasificaciones, validaciones cruzadas, características de *rankeo*, inspección de clústeres, jerarquía de clústeres, análisis de componentes principales y árbol de clasificación [11]. Ambas herramientas fueron seleccionadas por su facilidad de uso, acceso en la web e interfaz gráfica de usuario visual que logra un análisis del tablero y patrón obtenido respectivamente, de forma sencilla, atractiva e interactiva.

Finalmente, para la verificación y presentación del modelo se desarrollan las características propuestas en [12], aplicadas al tablero modelado en Power BI, a saber: 1) Visibilidad del estado del tablero, 2) Familiaridad con actividades cotidianas, 3) Control y libertad al usuario, 4) Reconocer en lugar de recordar, 5) Estética y diseño minimalista, 6) Organización espacial, 7) Codificación de la información, 8) Orientación y ayuda, 9) Reducción de datos, 10) Flexibilidad y eficiencia de uso, 11) Consistencia y estándares, 12) Flexibilidad y 13) Eliminar lo extraño. Una vez que el tablero se ha modelado con estas características, se aplica una evaluación a 5 personas sugerido en [12,13,14]

 ISSN 2007-8102

para validar y presentar el tablero. Dicha evaluación se administra de forma digital usando *Google Forms.*

Mientras que, para identificar al patrón de comportamiento en la deserción escolar universitaria se aplica el algoritmo árboles de decisión debido a su facilidad de uso e interpretación [15] y que, dadas las características del estudio, permite identificar los factores más importantes que contribuyen a la identificación de un patrón de deserción universitaria.

Resultados

En este apartado se describe cómo se logró dar respuesta a las preguntas de negocio iniciales a partir de la aplicación de la metodología de visualización de datos y el algoritmo árboles de decisión C4.5.

Visualización de datos

Con la ayuda de Power Bi, se ha desarrollado un tablero con las características descritas en la fase de análisis (Verificación y presentación del modelo). Es preciso comentar que, los tableros son una herramienta visual que ayuda a extraer información relevante en un gran conjunto de datos, favoreciendo la toma de decisiones al permitir la interacción entre los datos y sus diversas visualizaciones que logran un análisis profundo de ellos. La Figura 2 muestra el diseño de la primera parte del tablero en donde se presentan los atributos relevantes, identificando que la deserción predomina en el género masculino, pues el 52.31% de ellos deserta en mayor proporción que las mujeres. También, el área de la salud tiene un 37.87% de la población que deserta, y de la población total, el 79.21% de los estudiantes que se dieron de baja no contaban con beca. El motivo principal por el cual se presenta la baja es el académico en mayor proporción en instituciones privadas. El promedio general de las bajas es de 7.09 con una edad media de 21 años. De igual manera, en el lado superior derecho, la herramienta permite realizar una pregunta de manera que el tablero pueda ayudar a responderla mediante las visualizaciones utilizadas. Se ha integrado un menú lateral para facilitar la navegación entre cada una de las pantallas del tablero y proporcionar orientación y ayuda al usuario.

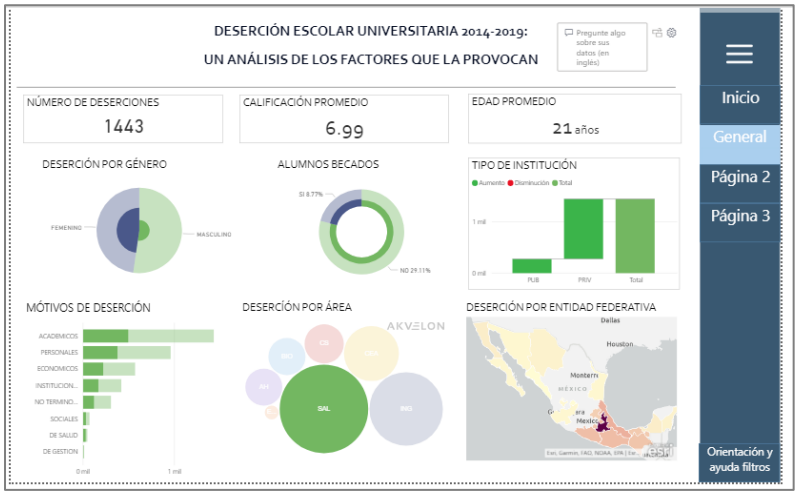


Figura 2. Análisis de los factores que inciden en la deserción escolar universitaria.

En la Figura 3, se visualiza la causa de deserción por género, por año, por semestre, por área, lo que permite conocer que la principal causa de deserción en ambos géneros es el académico, siendo los varones quienes desertan en mayor proporción que las mujeres. Respecto a la deserción por año todavía hasta el 2017 la mayor cantidad eran hombres, sin embargo, en 2018 la situación dio un giro y hubo una mayor deserción de mujeres. Se observó que el mayor número de deserciones se da

 ISSN 2007-8102

entre los alumnos con promedios más bajos, siendo el género masculino el que presenta estos promedios al momento de desertar.

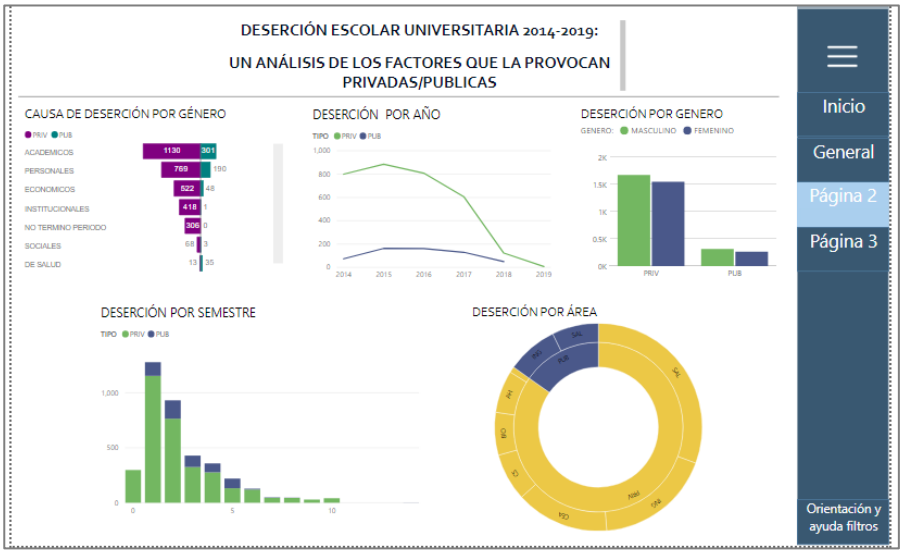


Figura 3. Análisis entre IES públicas y privadas.

Por otro lado, en la Figura 4, se presenta el módulo de orientación y ayuda que, mediante su lectura, logra que el usuario interactúe en el tablero de manera sencilla, pudiendo obtener más información relacionada a la deserción escolar universitaria usando los filtros. También, proporciona información acerca de cómo tener mayor información acerca del tema o de cómo deshacer alguna acción que considere errónea.

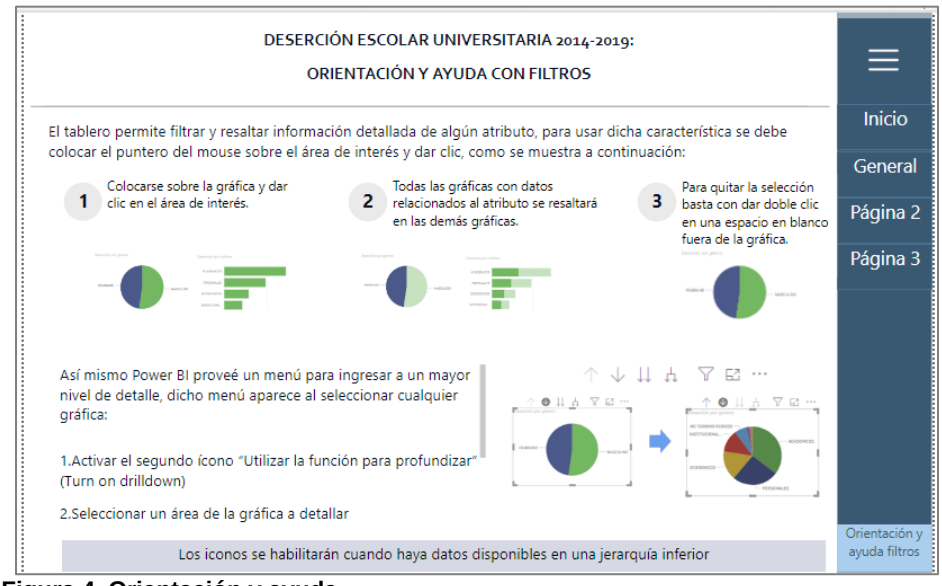


Figura 4. Orientación y ayuda.

En la Tabla II se presentan los hallazgos encontrados con la ayuda del tablero, datos que se validan con la aplicación de la minería de datos educativa descrita en el siguiente subtema.

 ISSN 2007-8102

TABLA II. DIFERENCIAS ENTRE IES PÚBLICAS Y PRIVADAS

Motivo de deserción	Mayor incidencia	
	Públicas	Privadas
Académico	✓	✓
Personal	✓	✓
Económico	✓	✓
Institucional	--	✓
No terminó el periodo	--	✓
Primer periodo[1]	✓	--
Sociales	--	✓
De salud	✓	--
De gestión	✓	✓

Finalmente, para validar y presentar el modelo, se diseñó un cuestionario de usabilidad basado en [14] en donde se menciona que los mejores resultados provienen de probar no más de 5 usuarios, por tanto, el cuestionario fue administrado en línea a 5 personas entre 26-50 años, 3 hombres y 2 mujeres. Se consideró una escala de 5: Totalmente de acuerdo, 4: De acuerdo, 3: Neutral, 2: En desacuerdo y 1: Totalmente en desacuerdo, cuyos resultados fueron los siguientes:

- La visibilidad del estado del tablero tiene por objetivo mantener siempre al usuario informado sobre lo que sucede en el tablero mediante una retroalimentación adecuada dentro de un plazo razonable y por tanto, en esta característica se obtuvo una puntuación de 3.
- Familiaridad con actividades cotidianas, considera que en el tablero se debe hablar el idioma del usuario, con palabras, frases y conceptos familiares para el usuario, en lugar de términos orientados al tablero. Sigue las convenciones del mundo real, haciendo que la información aparezca en un orden natural y lógico. La puntuación de este criterio es de 3.
- Control al usuario y libertad. Los usuarios deben tener la libertad de seleccionar y secuenciar las tareas (cuando corresponda), en lugar de que el sistema lo haga por ellos. Los usuarios necesitarán una "salida de emergencia" claramente marcada para salir del estado indeseado sin tener que pasar por un diálogo prolongado. Los usuarios deben tomar sus propias decisiones con respecto a los costos de la salida del trabajo actual. En este criterio se obtuvo una puntuación de 3.
- Reconocer en lugar de recordar Hacer visibles los objetos, acciones y opciones. El usuario no debe tener que recordar información de una parte del diálogo a otra. Las instrucciones para el uso del sistema deben ser visibles o fácilmente recuperables cuando sea apropiado. Se tuvo una puntuación de 3.
- Estética y diseño minimalista Los diálogos no deben contener información que sea irrelevante o que rara vez se necesite. Cada unidad de información adicional en un diálogo compite con las unidades de información pertinentes y disminuye su visibilidad relativa. En este principio se tuvo una puntuación de 3.
- Organización espacial Este principio se relaciona con la disposición general de una representación visual y se refiere a lo fácil que es localizar un elemento de información en la pantalla y la distribución de los elementos en las representaciones. Se tuvo una puntuación de 4.
- Codificación de la información Se refiere al uso de símbolos o representaciones para ayudar a la percepción. En este principio se tuvo una puntuación de 4.
- Orientación y ayuda Este principio considera tener una prestación de apoyo al usuario y ayuda para orientarlo en la visualización. En este criterio se obtuvo una puntuación de 2

[1] Se reporta como motivo de deserción debido a los hallazgos encontrados en el tablero y se agrega para diferenciarlo del atributo -No terminó periodo-.

- Reducción de datos La capacidad de la visualización de manipular los datos para reducir la cantidad vista en cualquier momento. En este principio se obtuvo una evaluación de 4.
- Flexibilidad y eficiencia de uso En este principio el tablero debería ofrecer a los usuarios varias opciones a la hora de buscar contenidos. Los usuarios deben poder alcanzar sus objetivos de manera eficiente. Se obtuvo un puntaje de 2.
- Consistencia y estándares En este principio los usuarios no deberían tener que preguntarse si diferentes palabras, situaciones o acciones significan lo mismo. El puntaje obtenido de este principio fue de 4.
- Eliminar lo extraño Presentar la mayor cantidad de datos con la menor cantidad de colores e información que pudiera saturar al usuario. El puntaje de este principio fue de 5.
- Prevención de errores y ayuda y documentación Estos dos criterios son considerados esenciales para sistemas de software o aplicaciones. Por lo que para un tablero debe analizarse la importancia de agregarlos. De allí, que se hayan obtenido puntajes de 2 y 1 respectivamente, en la evaluación del tablero.

Para realizar las mejoras se consideraron aquellas características de usabilidad cuyo puntaje fuese igual o menor a 3. Entonces, se realizaron ajustes como: Mejorar la secuencia lógica de las gráficas, homogenizar el diseño, modificar los filtros de manera que sean legibles y comprensibles para el usuario (Figura 2 y Figura 3), se agregaron indicaciones de cómo usar el tablero y cómo deshacer aquellas acciones que se consideren erróneas (Figura 4).

Minería de datos

Mediante la aplicación del algoritmo árboles de decisión C4.5 se profundiza en el análisis de los patrones que inciden en la deserción escolar universitaria a partir del conjunto de datos dado. La Figura 5 muestra el árbol de decisión obtenido en el cual se observa que el factor más importante que incide en la deserción escolar es el último semestre, que para el caso del conjunto de datos analizado se manifiesta en el tercer semestre.

Entonces, un patrón de deserción está determinado por el último semestre cursado, edad y género. Una regla para interpretar este patrón es: *Si el último semestre es tercero, es mayor a 20 años, es hombre, entonces es un posible desertor.* Otra regla es: *Si el último semestre es tercero, es mayor a 20 años, es hombre y tiene un promedio entre 7.0 y 7.5 entonces es un posible desertor.* Este modelo debe ser probado con un conjunto de datos más amplio y balanceado con el fin de garantizar la consistencia y generalización del modelo en diversas IES públicas y privadas no solamente de la zona Metropolitana de Puebla.

Por otro lado, *si ocurren deserciones escolares después del primer semestre*, es más frecuente que ocurra en instituciones públicas que privadas; de estas últimas, la deserción es menor cuando el estudiante ha superado el quinto semestre.

 ISSN 2007-8102

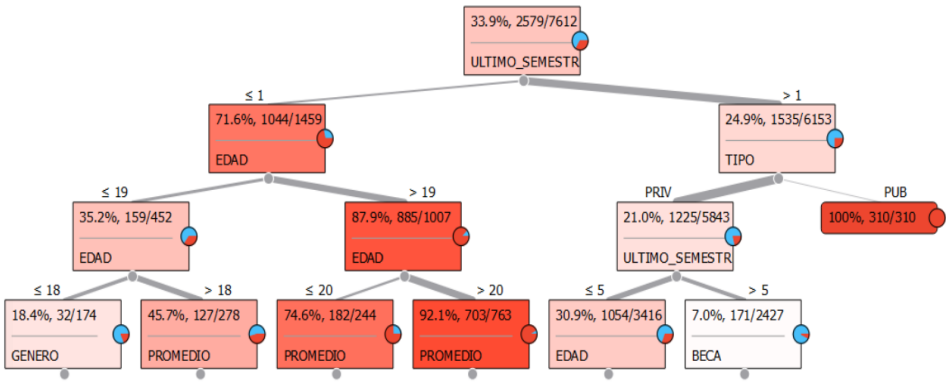


Figura 5. Patrones de la deserción escolar universitaria

Al inicio del análisis no se consideraron todos los atributos de la base de datos original (11,211 registros), como AÑO puesto que es un referente y no una variable determinante para indicar deserción escolar. El atributo CAUSA_BAJA es un indicador y no es una variable predictiva dado que se origina al momento de la baja. Mientras que el atributo ESTADO_PROC es un atributo con más del 50% de registros en Puebla, por la naturaleza misma del conjunto de datos; esto con el fin de minimizar el sesgo en el análisis.

Los atributos periodo y programa se ingresaron como “meta” en el software para indicar influencia en la base de datos, dado que la primera es solamente informativa y la segunda proporciona un nivel de granularidad demasiado específico con una distribución baja por rama del árbol de decisión. Después de categorizar las variables por tipo y nivel de impacto en el árbol de decisión, se procedió a quitar datos con valores atípicos (*outliers*) para evitar sesgar el análisis. Es posible apreciar la diferencia en el comportamiento y uniformidad de la base de datos original y después de la eliminación de valores atípicos, como se muestra en la Figura 6.

Enseguida, se dividió la base de datos original en dos conjuntos de datos (prueba y entrenamiento). El conjunto de entrenamiento contiene el 70% de los registros y el conjunto de pruebas el 30% restante. La funcionalidad de *Data Sampler,* propia de Orange, permite realizar esta partición de los datos de forma aleatoria. Los parámetros con los cuales se realizó el árbol de decisión fueron garantizar que en cada bifurcación y hoja del mismo tuviera al menos 80 registros, lo cual representa el 1% del conjunto de entrenamiento. En caso contrario, a pesar de contar con un conjunto de valores que concluyan en hojas con una certeza muy cercana al 100% de probabilidad de deserción, el volumen casi insignificante de registros (menor a 1%) en las bifurcaciones haría imposible llegar a conclusiones que apliquen a la base de datos en general, y no solo a un bajo porcentaje de la misma.

Finalmente, con la ayuda del tablero y del árbol de decisión mediante el análisis de cada atributo, se logró identificar que hay una mayor deserción en las universidades privadas por *motivos institucionales*, que en este tipo de universidades existe mayor incidencia de deserción por no terminar el periodo mientras que en las públicas los estudiantes terminan el periodo. Uno de los hallazgos más importantes que se confirma con los datos proporcionados por el tablero, son que en ambos tipos de instituciones los tres principales motivos de deserción son los mismos: *causas académicas, personales, y económicas* (en orden de mayor a menor incidencia) y que el cuarto motivo de deserción con mayor volumen de bajas difiere en IES públicas y privadas, siendo para las primeras, motivos de salud, pero para las segundas es causado por motivos institucionales. Mientras que un motivo menos importante es por gestión en ambos tipos de universidades.

 ISSN 2007-8102

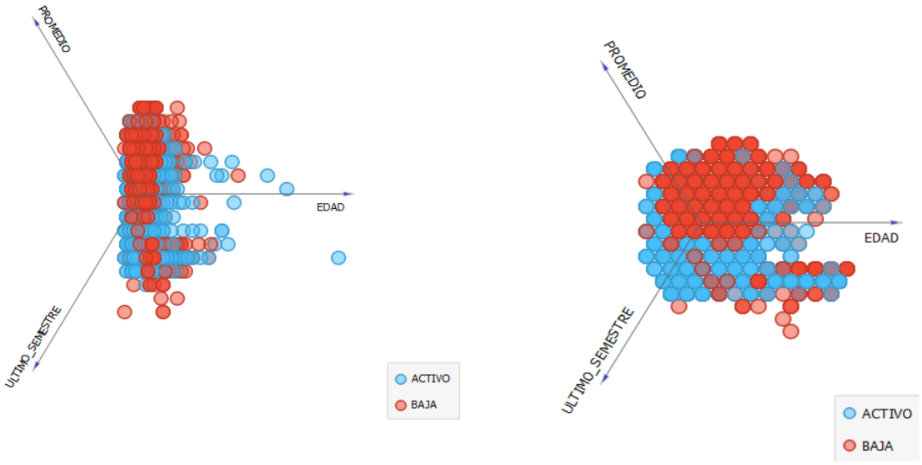


Figura 6. Proyección lineal (PRE) de los datos originales (imagen de la izquierda) y proyección lineal (POST) de los datos posterior a la limpieza de los datos (imagen de la derecha)

Trabajo a futuro

Para fortalecer los resultados presentados, se pretende ampliar la muestra, es decir, obtener más datos con más atributos, así como lograr balancear la base de datos (obtener similar número de muestras entre IES públicas y privadas) con el fin de generalizar el modelo a cualquier tipo de IES no solamente de la zona Metropolitana de Puebla. También, aplicar otros métodos de visualización de datos y algoritmos de aprendizaje computacional que favorezcan la identificación de patrones de la deserción para proponer mecanismos que la prevengan mucho antes de que ocurran.

Conclusiones

A partir del uso de herramientas de minería y visualización de datos como Orange y Power BI fue posible encontrar patrones de deserción universitaria en IES, así como responder a las preguntas del negocio planteadas, del mismo modo que este tipo de herramientas ayudan a realizar un análisis profundo de los datos que consideran varias generaciones y con ello, identificar cómo esos patrones cambian de periodo a periodo de manera que se puedan establecer acciones futuras para prevenirla. Con el árbol de decisión realizado fue posible determinar que existe una mayor incidencia en deserción escolar en primer semestre y estudiantes mayores de 20 años de edad. También, se encontró que la deserción tiene diferentes motivos en función del tipo de universidad en la que se realice el análisis; sin embargo, este estudio permitió identificar que los tres motivos principales de la deserción (académicas, personales y económicas) son iguales para IES públicas y privadas.

Por otro lado, el tablero desarrollado en Power BI faculta a los usuarios responder por si mismos a las preguntas del negocio a través de la exploración de las gráficas y aplicación de filtros. Las visualizaciones contenidas en las tres páginas del tablero permiten analizar distintas variables que influyen o son de importancia en la deserción escolar para el descubrimiento de patrones de acuerdo a las necesidades del usuario. Con el desarrollo del tablero y árbol de decisión en Orange fue posible cumplir el objetivo del proyecto. La investigación, modelado y análisis de información en las tres fases del mismo respondieron las preguntas guía satisfactoriamente y lograron la generación de una herramienta útil para la visualización de datos actualizados sobre el tema. Por lo que es evidente que el uso de herramientas de visualización de datos y minería de datos educativa proporcionan oportunidades para realizar análisis de grandes volúmenes de datos que favorezcan la toma de decisiones de forma rápida, sencilla y con la certeza que la información proporcionada es fiable.

Agradecimientos

Agradecemos la colaboración de cada uno de los integrantes del grupo de visualización de datos del periodo primavera 2020 de la Maestría en Ciencia de Datos e Inteligencia de Negocios de UPAEP.

Referencias

[1] M. Ulloa-Arellano. (2017). Análisis sobre la deserción de alumnos abocado a su retención, en una universidad privada. Editorial Digital UNID.
[2] L. Hernández (2017). Abandonan estudios 2 de cada 10 jóvenes. Excelsior. https://bit.ly/37QbX2o
[3] Secretaría de Educación Pública. (2019). Glosario Educación superior. https://bit.ly/31PLNLu
[4] Comisión Económica para América Latina y el Caribe [CEPAL]. (2019). Panorama Social de América Latina 2019. https://www.cepal.org/es/publicaciones/ps
[5] Secretaría de Educación Pública. (2017). Principales cifras del sistema educativo nacional 2016-2017. Dirección General de Planeación, Programación y Estadística Educativa, Secretaría de Educación Pública. https://bit.ly/3bWW650.
[6] A. Amaya-Amaya, F. Huerta-Castro y C.O. Flores-Rodríguez. (2020). Big data, una estrategia para evitar la deserción escolar en IES. Universia, 31(XI). https://bit.ly/2FisyDe
[7] C. Russo, N. Alonso, M. Zapata y A. De Giusti. (2019). XIV Congreso Nacional de Tecnología en Educación y Educación en Tecnología (TE&ET 2019). Pp 56-65. https://bit.ly/2ZnpPj5
[8] F. J. López-Pedraza, M. C. Macías-González y E. R. Sandoval-García. (2019). Revista de Tecnología e Innovación en Educación Superior (TiES), 1(2). Pp. 1-12. https://bit.ly/3bFYtcS
[9] T. Soukup and I. Davidson. (2002). Visual Data Mining: Techniques and Tools for Data Visualization and Mining. John Wiley & Sons. USA.
[10] M. Blythe and M. Sparkman. (2019). What is Power BI? Microsoft. https://bit.ly/3kaC5MI
[11] Orange Biolab. (2020). Data Mining Fruitful and Fun. University of Ljubljana. https://bit.ly/3fq7iru
[12] D. Dowding and J. A. Merrill. (2018). The development of heuristics for evaluation of dashboard visualizations. Applied Clinical Informatics. 9(3) p.p 511-518. doi: 10.1055/s-0038-1666842.
[13] J. Nielsen. (2012). How many test users in a usability study?. Nielsen Norman Group. Disponible en: https://bit.ly/3cZsNOA
[14] J. Nielsen. (2000). Why You Only Need to Test with 5 Users. Nielsen Norman Group. https://bit.ly/3bFbH9V
[15] I. H. Witten, E. Frank, M. A. Hall and C. J. Pal. (2016). Data Mining: Practical Machine Learning Tools and Techniques. Morgan Kaufmann Publishers; 4th ed.

Navegación en un entorno virtual usando Deep Learning

Michael Reyes[1], Hernán de La Garza Gutiérrez[2], Rafael Sandoval Rodríguez[3], Arturo Legarda Saenz[4] y Marisela Ivette Caldera Franco[5]
[1,2,4,5] Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Chihuahua II
[3]Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Chihuahua
[1]michaelreyesfernandez@hotmail.com
[2]hernan.gg@chihuahua2.tecnm.mx
[3]rsandoval@itchihuahua.edu.mx
[4]arturo.legarda@itchihuahuaii.edu.mx
[5]marisela.cf @chihuahua2.tecnm.mx

Resumen:
Se realizó la simulación de la navegación de un vehículo virtual en un circuito desarrollado en Unity apoyándose en una Red Neuronal de Convolución (CNN) tipo AlexNet. Se logró que el vehículo virtual aprendiera a recorrer el circuito sin errores.
Para este proyecto se creó un circuito virtual en Unity y usando un script en Python, se obtuvieron las imágenes de lo que el vehículo ve con su cámara. El único pretratamiento realizado a cada imagen fue el redimensionamiento de la misma, para ser dada como entrada a la CNN, la cual entrega la acción que el agente virtual debe realizar. Se construyó una colección de imágenes de aprendizaje (Dataset) de la CNN, haciendo recorridos del circuito en modo manual para ir guardando tanto la imagen como la acción.
Se entrenó la CNN usando el Dataset y se demostró que el vehículo virtual pudo realizar el recorrido sin errores.

Palabras clave: *Simulador, Alexnet, dataset, dron*

Abstract
The simulation of the navigation of a virtual vehicle in a circuit developed in Unity, relying on a Neural Convolution Network (CNN) specifically an AlexNet. It was achieved that the virtual vehicle learned to navigate and managed to make the circuit tour without errors.
For the development of the current project, a virtual circuit was created and using a Python script, images were taken of what the vehicle sees with its camera. Only resizing of each image was applied before to give it as input to the CNN, which delivers the action to be done by the virtual agent. A collection of images was built to form the CNN Learning Dataset, making tours of the circuit in manual mode to save both the image and the action.
CNN was trained using the Dataset and it was shown that the virtual vehicle was able to make the journey without errors.

Key Words: *Simulator, Alexnet, dataset, dron*

Introducción
El uso de videojuegos para probar algoritmos de inteligencia artificial (IA) es una práctica que tiene poco de ser implementada en el desarrollo de esta área. Los algoritmos de IA controlan la figura principal (ya sea una persona, un vehículo), la cual es denominada el “agente” y toma las acciones conforme el algoritmo le indica.
El entrenamiento de dicho agente por medio de una Red Neuronal de Convolución (CNN), es una tarea ardua y difícil, ya que se necesita una gran cantidad de imágenes de entrenamiento etiquetadas que se deben generar para ello. Lo anterior es debido a que la toma de decisiones se realiza a partir de la imagen, sin extracción de características o valores de referencia y a la gran cantidad de pesos de la red neuronal que deben ser entrenadas.
El empleo de ambientes simulados en computadora ha probado ser altamente efectivo para dicho entrenamiento con inteligencia artificial. El ejemplo más apropiado que expone estos usos, es el popular videojuego de *Grand Theft Auto V* [1], donde se presenta una amplia gama de configuraciones que permiten a un algoritmo inteligente beneficiarse enormemente de ellas en esos ambientes simulados. El videojuego hace posible controlar los efectos climáticos, el flujo de tráfico, así como otros factores, que auxilian con éxito el entrenamiento de algoritmos de aprendizaje reforzado (Reinforcement Learning) o de aprendizaje profundo (Deep Machine Learning).
En muchos de los algoritmos que involucran Aprendizaje de Máquina, se requiere el uso de visión computacional y del procesamiento de las imágenes obtenidas para la extracción de características que sirvan de base para el entrenamiento y posteriormente para la toma de decisiones del agente. En este proyecto al implementar una Red

Neuronal de Convolución, se toma la imagen del escenario en el circuito a recorrer por el agente, a partir del video que genera la cámara (visión) del agente y los pixeles de dicha imagen son la entrada a la red neuronal para que ésta entregue como resultado, la acción que el agente debe tomar.
Este proyecto tiene como objetivo entrenar a un agente virtual a realizar un recorrido en un circuito diseñado en Unity, sin colisiones con las paredes de dicho circuito. Esta primera etapa se desarrolló utilizando una CNN, específicamente una AlexNet, la cual fue entrenada a partir de imágenes etiquetadas con la acción correspondiente, se entrenó al agente y éste realizó el recorrido del circuito sin colisiones. En la simulación se considera que el agente es un dron virtual (vehículo aéreo no tripulado), el cual es controlado por computadora y en la que se simula una perspectiva en primera persona. Para la segunda parte del proyecto, se contemplará el aprendizaje del agente bajo el esquema de Aprendizaje Reforzado y llevarlo a la navegación en un dron real.

Fundamentos

Para la primera parte de este proyecto fue necesario apoyarse en diferentes herramientas y plataformas buscando su integración y participación conjunta. Enseguida se mencionan brevemente dichas aplicaciones.

Unity [7]

Creado por Unity Technologies® es un motor de videojuegos multiplataforma. Esta herramienta nos permite desarrollar videojuegos para diferentes plataformas mediante un editor y el uso de scripting para la creación de videojuegos con alta calidad.
Se utilizó para la creación de un escenario 3D personalizado de una habitación infinita (circuito), el cual permitió el entrenamiento y manejo del agente.

OpenCV [8]

Desarrollada por Intel, OpenCV es una biblioteca libre de visión artificial que desde 1999 se viene empleando en todo tipo de aplicaciones que requieren incorporar el reconocimiento de objetos. Es así como sus más de 7 millones de descargas, revelan la trascendencia de sus más de 2.500 algoritmos, ya que son éstos los encargados de hacer posible encontrar imágenes similares, identificar rostros, redes neuronales artificiales, soporte de máquinas vectoriales, calibrar cámaras, clasificar acciones humanas en vídeo y extraer modelos 3D entre muchas otras cosas más.
OpenCV sirvió para el proceso necesario de las imágenes obtenidas de la cámara del dron virtual. Específicamente se utilizó para obtener capturas de la pantalla cada cierto tiempo cada cierto tiempo, cambio a escala de grises y ajuste de tamaño.

TFlearn [9]

TFlearn es una biblioteca modular y transparente de aprendizaje profundo construida sobre Tensorflow. Fue diseñado para proporcionar una API de nivel superior a TensorFlow para facilitar y acelerar los experimentos, sin dejar de ser totalmente transparente y compatible con él.
La librería contiene las funciones necesarias para la implementación de redes neuronales y que en este caso permitió la implementación del esquema de la AlexNet. Esta librería proveyó las funciones necesarias para guardar la red entrenada y a partir de una nueva imagen de entrada, obtener la acción que el agente debe realizar.

Antecedentes

Las Redes Neuronales Convolucionales tienen un largo impacto en el campo del aprendizaje de máquina, específicamente en la aplicación de aprendizaje profundo para visión computacional. En el presente proyecto se utilizó la red neuronal “AlexNet”[4], una red convolucional muy conocida por haber ganado la competencia de reconocimiento de imágenes “ImageNet LSVRC-2012”, en la diferencia de desempeño entre el primer y segundo lugar fue del 10.9%.
Hoy los MAV (vehículos aéreos móviles) comerciales son en su mayoría tele operados, usan GPS para navegación y tienen habilidad limitada para automáticamente evitar obstáculos. Sin embargo, la comunidad investigadora ha hecho pasos significativos hacia la introducción de más procesamiento basado en visión para facilitar el sorteo de obstáculos y estimación del entorno y de las variables del vehículo. [1]
El uso de Inteligencia Artificial e imágenes para manejar vehículos en el mundo real continúa creciendo. Por ejemplo, Monfort y un grupo de investigadores de NVIDIA ha usado una CNN para mapear pixeles de un video capturado por una sola cámara frontal. Con un mínimo uso de información de entrenamiento de los humanos, la red neuronal aprendió a conducir en el tráfico sobre los caminos locales y las carreteras con o sin marcas de carril o barandillas usando las matemáticas de los ángulos de dirección como señales de entrenamiento. [3]
El aprendizaje reforzado proporciona una estructura prometedora y escalable para el desarrollo de soluciones con base en el aprendizaje adaptativo. Con esto en mente, Praveen Palanisamy [5], presenta la plataforma

MACAD-Gym que es un simulador del manejo autónomo configurable para múltiples escenarios y con entrenamiento multi-agente.
B Ravin Kiran and etal [6], presentan el desarrollo del aprendizaje reforzado en relación al manejo autónomo por medio de agentes en el mundo real, el papel que juegan los simuladores en el entrenamiento de los agentes tal como se aplica en este proyecto, y además presentan métodos para evaluar, probar y robustecer las soluciones alcanzadas.

Desarrollo

El desarrollo en general del proyecto fue realizado en una plataforma de videojuegos llamada Unity, esto permitió crear un escenario personalizado que facilita diseñar pruebas para probar la eficacia del esquema de la AlexNet. Para esto se usaron distintas librerías para la captura de imágenes en tiempo real de la pantalla de la computadora a partir del video generado por la cámara del vehículo, las imágenes pasaron por un proceso de pre procesamiento que fue válido como entrada de la AlexNet y así mismo ésta nos pudo regresar una salida. Esta salida fue la predicción del tipo de dirección que debería ejecutar el dron o vehículo virtual. Una buena parte del reto del proyecto fue la interconexión entre las diferentes librerías usadas para así lograr el recorrido del circuito sin errores.

OpenCV para captura de video y pre procesamiento

La imagen que el agente ve dentro del circuito se tiene en el ambiente de Unity, que es donde se está corriendo el programa, como video a partir de la cámara del agente. Debido a que hay que entrenar la CNN, con el script desarrollado en OpenCV, se realiza la captura de la pantalla cada cierto tiempo, para así extraer y luego procesar frames del video que serán la entrada a la Alexnet.
Se habilitaron dos tipos de recorridos, modo usuario y modo automático. El recorrido en modo usuario es cuando el usuario va indicando por medio del teclado qué acción realizar cada instante hasta efectuar el recorrido completo del circuito y en modo automático, que es cuando el agente virtual es quien va decidiendo qué hacer según la imagen del circuito que tenga enfrente. El primero es necesario para construir el dataset y entrenar la CNN y el segundo para ver si el entrenamiento de la red fue adecuado para poder efectuar un recorrido completo. Usando el esquema de usuario, se puede ir haciendo capturas de pantallas (posición del agente) y asociarlas con la acción que el usuario realizó. Al guardar este par de datos en cada acción tomada, permite crear el dataset de entrenamiento de la CNN.

```
while True:
    screen =  grab_screen(region=(0,40,800,640))
    cv2.imshow('window2',cv2.cvtColor(screen, cv2.COLOR_BGR2RGB))
    screen = cv2.cvtColor(screen, cv2.COLOR_BGR2GRAY)
    screen = cv2.resize(screen,(80,60))
    keys = key_check()
    output = keys_to_output(keys)
    training_data.append([screen,output])
```

Figura 1. Código utilizado en python para pre procesamiento de la imagen.

En el código se ven las configuraciones realizadas para la captura del video usando la función grabscreen() que nos regresa imágenes de la pantalla en tiempo real cada ciertos milisegundos. Las líneas siguientes ajustan el tamaño de la imagen a 224 x 224 pixeles que requiere la Alexnet como entrada. Además, se detecta y guarda la tecla pulsada que equivale a la acción tomada. De esta manera se tiene la imagen y su acción. Este par de datos nos permite el aprendizaje supervisado de la CNN.

Circuito usado para el entrenamiento

El circuito usado fue creado con Unity. Consiste de una serie de vueltas izquierdas y derechas, que llevan al punto de inicio, cerrando el circuito. Contiene iluminación en diferentes puntos del mismo, para que el agente cuente con suficiente claridad durante el recorrido, así como también se cambiaron las texturas de las paredes buscando lograr un entrenamiento más independiente de esta característica del entorno.

 ISSN 2007-8102

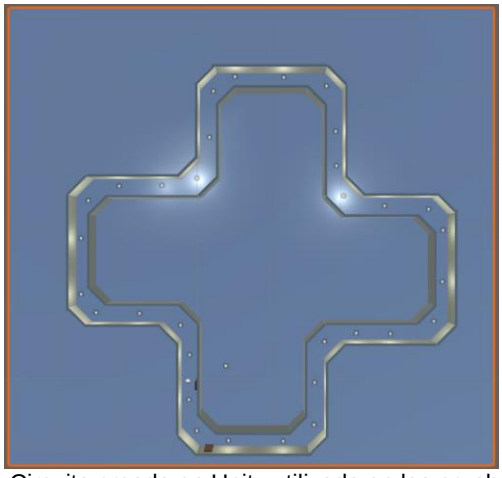


Figura 2. Circuito creado en Unity utilizado en las pruebas de la Alexnet.

Imágenes del circuito con texturas en paredes



Figura 3. Escenario 1



Figura 4. Escenario 2



Figura 5. Escenario 3



Figura 6. Escenario 4

Creación de la CNN Alexnet

Se utilizó la estructura de la red ya creada en la “ImageNet Classification with Deep Convolutional Neural Networks”, la cual contenía la estructura de la red neuronal convolucional, y se adecuó a las necesidades de la investigación.

Famosa por ganar la competencia 2012 ImageNet LSVRC-2012 por un amplio margen (15.3% vs 26.2% (segundo lugar) tasas de error). La red tenía una arquitectura muy similar a la de LeNet de Yann LeCun et al, pero era más profunda, con más filtros por capa y con capas convolucionales apiladas.

La Alexnet contiene 8 capas que tienen pesos de entrenamiento, las primeras 5 capas de éstas son de *convolución* y las otras 3 son las capas finales *fully connected*. La primera capa toma la imagen a color de 224 x

224 x 3 y le aplica *convolución* con 96 *kernels* (filtros) de tamaño 11 x 11 x 3 con un *stride* de 4 pixeles, enseguida se aplica *normalización* y *MaxPooling*. La segunda capa *convolucional* toma la salida de la capa anterior y le aplica 256 *kernels* de 5 x 5 x 48, también le sigue una *normalización* y *MaxPooling*. Las siguientes tres capas son de *convolución* y no se aplica *normalización* ni *pooling*. La capa tres aplica 384 *kernels* de 3 x 3 x 256. La capa cuatro tiene 384 *kernels* de 3 x 3 x 192 y la capa quinta con 256 *kernels* de tamaño 3 x 3 x 192. Esto hace que en ese momento se tengan 4096 pixeles totales. Por eso es que la primera capa de la zona de *fully connected* tiene 4096 neuronas de entrada. En la capa final del *fully connected* se deja una salida con el número de neuronas igual al número de acciones que se le habiliten al agente. En este caso son 3 acciones y por tanto 3 neuronas en la capa de salida. En esta capa se utiliza función Softmax para generar probabilidades para cada acción y se toma la mayor de ellas. Adicional a lo anterior, en las últimas capas se aplica Dropout con probabilidad de 0.5. Se utiliza la función de activación ReLU (rectificado lineal) en lugar de Tanh o Función Sigmoide (Logistic Regression) y para el ajuste de los pesos se utilizó Stochastic Gradient Descent (SGD) con momentum. Esta red tiene 62.3 millones de parámetros que entrenar.

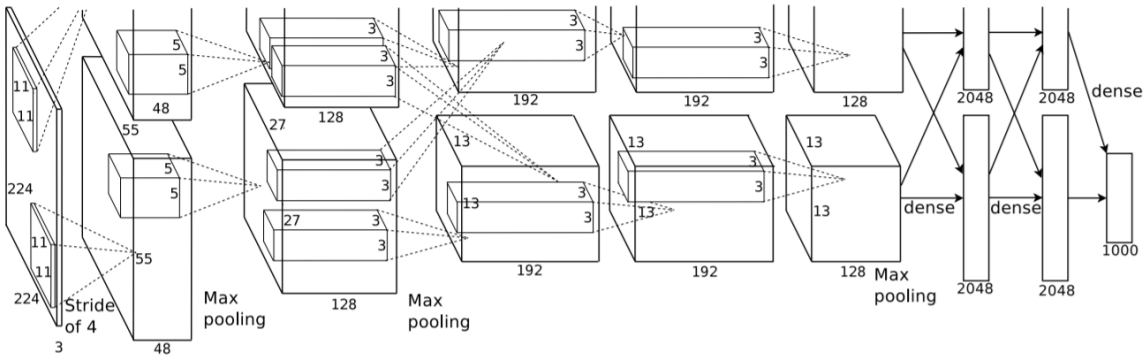


Figura 7. Modelo de la red neuronal convolucional Alexnet.

Entrenamiento de la Red Neuronal Alexnet

El entrenamiento del modelo requiere usar el dataset generado, es decir, el arreglo de imágenes capturadas con sus respectivas etiquetas (acciones). El conjunto de imágenes se separó en dos grupos. Uno fue utilizado para el entrenamiento de la CNN, mientras que el segundo se usó para la validación y darse cuenta de la eficiencia de la red neuronal para determinar la acción correspondiente a la imagen. El entrenamiento se repite hasta que se logra que se decida la acción correcta de acuerdo a la imagen presentada.

Cuando se realiza el entrenamiento se empieza con la primera época. Cada época puede ser considerada como un ciclo con cierto número de pasos. Los datos de la tabla inferior muestran la pérdida o error de clasificación en correlación con el resultado real, la exactitud (acurracy), donde se muestra el porcentaje de éxito en la clasificación, el número de imágenes que se probaron, la pérdida total y el tiempo que tomó realizarlo.

El entrenamiento fue realizado usando 80 épocas, y un valor de factor de entrenamiento de 0.001, usando 1000 muestras de entrenamiento y 237 para la validación del entrenamiento.

Creación del simulador

El simulador fue creado a través de Unity y cumple con la función de una ventana con dimensiones de “800 x 600”. Esta característica es usada para que la librería que captura el video de la pantalla de monitor pueda trabajar y que la librería "grabscreen()", tome el video en tiempo real, mientras que "OpenCV" realiza el pre procesamiento de la imagen.

Como se expone en la siguiente imagen, el laberinto fue diseñado como un camino infinito, esto con la intención de facilitar la obtención de datos para el dataset:

 ISSN 2007-8102



Figura 9. Imagen obtenida del simulador en donde se observa una curva a la izquierda.

La perspectiva de la imagen está diseñada para simular la trayectoria de un dron real, con lo que se facilita la transmisión del código y así obtener una mayor correlación.

Generación del dataset

La generación del dataset se realizó tomando capturas relacionadas al entorno virtual, es decir, capturas de pantalla de cada frame; esto se refiere a que durante el momento de estar moviendo el agente virtual se detectaban las pulsaciones de teclado. Así mismo, con cada pulsación de las teclas de movimiento del agente, se obtenía una imagen y una etiqueta, las cuales se guardaban dentro de una lista. Esto permitió obtener un dataset mucho más preciso y confiable.

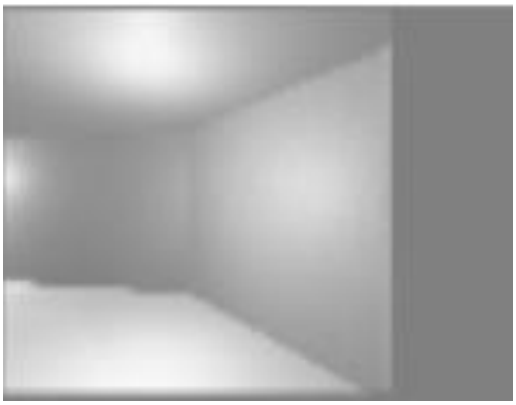


Figura 10. La imagen corresponde a una acción de ir en dirección hacia adelante, por eso la etiqueta de la imagen es [0,1,0].

De la misma manera, se obtiene un conjunto de datos cuya nomenclatura se especifica a continuación:

Etiqueta	Movimiento
[1,0,0]	Izquierda
[0,1,0]	Derecho
[0,0,1]	Derecha

Tabla 1. Nomenclatura seguida para el tipo de etiqueta y movimiento

Cuando se pulsa la tecla “Q” se guarda la imagen y la etiqueta como se muestra en la tabla, mientras que el usuario continúa desplazándose a través del laberinto infinito, para generar suficiente información que sirva para el entrenamiento de nuestra AlexNet. Cabe destacar que las imágenes se trabajan con las dimensiones “224 x 224”, dimensiones empleadas en la red neuronal.

Balanceo del dataset

El problema más común de los dataset, al menos a la hora de la creación de uno de esta manera, es la información que viene de manera secuencial. Esto se refiere a que muchas imágenes del mismo tipo vienen una tras otra, lo

cual ocasionaría que la red no se entrene de manera adecuada, por lo tanto, se hace un mezclado de la información para crear un dataset desordenado, donde las imágenes queden fuera de secuencia, es decir mezcladas.
Para lograr el objetivo de balanceo se utiliza la función shuffle de la librería random, la cual hace un conteo de todas las clases y se da un reporte de cuántas clases de cada tipo hay, al finalizar el script. Éste genera un archivo npy con el dataset balanceado, para ser usado para el entrenamiento de la red neuronal

Experimentación y resultados

Laberinto con vueltas de 90 grados

El primer laberinto que se utilizó contenía vueltas pronunciadas de 90 grados y se probaron algunas técnicas para tomar dichos caminos, esto de acuerdo a la acción programada. No obstante, se observó que siempre existía una colisión en las curvas, lo cual provocó la modificación de la probabilidad tomada de la CNN (que dependiendo del porcentaje realiza la acción), pero sin mucho aval en la situación.
Ante esto, se descartó que el dron, en condiciones idóneas, fuera capaz de dar una vuelta cerrada (Figura 11). Se requiere de un algoritmo de aprendizaje reforzado para ayudar a mejorar la vuelta en este tipo de ángulo cerrado.

Laberinto de vuelta abierta

El segundo laberinto mostró mejores resultados para la toma de decisiones, ya que éste era capaz de pasarlo sin colisión alguna. Aunque se realizaron varias pruebas en su funcionamiento, al igual que el anterior, demostró la utilidad de una CNN y el cómo ésta podía ser entrenada bajo simulaciones con especificaciones determinadas.

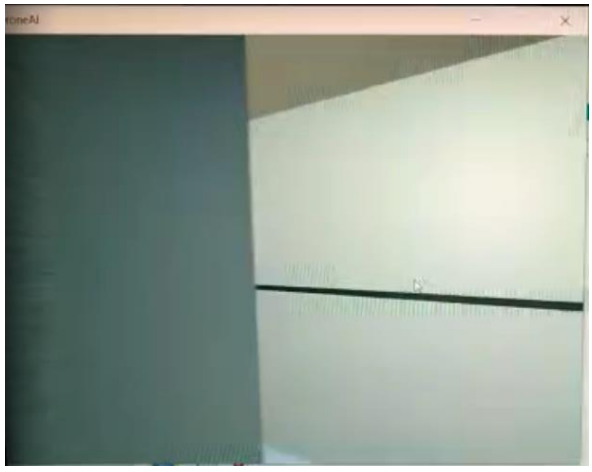


Figura 11. Imagen que muestra uno de los choques y por qué no fue útil el uso de vueltas de 90.

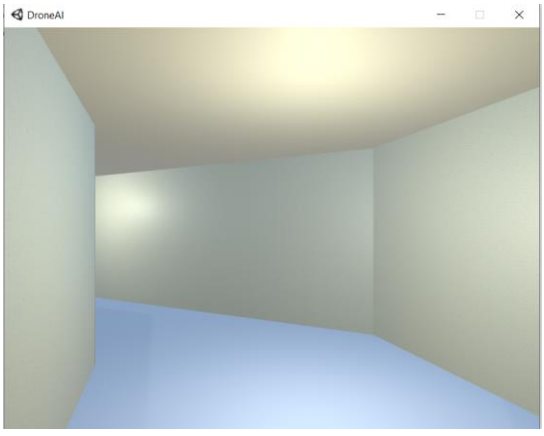


Figura 12. La imagen corresponde a la simulación final del laberinto

 ISSN 2007-8102

Resultados

Se realizaron varios experimentos usando un laberinto sin texturas, con texturas, la cantidad de muestras de entrenamiento y el número de épocas para determinar el mejor entrenamiento de la CNN.
Los resultados que se muestran a continuación corresponden al uso de un dataset con 1000 imágenes de entrenamiento y 236 de validación o prueba y a un laberinto sin texturas en las paredes.
La figura 13 muestra la evolución de la exactitud de predicción durante el entrenamiento. Puede verse como alcanza valores del orden de 0.97 al final del entrenamiento con 80 épocas.

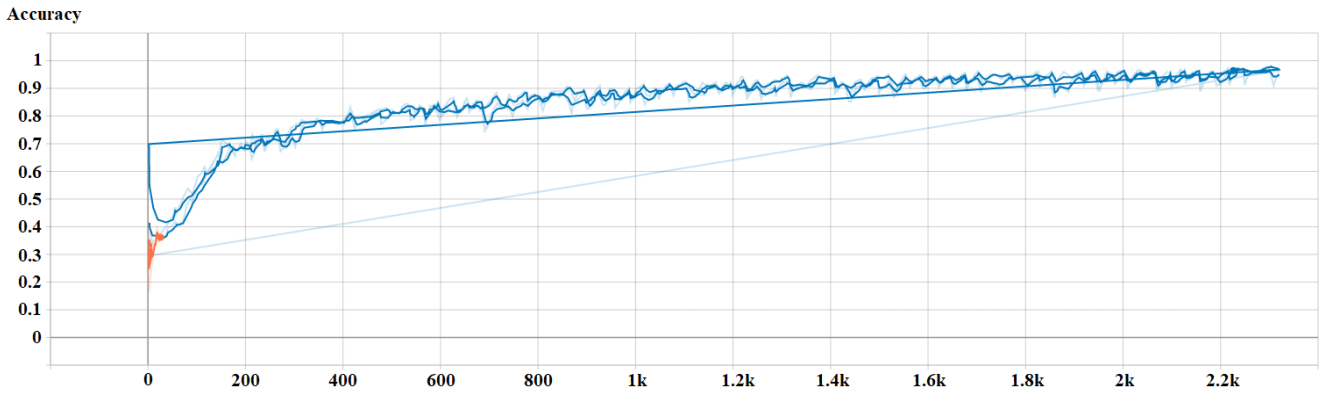


Figura 13. Exactitud de predicción durante el entrenamiento.

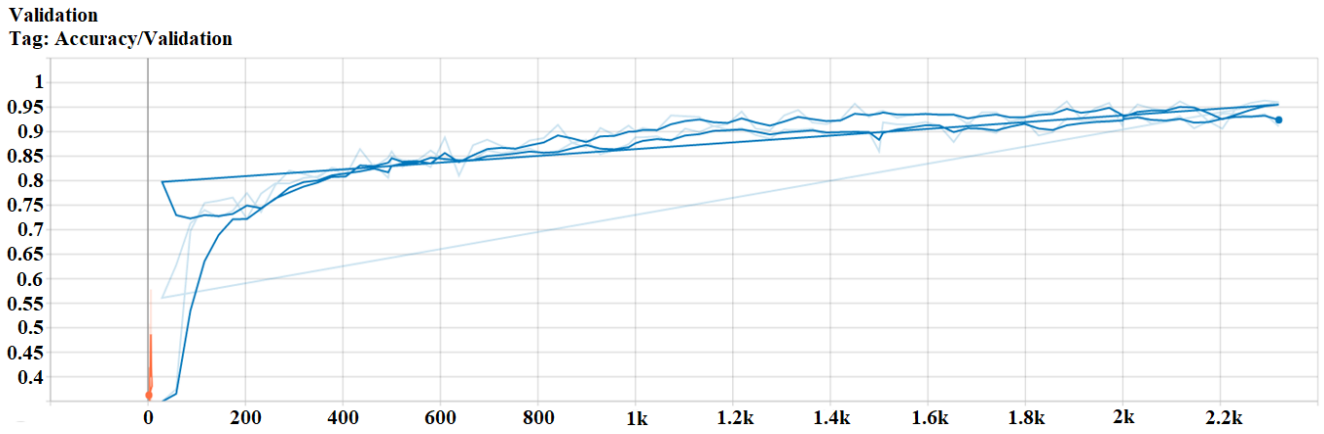


Figura 14. Se muestran los resultados de la validación.

En la figura 14 se muestran los resultados de la validación con el conjunto de datos para dicho fin. Es decir que son los datos diferentes a los usados en el entrenamiento. El alcance en la validación llega al 90 % y en esta corrida con 80 épocas nos permite ver que se requiere mejorar dicho entrenamiento.
En la figura 15, se grafican los resultados generados por la función de pérdida, la cual es la que permite hacer el ajuste en los valores de los pesos de los filtros de la CNN para ir mejorando en su desempeño. La función utilizada por la CNN es la de Cross Entropy. Esta función de pérdida no se requiere que llegue a valores de cero, sino que cuando se estabiliza muestra que la red ya quedó entrenada. En el gráfico se aprecia que lleva tendencia descendente y que podría esperarse que tenga valor menor si se incrementen el número de épocas de entrenamiento.

 ISSN 2007-8102

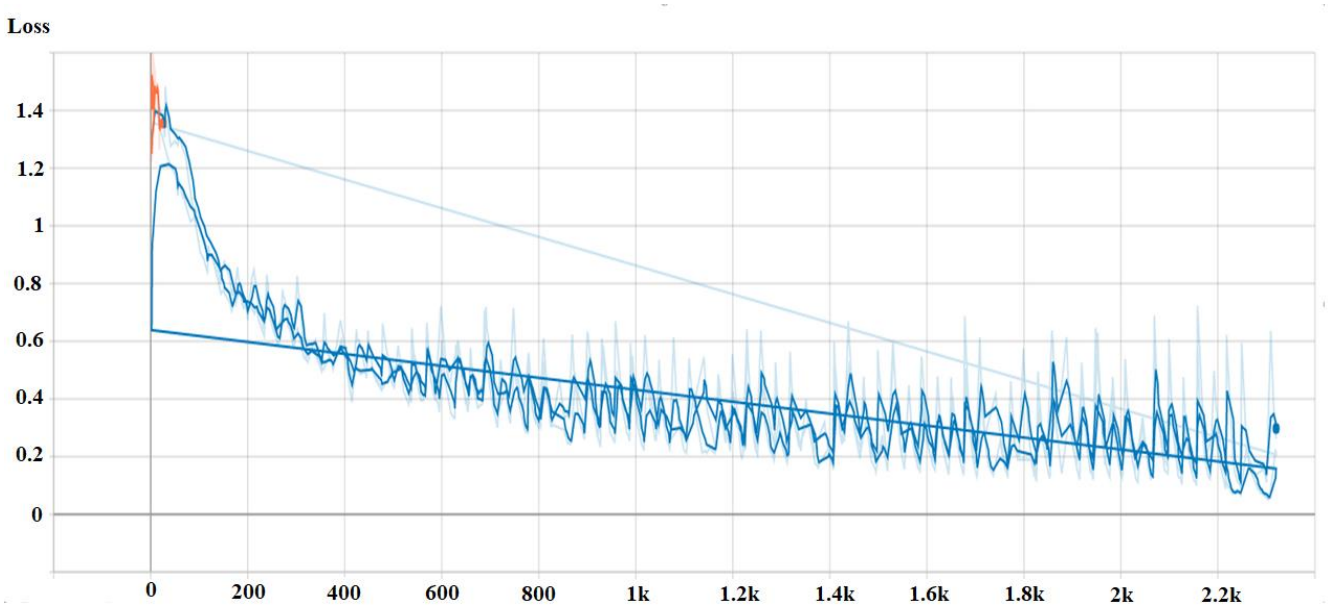


Figura 15. Resultados de la función Loss o de pérdida.

En el segundo experimento se utilizó un circuito con 4 texturas diferentes en los segmentos del circuito y eso conlleva a utilizar un dataset propio de este sistema. Se mantiene tanto la cantidad de datos de entrenamiento y de validación, como el número de épocas de entrenamiento.
En la segunda simulación (Figura 16), se alcanza un valor un poco más alto en exactitud (aprox 0.98). Igual se aprecia una ligera mejora en la validación, figura 17. Los resultados de *Loss function* durante la corrida de entrenamiento (Figura 18) se ve semejante al experimento anterior.

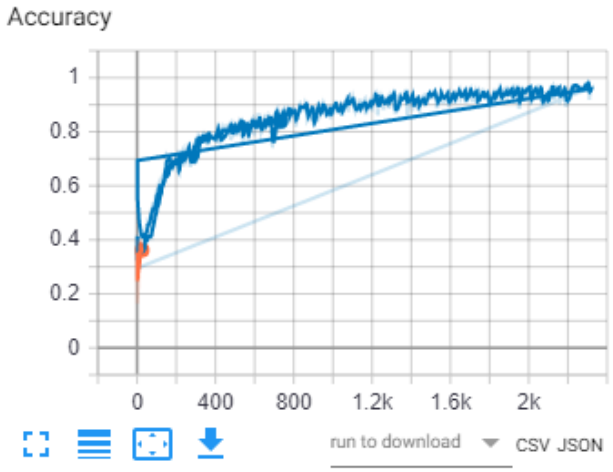


Figura 16. Exactitud de predicción durante el entrenamiento.

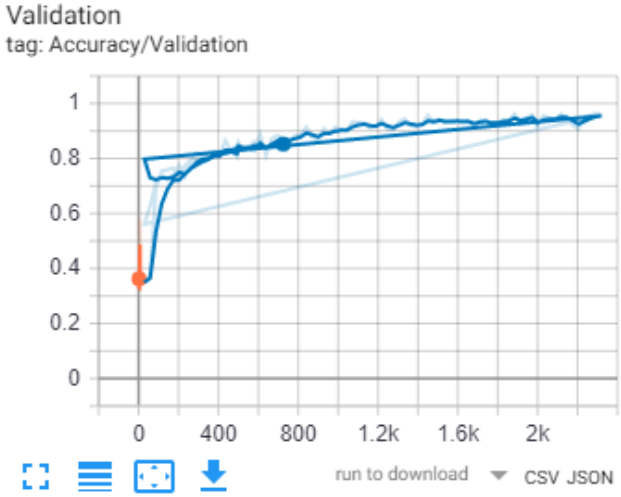


Figura 17. Se muestran los resultados de la validación experimento 2

 ISSN 2007-8102

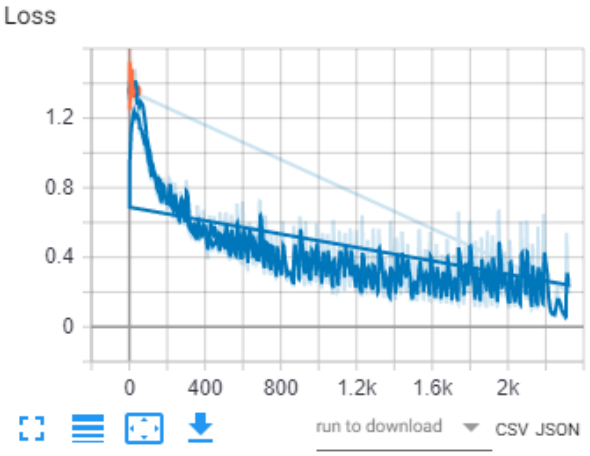


Figura 18. Resultados de la función de pérdida, segunda simulación.

Conclusiones

Por la forma como responde el agente dentro del circuito a las indicaciones de dar vuelta y dado que éstas se van haciendo a la par que se avanza hacia el frente, fue necesario adecuar el circuito a vueltas graduales en lugar de vueltas de 90 grados.

La Red Neuronal de Convolución produjo resultados positivos para la toma de decisiones correctas del agente dentro del circuito tanto con texturas como sin ellas. Se comprueba la premisa de que la CNN posee la capacidad necesaria para detectar el patrón deseado, independientemente del tipo de circuito. Finalmente, se cumple con el objetivo de probar la creación del dataset y del entrenamiento de la CNN con el uso de un simulador hasta lograr que el agente realizara el recorrido del circuito virtual sin tener ninguna colisión.

Trabajos a futuro

En las siguientes etapas se tiene contemplado activar más acciones al agente o vehículo autónomo a la par de poner obstáculos en el laberinto. En una segunda etapa, se hará el entrenamiento del agente usando Aprendizaje Reforzado por medio de una DQN (Deep Q Net) ya sea probando SARSA, Expected SARSA o Q Learning.

Referencias

1. Greengard, Samuel (2007). Gaming Machine Learning: Game simulations are driving improvements in machine learning for autonomous vehicles and others devices. *Communications of the ACM vol. 60*, 14 – 16, ISSN # 0001-0782
2. H. Alvarez, L. Paz, J. Sturn, and D. Cremers. (2016). Collision avoidance for quadrotors with a monocular camera. *In international Symposium on Experimental Robotics (ISER)*, 195-209, ISSN # 1610-7438
3. A. Loquercio, A. I. Maqueda, C.R.D.Blanco, and D. Scaramuzza. (2018). Dronet: Learning to fly by driving. *IEEE Robotics and Automation Letters*. 1-1, DOI # 10.1109/LRA.2018.2795643
4. Krizhevsky, Alex & Sutskever, Ilya & Hinton, Geoffrey. (2012). ImageNet Classification with Deep Convolutional Neural Networks. Neural Information Processing Systems. 25. 10.1145/3065386.
5. Palanisamy, Praveen. (2019). Multi-Agent Connected Autonomous Driving using Deep Reinforcement Learning. arXiv:1911.04175v1.
6. B Ravi Kiran, Ibrahim Sobh, Victor Talpaert, Patrick Mannion, Ahmad A. Al Sallab, Senthil Yogamani, Patrick Pérez (2020) Deep Reinforcement Learning for Autonomous Driving: A Survey arXiv:2002.00444v1.
7. Unity Technologies (2020) Unity para todos. Recuperado de https://unity.com/es
8. OpenCV team (2020) Recuperado de https://opencv.org/
9. MIT License Recuperado de https://github.com/tflearn/tflearn

Análisis y diseño de una herramienta de software para la lectoescritura en niños con autismo.

L. López Bautista[1], M.L. Martínez Hernández[1], B. Bautista López[1].*
[1]Academía de Ingeniería en Sistemas Computacionales, Instituto Tecnológico Superior de Tamazunchale, Km. 6.5 Carr. Tamazunchale-Sn Martín Tamazunchale, San Luis Potosí, México
**lizzitha240997@gmail.com*

Área de Participación: Sistemas Compuutacionales

Resumen.

El estudio que se describe a continuación surge a raíz del gran número de nacimientos de niños autistas en México y ante la necesidad de proporcionar herramientas de software útiles durante su formación académica, detallando como pieza fundamental la lectoescritura. Es por ello que la investigación se centró en los recursos didácticos empleados durante este proceso.

Cabe hacer mención que el estudio corresponde al tipo cualitativo y que su alcance fue descriptivo, en el cual se emplearon técnicas como la observación, la entrevista y las encuestas, teniendo como sujetos de estudio a los padres de familia y expertos en educación especial, para tal estudio se contó con un muestreo intencional conformado por 6 individuos, por lo que los resultados reflejaron que el contenido multimedia genera notables resultados al ser empleado como recurso didáctico.

Créditos para el Instituto Tecnológico Superior de Tamazunchale, SLP.

Palabras claves: *Multimedia, Autismo, Método Global, Recursos Didácticos.*

Abstract

The study described below arises from the large number of births of autistic children in Mexico and due to the need to provide useful software tools during their academic training, detailing literacy as a fundamental piece. That is why the research focused on the teaching resources used during this process.

It is worth mentioning that the study corresponds to the qualitative type and that its scope was descriptive, in which techniques such as observation, interview and surveys were used, having as study subjects parents and experts in special education, to Such study had an intentional sampling made up of 6 individuals, so the results reflected that multimedia content generates remarkable results when used as a teaching resource.

Key words: *Multimedia, Autism, Global Method, Teaching Resources.*

Introducción.

La problemática del autismo y el entorno escolar son dos rubros muy poco estudiados en México. Por lo que enfocarse en el proceso de la lectoescritura y en los métodos que conlleva la misma es un tanto complicado, ya que el autismo tiene múltiples caras y por esta característica hace único a cada individuo que lo presenta [1].

Es por esta situación que el presente estudio recopila información acorde a las necesidades específicas del proceso de lectoescritura en niños con autismo, enfocándose en los recursos didácticos empleados en el aula y en el hogar, esto con la finalidad de plasmarlos en una herramienta de software que apoye al individuo con su proceso de lectoescritura.

Distintos autores entre los cuales se encuentra Brunzual determinan que el proceso de escritura y lectura son independientes, sin embargo mantienen cierta reciprocidad [2].

Dentro del campo de la lectoescritura destacan tres principales métodos de trabajo, siendo el primero de ellos el método sintético. El segundo método es el global o analítico que inicia analizando un conjunto de palabras, hasta posteriormente llegar al estudio de silabas. Por último se encuentra el método mixto, que no es más que una combinación de los métodos ya mencionados [3].

Con base en la autora María Victoria Troncoso quien determina que en casos de Síndrome de Down y casos de TEA(Trastornos del Espectro Autista) las habilidades de discriminación y memoria desarrollados permiten aplicar el método global logrando con éxito el proceso de lectoescritura [4]. Por lo que debido a estas características el proyecto desarrollado se basó en este método, ya que se adapta a las necesidades del autismo y además de atender el proceso de lectoescritura como ya se mencionó es posible contribuir en el proceso del habla de un menor, logrando así reforzar dos pilares claves que contribuirán en el desarrollo cultural del menor.

Troncoso describe tres partes fundamentales en el proceso de la lectoescritura; “(1) Percepción global y reconocimiento de palabras escritas; (2) Reconocimiento y aprendizaje de las sílabas; (3) Progreso en la lectura” [5]

La percepción global y reconocimiento de palabras se da al reconocer visualmente palabras escritas conociendo su significado. Esto se logra empleando palabras del agrado del menor, además estas mismas deben ser practicas al momento de ser ejemplificadas con una imagen como lo son fotos, imágenes, tarjetas, etc. [6].
Ya que se sabe bien que los autistas responden de manera satisfactoria ante los medios electrónicos como tablets o celulares [2], es por eso que se consolidó esta idea de generar un tipo de sistema que resolviera algunas de las problemáticas surgidas durante el proceso de lectoescritura y es que en la actualidad pese a los grandes avances tecnológicos aún en muchas de las escuelas no cuentan con recursos multimedia y es que se ha comprobado que los autistas son “pensadores visuales” y por ello es importante trabajen con contenido multimedia acorde a la necesidad del menor, haciendo así un poco más llevadero el proceso de la lectoescritura.

Dicho estudio corresponde al tipo cualitativo apoyándose de técnicas de recolección de información acerca de las experiencias y tips relacionados durante el proceso de lectura y escritura en niños autistas, partiendo así de la experimentación desde la perspectiva de los involucrados y de la observación realizada en el Centro de Atención Múltiple “Ignacio Trigueros”, lugar en dónde se desarrolló este estudio.

Es importante la construcción de este tipo de recursos digitales que ayuden esta fase de desarrollo del menor ya que las cifras de autistas en México y el mundo han ido en aumento sin encontrar el factor que interviene en esta situación es por ello la importancia de crear este tipo de herramientas que ayuden a un mejor “desenvolvimiento del menor” [8], ya que la lectura y la escritura son los pilares claves que le permiten a una persona desarrollarse en otras áreas del conocimiento

Procedimiento.

Con la finalidad de estructurar el presente estudio es que se recurrió a fragmentar el trabajo de campo en distintas etapas que permitieron en su momento obtener los datos y la información referente al estudio. Además de una exhaustiva revisión de literatura acerca del tema del autismo en entornos educativos, para la cual se buscó investigaciones previas en asociaciones de atención al autismo, universidades, etc., encontrando así que en la mayoría de los casos se enfocan en la creación de software para lograr el contacto visual, sistemas de agendas y aplicaciones con fines de mejora en el habla y muy pocas con enfoque pedagógico en el área de la lectoescritura.

Fase 1 Indagar en el contexto educativo.

Para la presente investigación se realizó primeramente un acercamiento al Centro de Atención Múltiple “Ignacio Trigueros”, en donde desde luego fue requerido un documento que avalara la confiabilidad de dicho proyecto. Posteriormente a la presentación del documento que avala el origen del proyecto es que consiguió un acceso al plantel y se indago en las necesidades globales de la comunidad escolar con autismo.

Fase 2 Diseño y elaboración de Instrumentos.

Durante la segunda etapa y de acuerdo a lo observado y percibido durante las primeras reuniones de identificación y diagnóstico es que se diseñaron los instrumentos tales como: guión de entrevista, bitácora y encuesta. Cabe hacer mención que estos instrumentos se elaboraron tomando en cuenta el enfoque cualitativo en el que los participantes fueron tanto los padres de familia como docentes, recabando así datos provenientes de una diversificación de fuentes.

Para esta fase se tuvo que recurrir a una validación de los formatos de cada uno de los instrumentos esto con la finalidad de enriquecer el trabajo de investigación con la opinión de expertos en el tema, en este caso de Educación Especial.

Fase 3 Aplicación de instrumentos.

Durante la fase tres se realizó la aplicación de los instrumentos previamente diseñados. Es importante mencionar que el muestreo, donde debido a la población finita de 13 alumnos y una vez aplicado el muestreo intencional únicamente se trabajó con 6 padres de familia.

Fase 4 Análisis y procesamiento de información.

Después de aplicar los instrumentos se generaron reportes por cada aplicación de instrumentos esto con la finalidad de estructurar la información obtenida y de esta manera conocer las necesidades y el tipo de recursos que favorecen el proceso de lectoescritura esto permitió fundamentar las ideas de diseño preliminar del software.

Fase 5 Análisis de Resultados.

Los resultados de cada instrumento permitieron obtener requerimientos funcionales de una aplicación. En este caso después de la aplicación y análisis de la información de los instrumentos es que se consolidaron las ideas de diseño y construcción del software que atendió las necesidades educativas captadas dentro del aula de clases.

Fase 6 Definición de Requerimientos Funcionales.

Con base en los conocimientos adquiridos durante la aplicación de instrumentos y la investigación llevada hasta esta fase del proyecto es que se determinaron de manera conjunta con los docentes del Centro de Atención Múltiple “Ignacio Trigueros” algunas funcionalidades del sistema a construir.

Fase 7 Diseño de herramienta.

Partiendo de forma práctica el diseño se centró sobre el usuario, es decir se consideró al usuario y se determinó por el usuario, ya que de esta manera es como se logra apreciar las inquietudes y problemas a los que debe atender el sistema a crear [9].

Fase 8 Elección de herramientas de construcción de herramienta.

Durante la octava fase y una vez teniendo los requerimientos y el diseño preliminar de la herramienta se optó por elegir el lenguaje de programación, además de comenzar a construir las interfaces y el modelo de datos requerido para el sistema.

Fase 9 Codificación de Herramienta.

Durante la novena fase se construyó tanto los formularios con sus respectivas validaciones, las conexiones de base de datos, los estilos empleados, los diseños, etc., considerando en todo momento las necesidades detectadas desde las fases iniciales del proyecto.

Fase 10 Pruebas y corrección de errores.

Durante la décima fase se realizaron pruebas sobre la herramienta a fin de detectar fallas y/o errores, esto con la finalidad de evitar flujos de información inadecuados que perjudiquen el estado de ejecución de la aplicación durante la interacción del menor con la herramienta

Resultados:

Como resultados finales de la investigación se obtuvo que los padres de familia en un 100% aceptaron que utilizan una aplicación informática para la educación de su hijo.

 ISSN 2007-8102

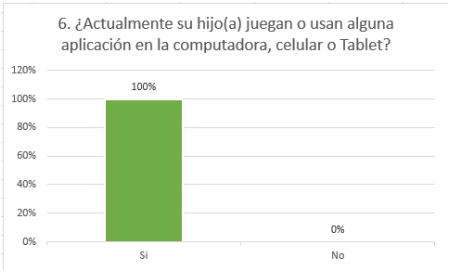


Figura 1 Resultados del cuestionamiento a padres de familia sobre el uso de aplicaciones en el proceso de aprendizaje de sus hijos.

También indicaron que, si permitirían que su menor interactuara con un sistema o aplicación educativa, ya que notan que los recursos digitales son atractivos para los menores.

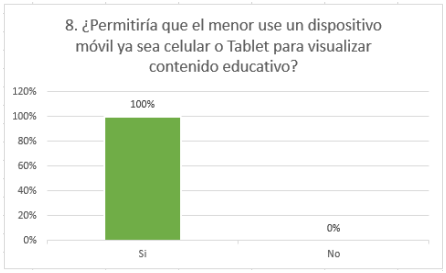


Figura 2 Respuesta de los padres de familia al utilizar un dispositivo móvil para mostrar contenido educativo a su hijos.

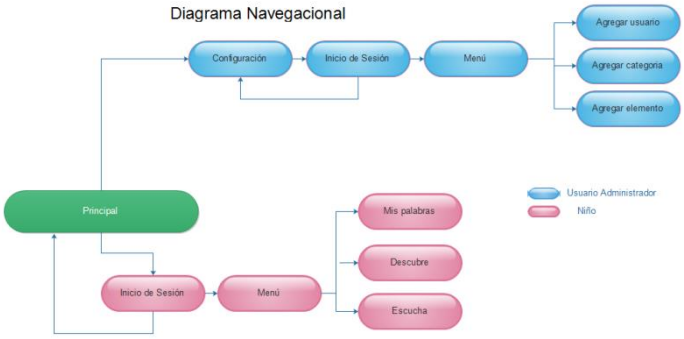


Figura 3 Diagrama Navegacional que indica el flujo de navegación entre las distintas páginas que integran el sistema.

Posteriormente a la recopilación y análisis de la información recabada es que se concluyeron los siguientes requerimientos funcionales:

 ISSN 2007-8102

1. La herramienta debe integrar categorías de objetos, es decir agrupar los objetos de casa en una categoría “mi casa” por ejemplo, mientras que los del aula en otra que se denomine “escuela”
2. El rol de las imágenes y los contenidos animados es el punto fuerte de atención para que los menores logren encontrar atractivo un método o herramienta de aprendizaje.
3. El método de aprendizaje se basa en María Troncoso, por lo que las actividades propuestas por la herramienta deben hacer frente a identificar imágenes y palabras.
4. Cada niño es diferente por lo que se tendrá que personalizar la herramienta para cada niño acorde a sus gustos y demás.
5. Cada palabra abordada en la herramienta debe tener una imagen alusiva.

Mismos requerimientos que fueron abordados en el sistema, junto a algunas recomendaciones especificadas en investigaciones similares, como fue el caso de los tipos de usuario, por lo que para la construcción de la herramienta web se contemplaron dos usuarios, el usuario administrador, mismo que podría agregar usuarios además de configurar y agregar las distintas categorías a las cuales el menor podría acceder, así como también el contenido, en este caso elementos de cada categoría. Mientras que el menor tendría acceso por medio de un usuario y contraseña a la aplicación y podría consultar por medio de tres módulos el contenido de la aplicación. El primer módulo “Mis palabras” en el cual puede visualizar las imágenes y las palabras de cada categoría. Mientras que en “Escucha” puede escuchar las palabras de cada uno de los elementos de las distintas categorías. Por último “Descubre” busca que el menor asocie la imagen al sonido de la palabra.

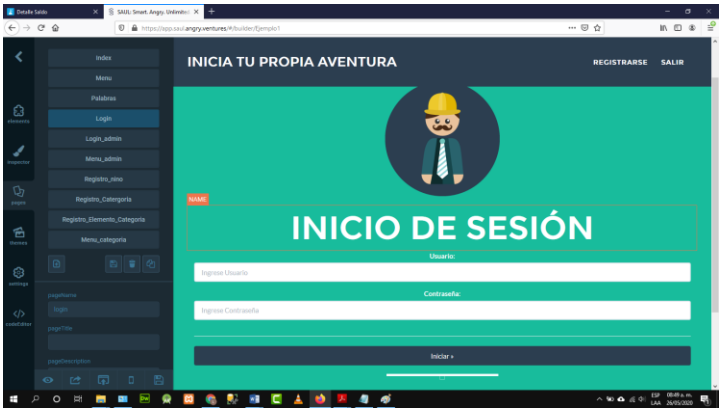


Figura 4 Inicio de Sesión.

Para crear la herramienta web se trabajó sobre Dreamweaver como entorno de desarrollo y con el lenguaje PHP 5.7 y así mismo con recursos como javascript. También en la parte de la gestión de datos y debido a que MySQL es opensource es que se eligió este Motor de Base de Datos para administrar y controlar el flujo de información en el sistema.

Se buscó implementar colores y una interfaz acorde a las necesidades del autismo, cabe señalar que en futuros trabajos se debe considerar la fuente de letra y colores como una propiedad configurable.

 ISSN 2007-8102

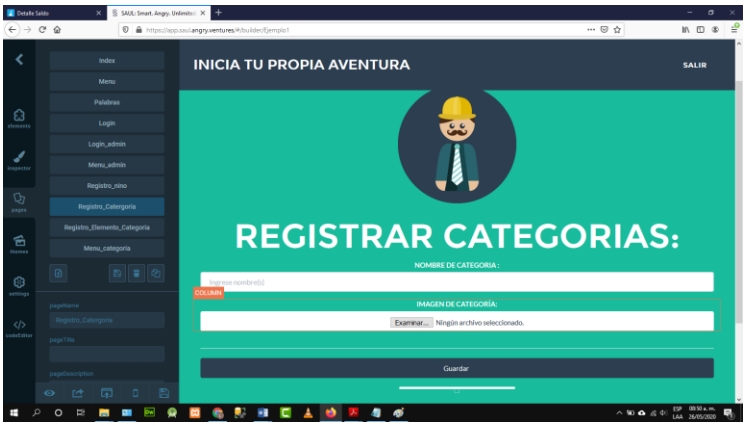


Figura 5 Registro de Categorías

El registro de categorías se consideró por usuario, es decir cada menor es diferentes de ahí que para cada menor se deben integrar categorías y elementos que sean de su agrado y de su entorno.



Figura 6 Pantalla Módulo de "Mis palabras", módulo para visualizar imágenes y palabras de cada categoría.

Como se mencionó anteriormente la herramienta de software fue creada sobre un ambiente tipo Web y gestiona el contenido multimedia requerido durante la fase 1 del proceso de lectoescritura del Método de María Troncoso [5], para ser específicos el área de la asociación de palabras con imágenes, ya que es la fase más complicada para los menores con autismo, ya que es precisamente en esta fase donde se da el proceso de relacionar una palabra con su significado, de ahí la importancia de implementar recursos didácticos apropiados para lograr una mejor comprensión de lo que se desea trasmitir.

Respecto al supuesto planteado al inicio de este estudio el cual afirmaba lo siguiente “las imágenes, audios y animaciones son el contenido multimedia requerido en una herramienta de software para la estimulación de las habilidades de lectoescritura en un niño con Trastornos del Espectro Autista” se puede aceptar como válido, respaldando esto con la información recabada en los distintos instrumentos de recolección de información aplicados durante el proyecto. Pero hay un punto que rescatar de esta situación, ya que pese a que al igual que la experiencia de los padres, expertos, así como la revisión de literatura de distintos autores acerca del proceso de lectoescritura, apoyado por este tipo de contenido multimedia, concluyen que las imágenes en específico ayudan durante esta fase del aprendizaje, en este estudio no fue posible contener una fase de evaluación con los sujetos de estudio directos, es decir con los menores, ya que su participación hubiera enriquecido de manera significativa para respaldar y sustentar la validez de

dicho supuesto. Pero debido a las condiciones y limitantes de circunstancias y tiempo esto no fue posible esta acción.

El apartado competente al progreso académico del menor dentro del proceso de lectoescritura se considera como un punto configurable por el usuario administrador, es decir una vez que el administrador observa un avance significativo en los contenidos que el menor maneja, es momento de registrar nuevos elementos y categorías que enriquezcan el número de palabras vistas, tal como lo describe Troncoso, al incrementar el número de palabras durante el proceso de lectoescritura.

Sin embargo, como se mencionó anteriormente no se logró completar este apartado de evaluación y progreso con usuarios finales debido a la situación actual por la que atraviesan las instituciones y el ambiente social en general.

Algunas aportaciones que se pueden rescatar de acuerdo a lo concluido y percibido durante este estudio son las siguientes.

1. Se requieren imágenes atractivas.
2. Las imágenes deben ser sencillas ya que de lo contrario confunden al menor con la idea de su significado.
3. Los sonidos pueden ser aptos para algunos menores, pero para otros no.
4. Las animaciones les atraen, sin embargo, debe tenerse cuidado ya que estas pueden distraerlos de la idea que se desea trasmitir.
5. En algunos casos de autismo se recomiendan únicamente el uso de imágenes a blanco y negro.

Considerando los aspectos antes mencionados se acepta el supuesto formulado al inicio de esta investigación retroalimentándolo únicamente con las condiciones antes descritas.

Trabajos futuros.

Es importante conocer las necesidades más específicas y particulares del usuario para así acercarse aún más a lo que realmente se necesita. Es por ello que se recomienda para trabajos futuros una relación más cercana con los menores, esto con la finalidad de conocer en todo momento como responden ante la interfaz y el contenido que en ella se muestra, de esta manera será más fácil adaptar y rediseñar las interfaces sobre una percepción de primera mano y no a base de lo que los expertos o padres de familia nos digan, y no es que estén en un error, sino que en muchas ocasiones no se consideran factores como el color, tipo de letra, mayúsculas o minúsculas, entre otras cosas que para un usuario pueden pasar desapercibidas pero para otro usuario pueden llegar a afectar su desempeño en el desarrollo de actividades, si bien es cierto esta fase de evaluación no la concrete en este estudio, sin embargo en la pocas ocasiones que puede validar el diseño con los expertos fueron las sugerencias que me fueron expresadas, por lo que lo considero como un factor clave en trabajos futuros.

Otro punto que considero fundamental es el de orientar el diseño de la herramienta a un dispositivo móvil empleando en todo momento lenguajes y estructuras atractivas.

Conclusiones.

Al centrar esta investigación sobre el autismo fue posible comprender el entorno educativo de esta condición, algo que fue primordial para la adquisición de conocimientos idóneos para la construcción de la herramienta educativa. Por lo que el alcance de cada uno de los objetivos centrales de este proyecto de investigación se puede definir como cumplido ya que se conoció y se indagó por medio de los distintos instrumentos de recolección, la información correspondiente al entorno educativo en casos de autismo durante el proceso de la lectoescritura, así como también, esta misma información ayudó a trazar los requerimientos funcionales que debería cubrir la aplicación y por último la construcción de la herramienta descrita en el apartado de resultados.

Cabe hacer mención que el último punto requirió una evaluación de interacción usuario-final aplicación, pero esta no pudo llevarse a cabo, por lo que el resultado del objetivo tres quedó sin ser evaluado. Esto no indica que el objetivo no se haya cumplido, sin embargo, no se puede determinar el grado de aceptación por parte del usuario final al interactuar con las interfaces de la aplicación.

REFERENCIAS

[1] D. E, D. Treadwell y MD, «KidsHealth,» Marzo 2019. [En línea]. Available: https://kidshealth.org/es/parents/pervasive-develop-disorders-esp.html.

[2] J. Medina, M. Ortiz y R. Bruzual, «Teorías, enfoques y métodos en la enseñanza inicial,» *Synergies,* nº 2, pp. 284 - 305, 2006.

[3] F. Galera, Aspectos didácticos de la lectoescritura, Granada: Grupo Editorial Universitario, 2001.

[4] M. Tudela, «Actividad para trabajar la lectura global (con DESCARGABLE),» *Red Cenit,* 19 Junio 2018.

[5] M. Troncoso y M. Del Cerro, Síndrome de Down: lectura y escritura., Barcelona.: Masson. , 1999.

[6] P. Macías, «María Victoria Troncoso,» 2016. [En línea]. Available: https://slideplayer.es/slide/5498039/.

[7] M. Gisbert, J. Lázaro y M. Sanromà, «El papel de las tecnologías digitales en la intervención educativa de niños con trastorno del espectro autista,» *Revista Interuniversitaria de Investigación en Tecnología Educativa (RIITE),* nº 4, pp. 41-51, 2018 Junio.

[8] K. Aspiranti, K. Larwin y B. Schade, «iPads/tablets and students with autism: a meta-analysis of academic effects.,» *Assistive Technology: the official journal of RESNA.,* 2018.

[9] M. Pinilla, Ergonomía de Concepción: Su aplicación al diseño y otros procesos proyectuales., Bogotá: Editorial Pontificia Universidad Javeriana., 2006.

Abstracción y Evaluación de la Intención de los Individuos en las Organizaciones de Acuerdo a la Teoría de la Agencia

Jorge Armando Alcántara Godínez y Leticia Dávila-Nicanor,
Universidad Autónoma del Estado de México, Centro Universitario Valle de México, Boulevard Universitario s/n Predio San Javier, Atizapán de Zaragoza, Edo. Mex. México
*ldavilan@uaemex.mx

Área de participación: Sistemas Computacionales

Resumen

En la falta de eficacia para la solución de problemas, como la asignación irrazonable de recursos de poder y construcción imperfecta de centros de respuesta a emergencias, se han realizado estudios basados en la intención de los individuos. Así la teoría de la agencia se ha proyectado para la evaluación de la intención a nivel gubernamental, social y económico, en entornos en donde las intenciones de los individuos son difíciles de cuantificar.
En el marco de esta teoría, se ha propuesto el desarrollo de una arquitectura de software que sistematiza la evaluación de las intenciones de los individuos en función del mecanismo de acuerdos compartidos en las organizaciones. Para el diseño del sistema, se ha utilizado el patrón Abstract Factory apoyado con métricas de proceso. El sistema se ha especializado para una compañía que brinda servicios de soporte técnico. Los resultados obtenidos favorecen el planteamiento y su uso en marcos de operación más robustos.

Palabras clave: Teoría de la Agencia, Evaluación de la Intención, Calidad de Software.

Abstract

In the lack of efficacy for solving problems such as the unreasonable allocation of power resources and imperfect construction of emergency response centers, studies has been conducted based on the intention of individuals. Thus the agency theory has been projected for the evaluation of intention at the governmental, social and economic levels, in environments where the intentions of individuals are difficult to quantify.

Within the framework of this theory, we have proposed the development of a software architecture that systematizes the evaluation of the intentions of individuals, this is based on the mechanism of shared agreements in organizations. The Abstract Factory pattern have implemented for the design of the system, supported with process metrics . The system have been specialized for a company that provides technical support services. The results obtained favor the approach and its use in more extensive operating frameworks.

Keywords: Agency Theory, Individual Intention measure, Quality on Software

Introducción

La Teoría de la Agencia se define como *la capacidad de las personas para actuar intencionalmente para dar forma a sus mundos* [1]. Esta teoría se ha tomado como base de la obtención del conocimiento de las *intenciones de los individuos* en relación de los roles que les son asignados. La teoría se ha proyectado a nivel gubernamental, social y económico, en entornos en donde las intenciones de los individuos son difíciles de cuantificar. En organizaciones gubernamentales como la de Shanghai, China, a falta de eficacia en la solución de problemas como la asignación irrazonable de recursos de poder, conflictos entre departamentos, construcción imperfecta de centros de respuesta a emergencias y falta de participación, se han realizado estudios basados en la intención de los individuos [2]. Así el gobierno chino ha construido un sistema de coordinación de emergencias,

que incluye instituciones, mecanismos de trabajo y un sistema legal basado en los deberes del departamento gubernamental [3] de acuerdo a esta teoría. Entre 2013 y 2017 países de distintos lugares del mundo como Rusia, India, Canadá, Groenlandia, República de Sakha y Senegal entre otros, han unido esfuerzos creando grupos de trabajo transdisciplinarios para abordar desde diferentes perspectivas en la evaluación de la intención, particularizando en la investigación sobre adaptación bajo un enfoque centrado en políticas [4] y [5].

El marco explicativo de la teoría de la Agencia integra un *Principal* y un *Agente*, que son relacionados mediante el análisis de los contratos formales e informales [6]. Una o más personas (unidad superior o centro) denominadas como *el Principal*, delegan a otro actor denominado *el Agente* (unidad subordinada), cierto poder de decisión, como se puede observar en la Figura 1. Durante el tiempo de vida de los *Agentes*, es evaluado el *riesgo moral* que se relaciona con su intención, en función del cumplimiento de los contratos que les son asignados. Cuando el riesgo moral implica que los *Agentes* han tomado decisiones que repercuten en el *Principal* de forma negativa, el *Agente* llega a un estado denominado *selección adversa,* es entonces cuando el *Principal* tienen los elementos para revocar sus contratos*.* Es interesante observar como esta teoría, maneja al principal y a los agentes de forma similar al enfoque de los sistemas orientados a objetos, cuando las clases principales abstraen la funcionalidad y son las clases hijas las que la implementan y especializan estas funciones en un esquema de herencia [7].

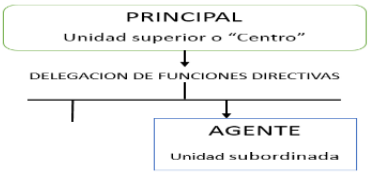


Figura 1. Diagrama Teoría de Jerarquización.

La Teoría de la Agencia en términos de evaluación de la intención, se ha tratado de automatizar apoyándose con sistemas de información, sin los resultados esperados [8], [9] y [10]. En el trabajo de [11], se ha demostrado que las variables más importantes en la aplicación de este modelo son: utilidad percibida, calidad del sistema y calidad del servicio. Un estudio que implementa un sistema de cómputo aplicando la teoría de la agencia con resultados satisfactorios es [12]. Este estudio, tiene el propósito de identificar la forma en que la teoría de la agencia proporciona información del comportamiento adverso del cliente, en la provisión de servicios de producto. El propósito del estudio es tener elementos para solucionar problemáticas y proponer mecanismos para mitigar el comportamiento del cliente. En este caso se prueban tres mecanismos de evaluación de los contratos: monitoreo, acuerdos compartidos y de confianza. La base en estos tres mecanismos es el enfoque del manejo de los contratos.

En el presente trabajo de investigación, se propone el diseño de una arquitectura de software basada en la propiedad de abstracción para la evaluación de la intención del personal de las organizaciones en función del mecanismo de acuerdos compartidos en el marco de la teoría de la agencia. Para el diseño del sistema se ha utilizado el patrón de diseño Abstract Factory en combinación con métricas de proceso en la evaluación del riesgo moral de los agentes. El sistema utiliza como métrica el índice que apoyan al principal en la evaluación de los contratos y su cumplimiento, con ello es posible establecer la intención y así extender o contraer las funciones de los agentes de acuerdo a las metas de negocio. El sistema se ha implementado y se ha especializado en un caso de estudio orientado a la evaluación del personal de una agencia que implementa servicios de soporte técnico.

Trabajo Relacionado

En la determinación de las propiedades que necesita tener un sistema que automatice la teoría de la agencia, se han realizado varios estudios. En [8] se exploran tres categorías para enfocar la construcción del sistema: sistemas y calidad de la información, métricas generales de percepción

sobre los beneficios del uso de Sistemas de Información y comportamiento de sistemas de información. Entre las conclusiones del estudio se encuentra que el modelo de Seddon [13] provee un buen marco, este modelo que se enfocan en la calidad del sistema. En relación del ambiente los autores argumentan que es necesario encontrar una estrategia que permita generar un modelo de negocio basado en un patrón de interacción entre él y su cliente y recomienda el esquema de e-commerce. En el trabajo de [9] las variables que se evalúan son: satisfacción del usuario, uso del sistema, utilidad de percepción y calidad en el sistema. El estudio concluye que la construcción de forma satisfactoria del sistema depende de su calidad y de la utilidad percibida y no así de la satisfacción del usuario. Así los diseñadores del sistema deben esforzarse por mejorar la calidad del sistema, al igual que en [8], se recomienda utilizar estrategias en la construcción del sistema con una proyección a gran escala en relación de la información que puede llegar a utilizarse. Para los autores de [10] el modelo de estudio emplea cuatro dimensiones: calidad de la información, calidad del sistema, impacto individual e impacto organizacional. En este caso tecnologías como SAP/ R3 y otros sistemas de satisfacción empresarial son evaluados. Finalmente concluyen que la adaptación de tecnologías como Oracle y la adaptación del sistema de Gestión Financiera del Gobierno de Queensland (QGFMS) [14] pueden ser suficientes. En el estudio [11], se analiza la intención de uso del comportamiento. Para la evaluación se usó como caso de estudio una agencia gubernamental en Indonesia mediante SmartPLS [15], el cual es un software para el modelado de ecuaciones estructurales basado en la varianza. Así los resultados del análisis, han demostrado que las variables más importantes en la aplicación de este modelo son: utilidad percibida, calidad del sistema y calidad del servicio. En este caso estas variables se enfocan en la intención de uso.

La calidad del servicio y del producto de un sistema de software, está directamente relacionado con el proceso desarrollo de software y con métricas software que se implementan durante este proceso [16],[17] y [18]. Estudios del SEI-Carneige and Mellon University [19] demuestran que fases críticas pare el desarrollo de sistemas son las etapas iniciales, así la fase de diseño es central para desarrollar un sistema que sea eficiente, confiable, mantenible, etc. En este caso la teoría de la agencia tiene un comportamiento muy parecido a los sistemas orientados a objetos mediante las propiedades de abstracción y herencia. En el diseño de la arquitectura de estos sistemas, una solución eficiente es mediante el diseño con patrones. Los patrones de diseño son una técnica que ofrece soluciones que mejoran el rendimiento de los sistemas en su procesamiento y la optimización de la memoria, que son dos aspectos claves para mejorar la eficiencia de los sistemas. Un patrón de diseño abstrae e identifica aspectos clave en la solución de un problema de alta complejidad [20]. La visión del diseño mediante patrones tiene un enfoque holístico, es decir, en lugar de tener una visión en donde la solución se divide en un conjunto de partes que conforman un todo, en este caso la visión es al contrario, primero se visualiza el todo y de ahí parte la construcción del sistema. De esta forma el código de los sistemas se reduce, lo que hace a los sistemas eficientes, mantenibles y escalables.

Metodología

En el desarrollo del sistema que se propone, se ha abordado la teoría de la agencia desde la perspectiva orientada a objetos. La abstracción de las funciones que un *Agente* debe cumplir de acuerdo a la asignación del *Principal*, se ha diseñado mediante el patrón Abstract Factory. Este patrón de diseño, tiene la capacidad de establecer comportamientos abstractos y genéricos tal como lo hace el *Principal* con el *Agente* en un esquema de acuerdos compartidos. Durante el tiempo de vida de los *Agentes*, se evalúa la intención de los *Agentes* mediante el *riesgo moral*, esto es, en función del cumplimiento de sus contratos. De acuerdo a esta evaluación, los *Agentes* pueden contraer o extender sus funciones, teniendo la oportunidad de ser un nuevo *Principal,* en una nueva Fábrica Abstracta que asigna nuevos *Agentes* y administra nuevos contratos. Para la evaluación del *riesgo moral* se ha seleccionado la métrica de *índices de defecto por individuo,* que evalúa las actividades implícitas en el contrato del Agente. La metodología utilizada tendrá las siguientes fases:

- Análisis de la teoría de la agencia y de métricas de proceso en función de la utilidad percibida
- Especificación de requerimientos funcionales

 ISSN 2007-8102

- Diseño del sistema propuesto mediante el uso de patrones de diseño y métricas de proceso
- Implementación
- Pruebas

Sistema propuesto: Sistema de Control de Personal (SCP)

El propósito del SCP es establecer la evaluación de los contratos y control del personal mediante la teoría de la agencia. En este caso la empresa seleccionada, es del giro de soporte en tecnologías de la Información, para ello se han contemplado plazas de agentes para dar soporte técnico en Bases de Datos, Sistemas Operativos y Redes. En la Figura 2 se ha establecido la funcionalidad del sistema. De este diagrama se han obtenido los Requerimientos Funcionales.



Figura 2. Caso de uso del Sistema de Control de Personal (SCP).

Requerimientos funcionales

RF1. Acceso: El sistema permite el acceso a usuarios autorizados mediante la autenticación de un usuario con su contraseña.
RF2. Establecimiento de Perfiles: Se requiere que el sistema contemple perfiles de acuerdo a las funciones y estructura organizacional. El sistema contempla dos vistas, la del principal y el agente.

- Usuario principal: Este usuario podrá asignar vacantes, seleccionar nuevos agentes y asignar contratos, medir y evaluar el riesgo moral. También le será posible aceptar la cancelación de contratos y promociones de nuevos principales.
- Usuario agente: Este usuario podrá consultar y registrar los avances de los contratos y actividades asignadas por el principal.

RF3. Disponibilidad de Vacante: La vista del principal podrá administrar la información de las vacantes disponibles.
RF4. Selección y asignación de contratos: El sistema le otorgará al Principal la opción de elegir agentes en función de las vacantes existentes. Una vez que el Principal seleccione a un agente los contratos o convenios le serán asignados, así como sus actividades.
RF8. Reporte de contratos: El sistema le presentará al agente una vista de registro de las actividades relacionadas con los contratos. Esta interface se activará de acuerdo a las fechas de cumplimiento, para lo que será necesario cargar la evidencia de la actividad completada.
RF8. Evaluación de contratos: En la evaluación de los contratos en usuario Principal, tendrá la posibilidad de validar los reportes de los Agentes. En la estimación de la *probabilidad de riesgo moral*, el sistema calculará el índice de defectos por individuo (*IDI)*, mediante el promedio de las actividades que se cumplen satisfactoriamente. De esta evaluación será posible activar los siguientes estados:

- Asignación: En el caso en donde la probabilidad de riesgo moral obtenga índices altos, será posible otorgar nuevos contratos al Agente, así será activado el estatus de *promoción.*
- Eliminar: Cuando la probabilidad de riesgo moral reporta el incumplimiento de agentes con sus contratos, se activará el estatus de *selección adversa*.

RF10. Cancelación de contratos: El sistema cancelará los contratos del Agente si el estatus de la selección adversa se activo.

 ISSN 2007-8102

Diseño de la Arquitectura

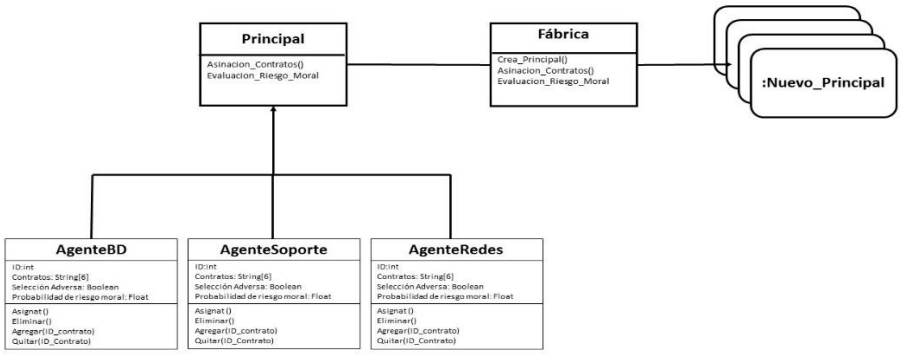


Figura 3. Arquitectura del Sistema de Control de Personal (SCP).

En la Figura 3, se ha planteado la arquitectura del Sistema de Control de personal (SCP) mediante el patrón Abstract Factory. Se ha establecido una fábrica abstracta que genera objetos de tipo *Principal,* este objeto establece contratos de acuerdo a las vacantes disponibles en la organización. Cuando el *Principal* selecciona a un *Agente,* le asigna actividades de acuerdo a la vacante que cubre mediante un conjunto de contratos, así se activa el método *Asignacion_Contratos(),* el cumplimieto de estos contratos se verificará mediante el método *Evaluación_Riesgo_Moral()*. De acuerdo a esta evaluación, es que los *Agentes* podrán tener más contratos, si su desempeño es alto, tienen la opción de convertirse en un nuevo objeto de tipo *Principal*. La fábrica establece este *nuevo Principal* de acuerdo a la evaluación del riesgo moral, de esta forma se extiende la organización jerárquica. En caso de que la evaluación del riesgo moral sea negativa, la bandera de *Selección_Adversa* se activa y el objeto Agente se cancela de la operación dentro de la organización, lo que contrae la organización jerárquica.

Cuando un objeto de tipo *Agente* es generado por el *Principal* le son asignado contratos mediante el método *Asignar()*, de acuerdo a la Figura 4. Estos contratos son evaluados mediante el reporte de sus actividades, a través del método *Evaluar()*, de acuerdo a esta acción, se establece la *probabilidad del riesgo moral mediante el IDI*, si su valor es mayor a 0.6, el *Principal* le puede otorgar más contratos mediante el método *Agregar()*, por el contrario si la probabilidad de riesgo moral es menor a 0.59, se van eliminando los contratos con el método *Eliminar()*, si sigue disminuyendo la probabilidad, implica el incumplimiento de los contratos, lo que lleva a la cancelación del *Agente* y esto genera una contracción en la estructura jerárquica de la organización. En la Figura 5 se puede observar cómo un *Principal* especializa al *Agente* mediante los contratos, cuando su evaluación con el riesgo moral establece una probabilidad de riesgo moral superior a 0.85, entonces, la fábrica promueve con el método *Promover()* al agente como un *nuevo Principal*, con ello se extiende la organización jerárquica de la empresa.

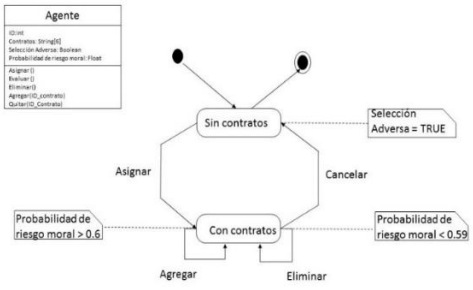


Figura 4. Diagrama de estados de la clase Agente.

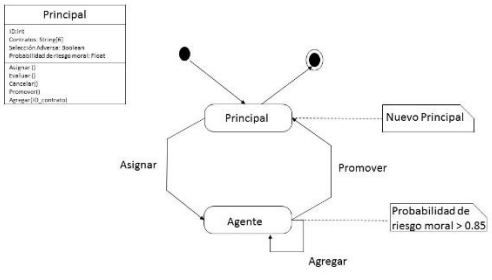


Figura 5. Diagrama de estados de la clase Principal.

 ISSN 2007-8102

Interfaces

El sistema ha sido implementado en Lenguaje Java. El acceso al sistema es mediante la autenticación, cuando el usuario ha sido aceptado, se establece su perfil y el menú de opciones. El Principal puede seleccionar nuevos agentes de los prospectos que existen. En la Figura 6 el Principal elige a un agente de redes cuyo nombre es Álvarez Duran José. Para su evaluación, se calculará la probabilidad del riesgo moral mediante la obtención de la métrica *índices de defecto por individuo (IDI)* de acuerdo al promedio de cumplimiento de sus actividades relacionadas a los contratos asignados. Para ello, el Agente debe registrar el cumplimiento de sus actividades, mediante el formulario que se presenta en la Figura 7. La interfaz se activa cuando alguna de las actividades llega a su tiempo de término. Este formulario contempla los datos de los agentes y la descripción de las actividades del contrato, las cuales deben tener la evidencia de su cumplimento, en caso de no ser así, el formulario también tiene un campo de observaciones, que será validado por el Principal. En la Figura 7 se tienen 2 actividades: implementar una red LAN y dar soporte a la red, si sólo se cumple una, el *IDI* marcará el 0.5 de cumplimiento. En este caso se tiene el campo de observaciones que sólo podrá evaluar el Principal, para establecer si el incumplimiento de la actividad se reprograma o se toma para la evaluación. Cuando se tiene la información completa el sistema calcula la probabilidad de riesgo moral y establece el estado de promoción para el agente o la cancelación de sus contratos. En la Figura 8 se muestra que el agente Álvarez Duran José ha cumplido satisfactoriamente 8 de sus 9 actividades, así su probabilidad de riesgo moral es del 0.88, lo que es mayor a 0.85, de esta forma se hace la promoción del agente de redes como un nuevo Principal.

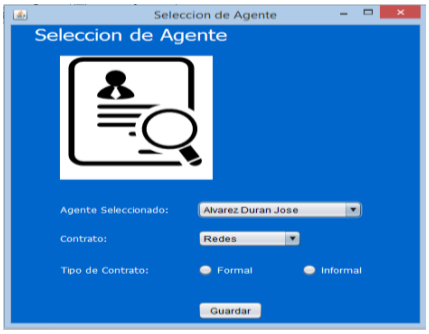


Figura 6. Selección de Agentes.

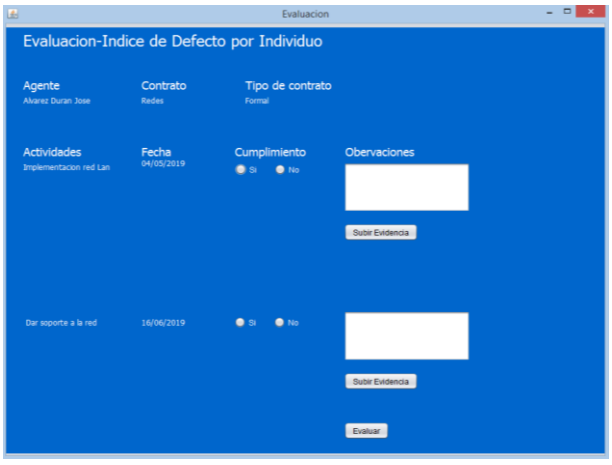


Figura 7. Evaluación de los contratos

 ISSN 2007-8102



Figura 7. Promoción del agente

Trabajo a futuro.

Es importante evaluar los niveles de confiabilidad y eficiencia de la aplicación, mediante una herramienta como CodePro AnalytiX [21] o similar. Es importante visualizar un marco generalizado, para cualquier organización que necesite aplicar la evaluación de su personal mediante la Teoría de la Agencia, en este caso probablemente sea necesario evaluar nuevas métricas de proceso.

Conclusiones.

La Teoría de la Agencia tiene una proyección muy importante en la actualidad, hay un interés global en visualizar diferentes perspectivas para implementarla como mecanismo para la evaluación de la intención de los individuos en las organizaciones. En busca de la optimización de su uso y de su sistematización, se ha simulado su operación y se ha determinado que se requieren garantizar tres variables en los sistemas que la pretendan implementar: utilidad percibida, calidad del sistema y calidad del servicio.

En esta propuesta, se ha planteado que las propiedades de la teoría, pueden satisfacerse mediante la visión abstracta de los sistemas orientados a objetos a través del uso de patrones de diseño, que al mismo tiempo ofrecen calidad en el sistema y en el servicio. En este caso la evaluación de la intención de los individuos opera en un marco de acuerdos compartidos. La métrica *índice de defectos por individuo,* ha sido la base para garantizar la evaluación de la utilidad percibida en el asentamiento de la probabilidad del riesgo moral. De acuerdo a esta evaluación es posible establecer parámetros para contraer o extender la estructura jerárquica. El patrón de diseño *Abstract Factory* otorga la capacidad de generar nuevos Principales, lo que proporciona la posibilidad extender la organización jerárquica de forma dinámica en base de una evaluación sistemática, controlada y objetiva.

El sistema propuesto también es escalable y mantenible, que son propiedades innatas de este tipo de arquitecturas, porque mejoran el uso en la memoria y rendimiento del procesador, esto es debido a que los objetos se van generando de forma dinámica, teniendo como límite los recursos propios del hardware donde se ejecutan.

Agradecimientos

Este trabajo ha sido soportado por el Laboratorio de Evaluación y Calidad de Software del Centro Universitario UAEM Valle de México

Referencias

[1] L. Nash, “The agency of nature or the nature of agency?”, *Environmental History*, Vol 10 (1), pp. 67–69. 2005.
[2] B. Fan, R. Liu, K. Huangsi and Y. Zhu. “Embeddedness in cross-agency collaboration and emergency management capability: Evidence from Shanghai's urban contingency plans”. *Government Information Quarterly*, *Elservier,* Vol. 36(4), no. 101395. 2019.
[3] J. Vanderlinden, J. Baztana et. al, "Meaning in the face of changing climate risks: Connecting agency, sensemaking and narratives of change through transdisciplinary research", *Climate Risk Management*, *ElServier*, Vol 29, no.100224. 2020.
[4] J. P. Vanderlindena, J. Baztana, O. Chouinardb, M. Cordiera, et. al, “Meaning in the face of changing climate risks: Connecting agency, sensemaking and narratives of change through transdisciplinary research”, *Climate Risk Management*, Vol. 29, no. 100224, 2020.
[5] S. Posthumus and V. Solms, “Agency Theory: Can it be Used to Strengthen IT Governance?” ,IFIP International Federation for Information Processing, Vol. 278; Proceedings of the IFIP TC 11 23rd International Information Security Conference; Sushil Jajodia, Pierangela Samarati, Stelvio Cimato; Boston: Springer, 2008, pp 687–691.
[6] M. K. Eisenhardt. “Agency Theory: An Assessment and Review”. *Academy of Management Review*, Vol. 14 (1), pp. 57 – 74, 1989.
[7] B. Eckel, *Pensando en Java*, Segunda edición. Madrid, España: Pearson Education, 2002.
[8] A. Rai, S. S. Lang, and R. B. Welker, “Assessing the validity of IS success models : An empirical test and theoretical Analysis”, *Information System Research*, vol. 13, no. 1,pp. 50–69, 2002.
[9] R. Sabherwal, A. Jeyaraj, and C. Chowa, “Information System Success: Individual and Organizational Determinants,” *Manage. Sci*., vol. 52, no. 12, pp. 1849–1864, Dec. 2006.
[10] G. G. Gable, D. Sedera, and T. Chan, “Enterprise Systems Success: A Measurement Model,” in Proceedings Twenty- Fourth International Conference on Information Systems, 2003, pp. 576–591.
[11] S. Mardiana, J.H. Tjakraatmadja and A. Aprianingsih. “Model for Predicting Intention to Use as Part of Information System Success Model: The Case of an Indonesian Government Agency”.The Third Information Systems International Conference Validating the Conceptual, Procedia Computer Science, 2015, pp. 353 – 360.
[12] W. Reima, D. Sjödina and V. Paridaa,”Mitigating adverse customer behaviour for product-service system provision: An agency theory perspective”. *Industrial Marketing Management*, Vol. 74, pp. 150-161, October 2018.
[13] P. B. Seddon, “A Respecification and Extension of the DeLone and McLean Model of IS Success”, *Information Systems Research* , Vol. 8, pp. 240-253. September 1997.
[14] G. Timbrell, “An Historical Recount of the Queensland Government Financial Management System (QGFMS) – 1983 to 1994”, 1st International Conference on Enterprise Systems and Accounting (ICESAcc’04) Thessaloniki, 2004, pp.3-18.
[15] https://www.smartpls.com/
[16] S. H. Kan, *Metrics and models in software quality engineering*. Pearson Education. 2003.
[17] I. Sommerville, *Ingeniería de Software*, Novena edición, México, Pearson Education, 2011.
[18] K.E. Kendall and J. E. Kendall, *Análisis y Diseño de Sistemas*, Sexta edición, México, Pearson Education, 2005.
[19] R. E. Park, W. B. Goethert et. al. “Goal-Driven Software Measurement —A Guidebook”. *Pittsburgh: Software Engineering Institute Carnegie Mellon University*, 1996.
[20] E. Gamma, R. Henry, R. Johnson & J. Vlissides. *Design Patterns. Elements of Reusable Object-Oriented Software*. New York, Addison-Wesley, 1994.
[21] https://wiki.eclipse.org/images/7/75/CodeProDatasheet.pdf

Comparación de los métodos PCA y LDA para selección de características

J. E. Pat Cetina [1], L.J. Peniche Ruiz [1], M. I. Jiménez Ochoa [1], D. F. Villafaña Gamboa[1], K.A. López Puerto[1] , G. Navarro Rodríguez [1]*
[1]Departamento de Sistemas y Computación, Tecnológico Nacional de México, campus Instituto Tecnológico de Mérida. Av. Tecnológico Km. 4.5 S/N C.P. 97118 Mérida, Yucatán, México.

**larissa.pr@merida.tecnm.mx*

***Área de participación**: Sistemas Computacionales*

Resumen

Este trabajo presenta un análisis comparativo de dos métodos estadísticos para selección de características: Análisis de Componentes Principales (PCA) y Análisis Discriminante Lineal (LDA). Se realiza el análisis comparativo de estos algoritmos de reducción de dimensionalidad con fines académicos para conocer y comparar su desempeño en términos de precisión, con diferentes conjuntos de datos y para su incorporación posterior a un sistema de clasificación basado en aprendizaje automático. Estos métodos estadísticos se implementan en el entorno de desarrollo Spyder y se realizan pruebas con siete conjuntos de datos públicos para visualizar resultados de ambos métodos. Los resultados permiten contrastar los valores obtenidos en ambos métodos de selección de variables resaltando similitudes y diferencias en términos de precisión pero sin llegar a declinarse por alguno de ellos.

***Palabras clave**: PCA, LDA, selección de características*

Abstract

A comparative study is presented for two statistical feature selection methods: Linear Discriminant Analysis (LDA) and Principal Components Analysis (PCA). The aim of this academic work is to determine and compare their performance precision with different data sets to later incorporate these methods into a machine learning classification system. These statistical techniques are developed on Spyder IDE and tested on seven public datasets to observe the results of both methods. Conclusions drive to contrasting both methods precision performance and highlighting their similarities and differences without a clear preference of one over the other.

***Key words**: PCA, LDA, feature selection*

1. Introducción

Los seres humanos son capaces de clasificar casi sin darse cuenta, aún sin ponerle nombre a los grupos de objetos o situaciones diarias que se identifican de forma natural. Clasificar sirve para organizar y ordenar los eventos históricos y cotidianos. Esta capacidad permite a los seres humanos resolver problemas desde los más sencillos de la vida diaria, como el reconocer una persona, hasta los más complejos como identificar tumores en una imagen médica. Según Koller y Sahami [1] se entiende como clasificador aquel sistema capaz de asignar objetos nuevos a una clase o grupo que pertenezca a un conjunto finito definido con anterioridad, según se observen rasgos particulares denominados atributos o características usados para definir los objetos en cuestión [2] [3]. El trabajo presentado utiliza distintos conjuntos de datos para comparar dos métodos de selección de variables, PCA y LDA, y así observar qué tan parecidos resultan en el desempeño obtenido en cada caso Este artículo está organizado de la siguiente manera. En la sección 2 se presentan algunos conceptos

relacionados a los métodos LDA y PCA. En la sección 3 se muestra el estado del arte de algunos trabajos que han realizado comparaciones en los métodos de selección de variables. En la sección 4 se describe la metodología implementada en este trabajo. Los resultados y el análisis comparativo se detallan en la sección 5. Finalmente se presenta el trabajo a futuro y conclusiones.

2. Marco conceptual

En esta sección se mencionan algunos fundamentos teóricos relacionados al tema, sin llegar a profundizar en ellos por cuestiones de espacio.

2.1 Reconocimiento de Patrones

Esta zona del conocimiento que trata del desarrollo de teorías, métodos y artefactos computacionales relacionados con objetos físicos y/o abstractos, con el fin de extraer la información que permita establecer características de o entre conjuntos de dichos objetos sobre los cuales se realiza un agrupamiento para identificar sus clases se conoce como Reconocimiento de Patrones (RP de aquí en adelante) [4]. Dicho de otro modo, el RP es un área de la Inteligencia Artificial, que se define como el estudio de los métodos y las técnicas para la distinción de objetos, a partir de sus características más sobresalientes, empleando algoritmos computacionales fundamentados en modelos matemáticos, emulando a escala habilidades innatas de los seres vivos como, por ejemplo, la visión. En particular, se entiende por patrón aquel objeto inspeccionado en el proceso del reconocimiento; un patrón es la descripción de aquello a lo cual se desea reconocer. Los objetos se describen como un n-uplo de características de cualquier naturaleza de acuerdo a la disciplina a la que se asocie tal objeto. Cuando el RP se orienta a la determinación de la clase a la que pertenece un patrón, se le denomina clasificación [5]. El RP se encuentra presente en disciplinas como Medicina, Geociencias o Psicología, ya que sirve para resolver problemas de índoles diversas. Como ejemplos de objetos se pueden mencionar las imágenes del subsuelo (físicos) y la descripción sintomatológica de un paciente (abstracto).

2.2 Selección de características

Puede parecer que un objeto descrito mediante un n-uplo de características quedará aún mejor definido si se añaden características. Esto suele ser una falacia cuyos resultados afectan adversamente el rendimiento del modelo de clasificación que se aplique a tal conjunto de objetos. Al aumentar las características que describen los objetos de la muestra (aumentar dimensionalidad) y mantener el mismo número de objetos (densidad) entonces el espacio se vuelve más disperso. Esto se conoce como la “maldición de la dimensionalidad” [6]. La falta de muestras que llenen tantos espacios vacíos en el espacio multidimensional hace más fácil hallar una solución para un modelo de aprendizaje automático, lo que seguramente conduce a un sobreajuste. El sobreajuste ocurre cuando el modelo se corresponde demasiado con un conjunto particular de datos (el inicial con el que fue entrenado) y no generaliza bien, es decir, con los datos nuevos no se puede confiar que funcione correctamente. Es en este caso cuando las técnicas de reducción de variables coadyuvan a mejorar los resultados.

Las técnicas de reducción de dimensionalidad se dividen en dos clases: Eliminación de características y extracción de variables. El primer caso se aplica cuando se detectan variables redundantes, variables que induzcan error, sean ruidosas o aquéllas que no proporcionan ninguna información, es decir, que son irrelevantes para resolver el problema. En el segundo caso se trata de generar nuevas variables a partir de las originales combinadas. En ambos casos, la selección de características mejora el rendimiento computacional debido al ahorro de coste y tiempo. A la vez, reduce la complejidad, y así puede facilitar la comprensión del proceso que generó los datos, del modelo y sus resultados [6].

El objetivo de todo problema de selección de variables es encontrar un subconjunto de ellas que mejor expliquen la clase a la que pertenece cada patrón. Un algoritmo de selección de variables

forma parte del proceso de clasificación, donde a la selección de variables le sigue la aplicación de un clasificador estándar sobre el subconjunto escogido [7].

Los métodos de selección de variables basados en estadísticas implican evaluar la relación entre cada variable de entrada y la variable objetivo utilizando estadísticas y seleccionando aquellas variables de entrada que tienen la relación más fuerte con la variable objetivo. Estos métodos pueden ser rápidos y efectivos, aunque la elección de medidas estadísticas depende del tipo de datos de las variables de entrada y salida [1]. A continuación se mencionan los algoritmos evaluados.

2.3 Análisis Discriminante Lineal (LDA)

Teniendo un número de variables independientes en un conjunto de datos, el algoritmo LDA (por sus siglas en inglés, Linear Discriminant Analysis) extrae nuevas variables independientes cuyo número sea menor o igual a la cantidad original de variables. Las nuevas variables independientes son las que más contribuyen a la separación de clases de la variable dependiente. En el LDA, se busca encontrar una función que ayude a separar regiones o que ayude a la discriminación entre las diferentes clases encontrando las características que las diferencian; a esa función se le conoce como función discriminante. El algoritmo LDA requiere conocer previamente cuántas y cuáles son las clases a las que perteneces los objetos descritos en el conjunto de datos. La interpretación de las diferencias entre las clases consiste en determinar en qué medida las características de un conjunto de datos permiten extraer dimensiones que diferencian a las clases entre sí, asegurando dispersión máxima entre clases y reduciendo al mínimo posible la dispersión interna de cada objeto dentro de cada clase [8].

2.4 Análisis de Componentes Principales (PCA)

El análisis de componentes principales (por sus siglas en inglés Principal Components Analysis) es una técnica estadística útil para la reducción de datos. Ayuda a reducir el número de variables en un análisis al describir una serie de combinaciones lineales no correlacionadas de las variables que contienen la mayor parte de la varianza. Además de la reducción de datos, los eigenvectores de un PCA a menudo se inspeccionan para conocer más sobre la estructura subyacente de los datos. El primer componente principal tiene una varianza general máxima, el segundo componente principal tiene una varianza máxima entre todas las combinaciones lineales que no están correlacionadas con el primer componente principal; mientras que el último componente principal tiene la varianza más pequeña entre todas las combinaciones lineales de las variables. Esto hace del PCA una transformación lineal de los datos. Según el conjunto de muestras de entrenamiento, cuando se intenta clasificar un patrón nuevo, éste se proyecta sobre la línea del componente principal resultante y su clasificación se determina en función de la posición del punto proyectado [9] [10].

3. Estado del arte

Aunque el uso de algoritmos para selección de variables es necesario en múltiples tareas, existen opciones variadas y es complicado elegir uno entre los métodos disponibles. Además, los estudios comparativos publicados reportan resultados muy diversos tomando en consideración que los métodos pueden tener diversas implementaciones por lo que elegir un método es aún una tarea que requiere consideraciones que pueden ser complicadas por decir lo menos. Entre tales consideraciones, K .Delac, M. Grgic and S. Grgic en el estudio comparativo independiente de PCA, ICA (Independent Components Analysis) y LDA [11] sugieren que aquello que se ha publicado es contradictorio en el sentido de que diferentes autores afirman que ICA es mejor que PCA [12], mientras otros como Baek *et al*. [9] afirman lo contrario y otros más no encuentran diferencias significativas entre los métodos. En Anaya-Isaza *et al* [13] se presenta un estudio comparativo entre los métodos PCA y LDA, donde utilizan dos bases de datos, del repositorio científico UC Irvine Machine Learning Repository, para dar tratamiento a los atributos de ambos conjuntos de datos para su reducción y confirman visualmente la calidad de los resultados obtenidos con base en gráficas de resultados; concluye que LDA es efectivo separando entre clase y clase, similar a las conclusiones de [14] pero resalta que PCA se desempeña mejor en lo relativo a la compresión de datos. Un aspecto a mencionar es evaluado por Martínez en [15], se refiere al tamaño del conjunto de datos

en donde reporta que cuando el número de registros es pequeño, PCA puede tener mejor desempeño que LDA.
Otros métodos incluyen la selección de variables basada en medidas de correlación como en [16] donde se integra una medida de correlación al algoritmo de clustering para obtener un buen subconjunto de características; y en [17] se usa la correlación en una función heurística que evalúa y determina aquellos atributos más relevantes en relación a una clase que tengan poca o nula correlación con características previamente seleccionadas. Aunque el algoritmo de Testores Típicos puede consumir mucho tiempo cuando se trabaja con espacios de alta dimensionalidad [18] se han propuesto mejoras en [19] con resultados interesantes en aplicaciones del ámbito académico [20] y en el de la salud [21], en combinación con los algoritmos genéticos.

4. Metodología

Este trabajo se enfoca en la implementación, pruebas y análisis de dos algoritmos de selección de variables LDA y PCA, descritos brevemente en la sección previa, con objeto de conocer y comparar su desempeño en términos de su precisión. Se inicia el trabajo con los conjuntos de datos, luego se implementan los algoritmos, se realizan varias pruebas y se recopilan los resultados. Se analizan y comparan los resultados. El análisis de ellos permitirá definir parámetros adecuados de aplicación en una etapa posterior al presente trabajo.

4.1 Conjuntos de datos

Se utilizan siete conjuntos de datos [22] [23][24] [25] [26] [27] [28] de libre acceso que se encuentran descritos en la Tabla 1.

Tabla 1. Descripción de los conjuntos de datos utilizados

Conjunto de datos	Núm. original de variables	Núm. de Registros
Sobar-72	20	72
Cryotherapy	7	90
Iris	5	150
Divorce	55	170
Wine	14	178
Diabetes	9	768
NBA	23	126314

De acuerdo con el tipo de datos de cada conjunto de datos se realizaron preprocesamientos para asegurar la integridad de los datos. Los conjuntos de datos Sobar-72, Cryotherapy, Divorce, Wine y Diabetes se utilizan completamente en su estado original. En el conjunto de datos NBA se eliminan 6 variables que no aportaban información relevante para clasificación y se “limpia” otra variable de espacios en blanco ocultos que pudieran causar error en los algoritmos. En los conjuntos de datos NBA e Iris se realiza una conversión de las variables objetivo para hacer equivalentes numéricos adecuados a los algoritmos; esto se muestra en la Tabla 2.

Tabla 2. Equivalencias numéricas de variables objetivo

Conjunto de datos	Variable objetivo	Valores de variables objetivo	Equivalentes numéricos
Iris	species	Setosa	1
		Versicolor	2
		Virginica	3
NBA	forecast	[0.020446837, 0.34)	1 = poco probable
		[0.34, 0.67)	2 = medianamente probable
		[0.67, 0.959316]	3 = altamente probable

4.2 Implementación

El software se desarrolla en Spyder (Scientific Python Development Environment), que es un entorno de desarrollo interactivo, multiplataforma y de código abierto para el lenguaje Python. Se hace uso de las bibliotecas NumPy para manejo de matrices, pandas para manipular estructuras de datos en filas de observaciones y columnas de variables y matplotlib para visualizaciones estáticas y animadas interactivas, entre otras. Para cada uno de los siete conjuntos de datos, se procede de la siguiente manera. Al cargar cada archivo de datos, se indican cuántas variables de entrada son independientes y cuál es la variable dependiente. También se indica el número total de registros divididos en dos conjuntos: un conjunto de datos de entrenamiento tomando el 80% de ellos seleccionados de forma aleatoria y un conjunto de datos de prueba con el 20% restante. Cabe mencionar que los datos se estandarizan para asegurar una mejor distribución.

La ejecución de PCA y LDA, requiere especificar el número de la nueva dimensionalidad dado por el número mínimo entre el número de variables independientes y el número de clases menos uno; el proceso resulta en la generación del número reducido de nuevas variables calculadas para cada registro de cada conjunto de datos. Es importante resaltar que el clasificador no utilizará más las variables originales de entrada sino solamente las nuevas variables generadas que representan a las originales en cada conjunto de datos. En cuanto se obtiene esta reducción de variables, se procede a aplicar un modelo de regresión lineal para clasificar los datos de acuerdo a las nuevas variables independientes. Para verificar la precisión se genera una matriz de confusión que muestra cuántos datos de prueba fueron clasificados correctamente y cuántos no. Finalmente se calcula el porcentaje de los datos clasificados correctamente mediante una función de precisión [29] [30].

5. Resultados y discusión

Se realizan pruebas en función de los dos métodos de selección de variables y de los siete conjuntos de datos, en orden creciente de número de registros. Se busca comparar la precisión de cada modelo obtenido, para cada método, en los conjuntos de datos antes mencionados. La recopilación de resultados se resume en la Tabla 3.

Tabla 3. Resultados de cada método por conjunto de datos

Conjunto de Datos	Variables independientes de entrada	Núm. Registros	PCA		LDA	
			% precisión	Núm. Variables nuevas	% precisión	Núm. Variables nuevas
Sobar-72	19	72	100.00	2	73.33	1
Cryotherapy	6	90	94.44	2	94.44	1
Iris	4	150	86.66	2	100.00	2
Divorce	54	170	94.11	2	94.11	1
Wine	13	178	97.20	2	100.00	2
Diabetes	8	768	75.98	2	81.81	1
NBA	14	126314	97.53	2	99.75	2

Con base en los resultados obtenidos se pueden observan las siguientes similitudes y diferencias.

- Es posible que ambos métodos alcancen la misma precisión con 2 variables en PCA que con 1 sola variable en LDA, como en el caso de Cryotherapy y Divorce.
- Para el conjunto Divorce (170 registros) ambos algoritmos alcanzan precisión de 94.11%, pero LDA lo logra con solamente una variable resultante, es decir con la máxima compresión.

 ISSN 2007-8102

- El mejor resultado en precisión y reducción de variables lo obtiene LDA en el conjunto Cryotherapy (90 registros) mientras que el PCA alcanza su mejor desempeño en Sobar-72 (72 registros).
- PCA tiene porcentajes de precisión por encima del 86% en seis de los siete conjuntos de datos, particularmente en el más pequeño Sobar-72 en el que alcanza 100% de precisión.
- En el más pequeño conjunto de datos Sobar-72 con 72 registros, LDA obtiene una precisión de apenas el 73.33% con una sola variable, lo cual es notablemente menor que PCA, que alcanza el 100% pero con 2 variables resultantes. Esto llama la atención y al revisar el conjunto de datos se hace evidente una escasez de registros correspondientes a una clase, es decir, solamente el 30.5% del total de registros corresponde a una clase y el restante 69.5% es de la otra clase lo que dificulta la precisión al clasificarlos.
- NBA tiene ampliamente más registros que cualquier otro conjunto de datos en el estudio y ambos métodos alcanzan alta precisión.
- Aunque ambos algoritmos PCA y LDA alcanzaren la misma reducción de características a 2 variables, sus rendimientos respectivos en ciertos conjunto de datos no siempre se pueden equiparar, ya que pueden ser ampliamente diferentes, como el 86.66% comparado a 100.00% de precisión en el conjunto Iris con150 registros y 4 variables, o con una pequeña diferencia del 97.20% a 100.00% como en el conjunto de datos Wine con 178 registros y 13 variables.

Estas consideraciones sobre la precisión de ambos métodos se aprecian mejor en la Figura 1.

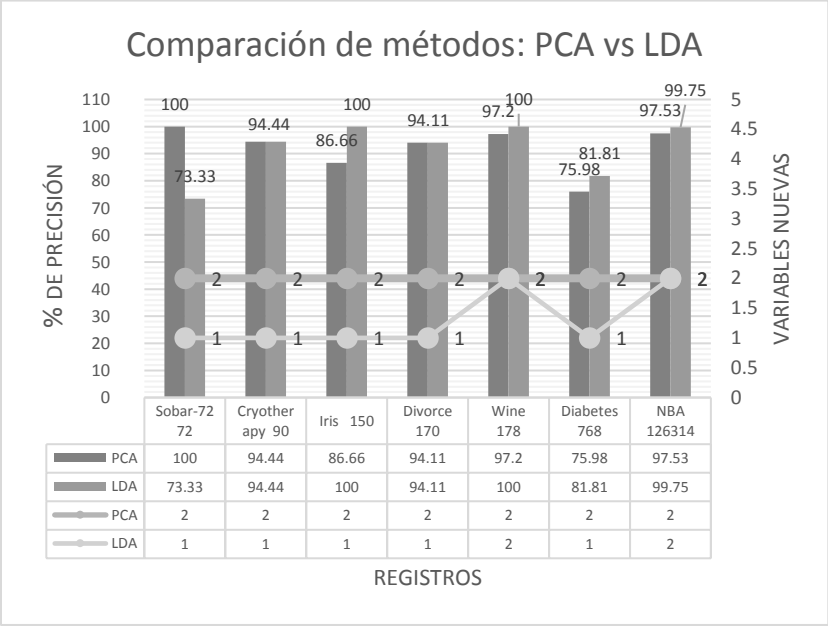


Figura 1. Gráfica comparativa de precisión de PCA vs. LDA.

En este gráfico comparativo se observa que las nuevas variables generadas por el algoritmo LDA en cada conjunto de datos resultan ser igualmente precisas o mejores que PCA (excepto un caso).

6. Trabajo a futuro

Los resultados de este estudio pretenden ser una herramienta para la primera fase de un sistema de aplicación basado en aprendizaje automático. Se requiere incluir evaluaciones de otros parámetros de desempeño y de precisión de datos, como tiempos de ejecución para conjuntos de datos de mayor tamaño y dimensionalidad. El software desarrollado permite la ejecución con el ajuste de parámetros

manual, por lo que la siguiente fase incluye el desarrollo de una interfaz que facilite las pruebas con diferentes parámetros y diferentes conjuntos de datos. Por otro lado, se han identificado problemas de la región relacionados con apicultura. Algunas aplicaciones posibles serían la extracción de información por medio del PDI; el análisis y reducción de variables en conjuntos de datos de apicultores locales; la aplicación de modelos de aprendizaje de máquina para identificación de plagas y otros problemas en colmenas y el uso de técnicas de Internet de las cosas para monitoreo.

7. Conclusiones

En la sección de resultados se exponen los valores obtenidos en ambos métodos y se contrastan las características resultantes, resaltando las similitudes y diferencias de cada método tal como se mencionó en la primera sección. Se llega a las siguientes conclusiones.

Con base en los conjuntos de datos que se utilizaron para el análisis comparativo, las nuevas variables generadas por el algoritmo LDA obtienen igual o mejor en precisión que las generadas por PCA, excepto para el conjunto de datos Sobar-72.

Esta única discrepancia, cuando los resultados parecen ser consistentes para cada método pero existe un conjunto de datos que rompe el esquema, es el tipo de evento que impulsa a explorar las causas de estas diferencias. Se recomienda profundizar en aspectos descriptivos de los conjuntos de datos que expliquen la variedad de resultados.

Cada conjunto de datos tiene particularidades inherentes al tipo de información a la que se refieren y ello genera la necesidad de prestar atención con cuidado a detalles como, por ejemplo, la distribución de los datos entre las clases o si la cantidad de registros influye o no en la selección de las variables y, eventualmente, en la precisión de los algoritmos.

Los métodos PCA y LDA son algoritmos ideales para reducir dimensionalidad en conjuntos de datos para posteriores procesos de aprendizaje automático, sin embargo, de acuerdo a los resultados obtenidos sobresalen más las diferencias que las similitudes.

8. Agradecimientos

Se agradece al Tecnológico Nacional de México, campus Instituto Tecnológico de Mérida por las facilidades otorgadas para el desarrollo de este trabajo.

9. Referencias

[1] D. Koller, M.Sahami, “Toward Optimal Feature Selection”, Stanford InfoLab, 2008.

[2] G.H. Dunteman, “Principal Components Analysis”, Sage Publications Inc Series: *Quantitative Applications in the social sciences*, Vol. 69, ISBN 0-8039-3104-2, 1989.

[3] Gimenez, Yanina, “Selección de variables para datos multivariados y datos funcionales”, Tesis Doctoral, Universidad de Buenos Aires. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, 2015.

[4] J. Ruiz Shulcloper, “Acerca del surgimiento del Reconocimiento de Patrones en Cuba”, *Revista Cubana de Ciencias Informáticas*, vol.7, no.2, p.169-19, 2013.

[5] S. Tostado, M. Ornelas, A. Espinal, H. Puga, “Implementación de Algoritmos de inteligencia artificial para el entrenamiento de redes neuronales de segunda generación", *Jóvenes en la ciencia,* vol.11 no. 3, p. 6-10, 2015.

[6] E. M. Toro, L. P. Pérez Hernández and M. E. Bernal, “Reducción de la dimensionalidad con componentes principales y técnica de búsqueda de la proyección aplicada a la clasificación de nuevos datos”, *Tecnura*, vol.11, no. 21, 29-40, 2007, [En línea] Disponible en: https://doi.org/10.14483/22487638.6264

[7] I. Rodríguez, “Selección de variables mediante programación cuadrática”, Trabajo de Fin de Master, Universidad Autónoma de Madrid, Escuela Politécnica Superior, 2009.

[8] T. Li, S. Zhu, M. Ogihara, “Using discriminant analysis for multi-class classification: an experimental investigation,” *Springer Link* vol. 10, no. 4, p. 453-472, 2006.

[9] K. Baek, B. Draper, J.R. Beveridge, K. She, "PCA vs. ICA: A Comparison on the FERET Data Set", *Proceedings of the Fourth International Conference on Computer Vision, Pattern Recognition and Image Processing*, pp. 824-827, 2002.

[10] L.I. Smith, " A tutorial on principal components analysis", University of Otago, Nueva Zelanda, Reporte técnico, OUCS-2002-12, 2002. [En línea] Disponible en: https://ourarchive.otago.ac.nz/handle/10523/7534
[11] K .Delac, M. Grgic and S. Grgic, "Independent comparative study of PCA, ICA, and LDA on the FERET data set", *International Journal of Imaging Systems and Technology*, vol.15 no. 5, p. 99-106, 2005.
[12] Liu, H. Wechsler, "Comparative Assessment of Independent Component Analysis (ICA) for Face Recognition", *Second International Conference on Audio- and Video-based Biometric Person Authentication*, p. 1, March, 1999, [En línea] Disponible en: doi=10.1.1.116.4428
[13] A. J. Anaya-Isaza, *et al*., "Estudio comparativo de métodos espectrales para reducción de la dimensionalidad: LDA versus PCA", *INCISCOS 2016*, 2017.
[14] S. Sadahiyanfam, M. Kuntalp "Comparing the performances of PCA (Principal Component Analysis) and LDA (Linear Discriminant Analysis) Transformations on PAF (Paroxysmal Atrial Fibrillation) Patient Detection", *ACM Digital Library*, p.1-5, 2018. [En línea]. Disponible en: https://doi.org/10.1145/3288200.3288201.
[15] A. M. Martinez and A. C. Kak, "PCA versus LDA," in IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, vol. 23, no. 2, pp. 228-233, Feb. 2001, [En línea]. Disponible en: doi: 10.1109/34.908974
[16] C. Smita, J. Sudarson "Correlation based feature selection with clustering for high dimensional data", *Journal of Electrical Systems and Information Technology*, vol. 5, no 3, pp. 542-549, Dic. 2018. [En línea]. Disponible en: https://doi.org/10.1016/j.jesit.2017.06.004
[17] M.A. Hall "Correlation-based feature selection for machine learning", The University of Waikato, 1998. [En línea]. Disponible en https://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/summary?doi=10.1.1.149.3848
[18] G. Sanchez-Díaz, Lazo-Cortés M., "CT-EXT: An Algorithm for Computing Typical Testor Set", *Progress in Pattern Recognition, Image Analysis and Applications. CIARP 2007. Lecture Notes in Computer Science*, vol. 4756, pp. 506-514, 2007. Springer, Berlin, Heidelberg. [En línea]. Disponible en:https://doi.org/10.1007/978-3-540-76725-1_53
[19] S. Alganza, A. Porrata, "Lex: Un nuevo algoritmo para el cálculo de los testores tipicos." *Ciencias Matemáticas*, vol. 21, no. 1, 2003. Gale OneFile, República de Cuba, Informe Académico, [En línea]. Disponible en: https://go.gale.com/ps/anonymous?id=GALE%
[20] S. J. Morales Escobar, S. S. Roblero Aguilar, M. E. Guevara Cruz y H. R. Orozco Aguirre, "Uso de testores típicos para determinar el impacto de los contenidos de las asignaturas en la formación profesional," *Revista de la Facultad de Matemática y Computación de la Universidad de la Habana*. Cuba, vol. 38, no. 3, pp. 299-304, 2017. [En línea]. Disponible en http://www.invoperacional.uh.cu/index.php/InvOp/article/view/554/0
[21] M. D. Torres, A. Torres., & E. Ponce de León, "Algoritmo Genético y Testores Típicos en el Problema de Selección de Subconjuntos de Características", *Sistemas, Cibernética e Informática*, vol. 3, no. 2, pp. 1-5, 2006, México.
[22] Sobar, R. Machmud and A. Wijaya, 17 april 2019, "Cervical Cancer Behavior Risk Data set", UCI Machine Learning Repository. [Último acceso: 5 Agosto 2020].
[23] F. Khozeimeh, P. Layegh, R. Alizadehsani, and M. Roshanzamir, 4 January 2018, "Cryotherapy Data set", UCI Machine Learning Repository. . [Último acceso: 5 Agosto 2020].
[24] R.A. Fisher, 1 Julio 1988, "Iris Data set", UCI Machine Learning Repository. [Último acceso: 5 Agosto 2020].
[25] M. K. Yontem, N.H. Bektas, 24 Julio. 2019 , "Divorce Predictors Data set", UCI Machine Learning Repository. [Último acceso: 5 Agosto 2020].
[26] M. Forina, *et al*, 1 jul. 1991, "Wine Data Set", UCI Machine Learning Repository.
[27] M. Kahn, "Diabetes Data set", date N/A, UCI Machine Learning Repository. [Último acceso: 5 Agosto 2020].
[28] Datahub, 2018, "NBA Elo", Datahub. [Último acceso: 5 Agosto 2020].
[29] W. McKinney, "Python for data analysis: Data wrangling with Pandas, NumPy, and IPython" O'Reilly Media, Inc., 2012.
[30] Pedregosa *et al.*, "Scikit-learn: Machine Learning in Python", *Journal of Machine Learning Research* 12, pp. 2825-2830, 2011.

 ISSN 2007-8102

DESARROLLO DE UNA APLICACIÓN MÓVIL PARA LA OPERACIÓN Y MONITOREO DE UN PROTOTIPO DE CONTROL DE RIEGO

Víctor César Olguín Zárate[1], Omar Gómez Carrasco[2], Edaly Castañeda Méndez[1], Cristian Alonso Palma Sifuentes[1], Edmundo Blanco Peña[2]*
[1]División de Ingeniería en Sistemas Computacionales, Instituto Tecnológico Superior de la Sierra Negra de Ajalpan, Av. Rafael Ávila Camacho Oriente#3509 Barrio La Fátima, Ajalpan, Puebla.
[2]División de Ingeniería en Administración, Instituto Tecnológico Superior de la Sierra Negra de Ajalpan, Av. Rafael Ávila Camacho Oriente#3509 Barrio La Fátima, Ajalpan, Puebla.
**division_sistemas@ajalpan.tecnm.mx*

***Área de participación**: Sistemas Computacionales*

Resumen

La revolución tecnológica actual ha permitido que se puedan desarrollar soluciones a problemas de sociales, además de ofrecer una amplia gama de dispositivos y lenguajes de programación, los cuales pueden integrarse y trabajar en modo cooperativo.
El proyecto que se describe en este artículo está enfocado a la automatización del riego de un campo de cultivo, el cual podrá ser operado y monitoreado a través de una aplicación móvil. El enfoque es la agricultura debido a que es uno de los sectores más tradicionales y también ha percibido cómo los avances tecnológicos pueden aportar importantes beneficios. El empleo de técnicas basadas en el análisis de datos, el uso de drones y el comienzo de la era de la sensorización están brindando resultados. La innovación y la sostenibilidad serán un punto clave para lograr alimentar a los 8600 millones de habitantes en el mundo para el año 2030.

***Palabras clave**: Arduino, Yún, Android, Automatización*

Abstract

The current technological revolution has allowed solutions to social problems to be developed, in addition to offering a wide range of devices and programming languages, which can be integrated and work cooperatively.
The project described in this article is focused on automating the irrigation of a crop field, which can be operated and monitored through a mobile application. The focus is agriculture because it is one of the more traditional sectors and has also seen how technological advances can bring important benefits. The use of techniques based on data analysis, the use of drones and the beginning of the era of sensorization are providing results. Innovation and sustainability will be a key point to feed the 8,600 million of people in the world by 2030.

***Key words**: Arduino, Yún, Android, Automation*

Introducción

Cultivar los campos para hacer crecer una cosecha y alimentarse de ella es un hecho que modificó la historia de la Humanidad en un momento dado. Pero hoy, unos cuantos miles de años después, el futuro de la agricultura en México está en entredicho en diversas zonas, en las que se mezclan escasez de mano de obra y una edad media avanzada entre agricultores. Pero el mercado en sí sigue necesitando y demandando productos agrícolas. Es necesario enfocar esfuerzos utilizando la Tecnología. “La tecnología es la ciencia aplicada a la resolución de problemas concretos. Constituye un conjunto de conocimientos científicamente ordenados, que permiten diseñar y crear bienes o servicios que facilitan la adaptación al medio ambiente y la satisfacción de las necesidades esenciales y los deseos de la humanidad” (Tecnología,s.f.).

El proyecto que se describe en el presente artículo surge a través de la inquietud de un grupo de campesinos de la ciudad de Ajalpan, Puebla quienes manifestaron la intención de poder automatizar sus campos de cultivo. Esto debido a la racionalización del agua a través de un sistema denominado de tandeo. Este sistema de tandeo consiste en asignarles horarios a los agricultores para la distribución del agua en sus cultivos, esta situación presenta una serie de inconvenientes desfavorables ya que en ocasiones las programaciones del agua suelen realizarse a altas horas de la noche. Durante las entrevistas con agricultores tenían una idea muy clara de lo que querían, activar el flujo de agua a sus campos desde sus hogares.

A partir de la problemática planteada y el bosquejo propuesto para este proyecto, donde el principal enfoque es automatizar los sistemas de riego, monitorearlos y controlarlos de manera remota, se tomaron en cuenta 3 aspectos fundamentales: La Comunicación, Software para el control de los dispositivos y los tipos de sensores. Por lo cual se desarrolló como primera fase el prototipo de un dispositivo que pertenece al campo técnico de la Ingeniería. Particularmente al campo técnico de automatización y hace referencia a un dispositivo que controla la activación del flujo de manera remota ya, mide el caudal y proporciona datos de Temperatura y humedad, todo esto controlado a través de una aplicación móvil, en el enfoque del IOT y la Industria 4.0. En este artículo se darán detalles específicos de cómo se logró la comunicación de una aplicación Android Studio y el prototipo para el Dispositivo de Riego.

Metodología

Tipo de Investigación

Debido a que el proyecto que se describe en este artículo busca la obtención de un nuevo conocimiento técnico con aplicación inmediata a un problema determinado. El tipo de Investigación que se realizo fue la Investigación Aplicada.

Para Murillo (2018), la investigación aplicada recibe el nombre de “investigación práctica o empírica”, que se caracteriza porque busca la aplicación o utilización de los conocimientos adquiridos, a la vez que se adquieren otros, después de implementar y sistematizar la práctica basada en investigación. El uso del conocimiento y los resultados de investigación que da como resultado una forma rigurosa, organizada y sistemática de conocer la realidad.

Diseño de la Investigación

El término diseño se refiere al plan o estrategia concebida para obtener la información que se desea con el fin de responder al planteamiento del problema (Wentz, 2014; McLaren, 2014; Cresswell; 2013, Hernández Sampieri et al., 2013 y Kalaian, 2008).

Por esto muchos autores, al referirse al sentido específico, usan la expresión “diseño metodológico”, en cambio de diseño de la investigación (en su sentido específico), lo que parece igualmente acertado; pues las estrategias, procedimientos y pasos que se dan para recolectar los datos y abordar su análisis, constituyen en verdad su metodología.

 ISSN 2007-8102

A continuación, se presenta el Diseño Metodológico para el desarrollo del Dispositivo sobre el cual se generó la aplicación móvil para su operación y monitoreo.

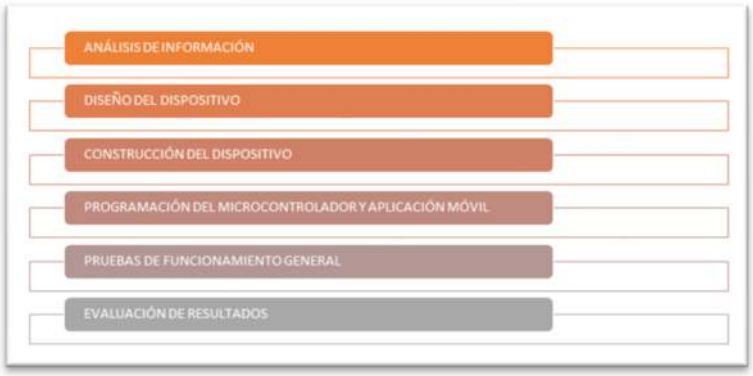


Figura 1.-Diseño de la Investigación

Este artículo se centra únicamente en la forma en que se desarrolló la aplicación móvil para la comunicación con el dispositivo, la cual está incluida en la fase número 4 del diseño de la Investigación.

Materiales Utilizados

Arduino Yún



Figura 2.-Microcontrolador Arduino YUN

Arduino es una plataforma de hardware libre, basada en una placa con un microcontrolador y un entorno de desarrollo (software), diseñada para facilitar el uso de la electrónica en proyectos multidisciplinares. Arduino es una plataforma abierta que facilita la programación de un microcontrolador. La plataforma que controla el dispositivo de riego y sobre la cual se realizará la conexión mediante la aplicación móvil es a través de un Arduino YUN (Figura 2), este microprocesador permite la conexión vía WiFi y también por puerto Ethernet.

Conectividad:

Arduino Yún dispone de dos conexiones de red. Una red ethernet 10/100 mbps y otra Wifi (IEEE 802.11 b/g/n, 2.4GHz) que puede montarse como cliente o como punto de acceso. Una de las ventajas más interesantes, es que la placa puede ser programada directamente por Wifi a través del módulo Linux.

Este Microprocesador fue embebido en el Dispositivo de Riego para poder controlar los sensores y actuadores integrados al mismo, como se muestra en la Figura 3.

 ISSN 2007-8102

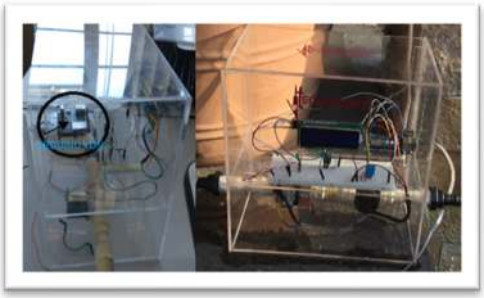


Figura 3.-Vistas del Prototipo de Dispositivo para la automatización del Riego.

El dispositivo se compone de una carcasa principal, en el exterior se disponen de conectores para manguera de ½ pulgada que permiten la conexión intermedia a una toma de agua, una pantalla led 16x2 cuya principal función es enviar mensajes sobre el funcionamiento del dispositivo y en el interior de la carcasa principal se dispone de una electroválvula.

EDI-Arduino (Entorno de Desarrollo Integrado)

Para poder programar el microprocesador Arduino Yún se utilizó el entorno de Desarrollo Integrado disponible en la página https://www.arduino.cc/. El entorno de desarrollo integrado también llamado IDE (sigla en inglés de Integrated Development Environment), es un programa informático compuesto por un conjunto de herramientas de programación. Puede dedicarse en exclusiva a un solo lenguaje de programación o bien puede utilizarse para varios lenguajes.

El IDE de Arduino(ver Figura 4) va a ser la herramienta de trabajo que permitirá codificar el programa que esperará la conexión mediante la aplicación móvil.

Android Studio

Android Studio es el entorno de desarrollo integrado oficial para la plataforma Android. Fue anunciado el 16 de mayo de 2013 en la conferencia Google I/O, y reemplazó a Eclipse como el IDE oficial para el desarrollo de aplicaciones para Android. Para la aplicación Móvil descrita se utilizó Android Studio tanto para el Diseño de la interfaz y su programación.

Desarrollo de la aplicación

La aplicación móvil que se desarrolló tuvo como objetivo operar de manera remota un dispositivo que controla y mide el flujo de agua. Este dispositivo estará ubicado en el campo y su función será controlar el riego del cultivo. En la siguiente figura se muestra el esquema de trabajo de la aplicación móvil (Figura 4).

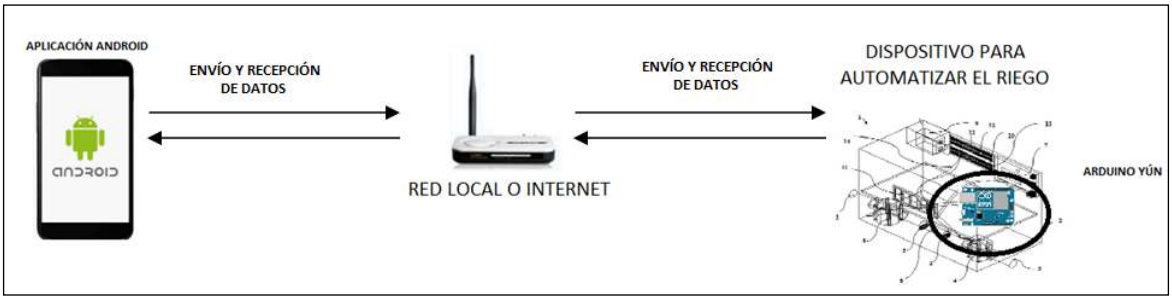


Figura 4.-Esquema de funcionamiento de la aplicación Móvil

El envío y recepción de datos entre el dispositivo y la aplicación móvil es a través de WiFi, para tener un mayor rango de alcance. Este tipo de conexión puede operar en una red local o sobre Internet; en esta última modalidad el dispositivo puede ser operado desde cualquier ubicación donde haya

 ISSN 2007-8102

acceso a internet, lo que le permitiría a los usuarios saber que está pasando en el campo de cultivo con la información proporcionada en la aplicación móvil.

Codificación de la Aplicación

La aplicación fue denominada ATZINTLI y es una palabra en NÁHUATL que significa Agua, Agüita o gotita. Solo como dato curioso: Se definió que fuera un nombre en Náhuatl puesto que es una lengua materna de la región donde está ubicado el Instituto Tecnológico Superior de la Sierra Negra y hay que buscar prevalecerla. Debido a que actualmente una aplicación Android puede programarse en JAVA o KOTLIN, se optó por JAVA ya que esto permitiría aprovechar el expertiz del equipo académico. La primera pantalla de la aplicación móvil sería la encargada de buscar la conexión con el dispositivo, por lo cual se incluyó en la interfaz un EditText para el ingreso de datos en el cual el usuario ingresaría la dirección IP del dispositivo o un nombre de dominio en el caso que se hubiera asociado.

Por lo cual es importante en la aplicación móvil añadir los siguientes permisos en el Archivo AndroidManifest.xml:

```
<uses-permission android:name="android.permission.INTERNET" />
<uses-permission android:name="android.permission.ACCESS_NETWORK_STATE" />
```

El dato ingresado por el usuario en la primera pantalla de la interfaz serviría para crear una conexión hacia el Arduino Yún, el cual mediante un programa incorporado funciona como un Servidor Web, esta característica permite la utilización de un estándar internacional llamado Hipertext Transfer Protocol HTTP. Este protocolo consiste en reglas sencillas de transferencia de recursos o archivos entre equipos interconectados a una red. Al equipo que hace la petición para enviar u obtener datos se le llama Cliente (en este caso la aplicación móvil) y al que contiene el recurso es llamado Servidor (Arduino Yún). La comunicación se establece a través de una petición de envío, la cual contiene los datos del cliente, como el sistema operativo que usa, el navegador web desde donde se hace la petición, la ubicación del archivo solicitado (URL), etc.

La primera pantalla tiene la función de comprobar si la conexión del dispositivo está habilitada, ya que puede ser posible que se presenten errores de conexión como, por ejemplo: que el Wi-fi no esté disponible o una conexión de red fuera del rango.

Para comprobar el estado de conexión usaremos los métodos getActiveNetworkInfo() e isConnected(), como se muestra a continuación:



```
ConnectivityManager connMgr = (ConnectivityManager)
    getSystemService(Context.CONNECTIVITY_SERVICE);
NetworkInfo networkInfo = connMgr.getActiveNetworkInfo();
if (networkInfo != null && networkInfo.isConnected()) {
    // Operaciones http
} else {
    // Mostrar errores
}
```

Figura 5.-Pantalla de conexión al Servidor (Arduino Yún)

Se utilizaron Intents para mandar a llamar la interfaz de operación y pasar parámetros entre estas.

Una vez validada la posibilidad de que el dispositivo se pudiera conectar, el paso siguiente fue iniciar la comunicación creando una conexión hacia el servidor. Para ello se utilizó el método openConnection() de la clase URL. Al resultado obtenido se le debe realizar un CAST (Conversión de Tipos) a HttpUrlConnection para que el cliente sea instanciado:

 ISSN 2007-8102

```
try {
   URL url = new URL("http://" + server + "/arduino/digital/13/" + valor);
   //URL url = new URL("http://" + server + "/arduino/analog/0" );
   urlConnection = (HttpURLConnection) url.openConnection();
   urlConnection.connect();
```

La definición de la URL esta dada de acuerdo a la operación que se quiera llevar a cabo en el Arduino Yún, como por ejemplo escribir en un determinado pin digital o analógico. Esta estructura está disponible la guía de Arduino Yún (https://www.arduino.cc/en/Guide/ArduinoYun).

- http://myArduinoYun.local/arduino/digital/13 : calls digitalRead(13);
- http://myArduinoYun.local/arduino/digital/13/1 : calls digitalWrite(13,1);
- http://myArduinoYun.local/arduino/analog/9/123 : analogWrite(9,123);
- http://myArduinoYun.local/arduino/analog/2 : analogRead(2);
- http://myArduinoYun.local/arduino/mode/13/input : pinMode(13, INPUT);
- http://myArduinoYun.local/arduino/mode/13/output : pinMode(13, OUTPUT);

Figura 6.-Estructura de URL para accesar a los Pines de Arduino Yún.

La interfaz de operación en la aplicación tendría que tener como función principal la activación de la electroválvula en el prototipo de riego, la cual se programó en dos modalidades:

1.-Modo Temporizador: El usuario puede definir el tiempo en el que se efectuará el riego.
2.-Modo Manual: El usuario activa y desactiva el riego presionando un botón en la interfaz de operación.

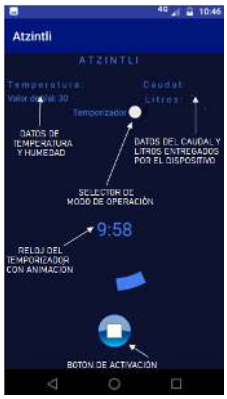


Figura 7.-Interfaz de operación

Al establecer la aplicación móvil una conexión exitosa con el prototipo de riego, este último empieza a mandar información del sensor DHT11 y caudalímetro ambos contenidos en el Prototipo. En este punto se tuvo que implementar el uso de una tarea asincrónica (AsyncTask) en conjunto con clase TimerTask de JAVA, esto para que cada segundo se pudiera tener la lectura del estado de los sensores a través de un hilo secundario y cuyo resultado se publicaría en el hilo del interfaz de usuario y así controlar la actualización de datos.La clase AsyncTask incorpora cuatro métodos que se pueden sobreescribir y que ayudaron a organizar de una mejor manera las etapas de activación, lectura, respuesta y presentación de datos. Cada uno de estos métodos se ejecutan de manera secuencial. Estos Métodos son onPreExecute(),doInBackground(Parametros...), onProgressUpdate(Progress…), onPostExecute(Result).

La resolución del problema de la actualización en cada segundo de la interfaz de usuario con el uso de las clases para Controlar la tarea asíncrona y el Timer, fueron las tareas mas esenciales para controlar el dispositivo a distancia. La particularidad del Arduino Yún de funcionar como un Servidor Web marcó la pauta de como se realizaría la conexión con la aplicación móvil.

 ISSN 2007-8102

Resultados y Discusión

Android Studio ofrece un emulador para poder probar los programas desarrollados, para este caso no fue lo más conveniente por lo que todas las pruebas de ejecución fueron cargadas en un teléfono y así poder evaluar los resultados pero manteniendo una conexión al Dispositivo.

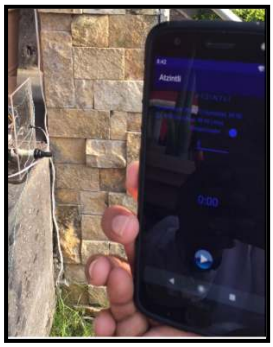


Figura 8.-Aplicación Móvil conectada al Dispositivo.

La aplicación permitió la operación del dispositivo, activando y desactivando la electroválvula además de obtener la temperatura, humedad, medición del caudal y litros entregados, todos estos datos proporcionados por los sensores instalados en el prototipo.

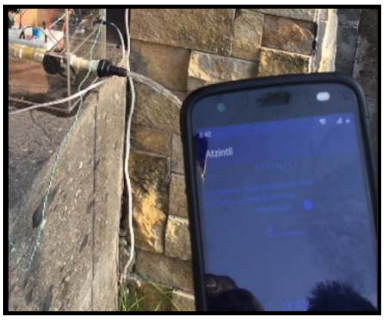


Figura 9.-Pruebas de Operación con el dispositivo móvil.

Durante la evaluación del funcionamiento de la aplicación se detectó un retraso de activación de la electroválvula. Este desfase ocurre cuando el usuario presiona el botón de activación del dispositivo móvil y la activación de la electroválvula. Estos retrasos son inherentes en las redes de computadoras, pero su variación llego a ser hasta de 7 segundos.

Se realizaron 30 pruebas en donde se cronometró el tiempo de retardo en la activación del dispositivo una vez presionado el botón.



Figura 10.-Gráfica del Registro de Retardos para 30 pruebas.

 ISSN 2007-8102

Al calcular la media se obtuvo el valor de 6.03 Segundos, como límite superior se tomó al valor más alto en la gráfica y para el límite inferior al valor más pequeño registrado, la siguiente gráfica muestra estos registros.

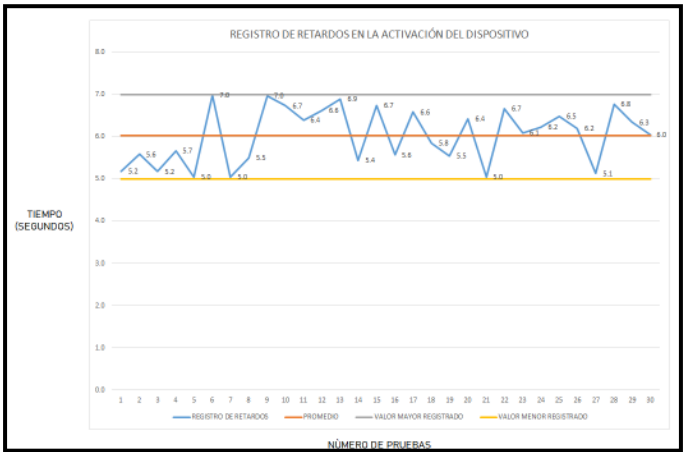


Figura 11.-Gráfica del Registro de Retardos para 30 pruebas incluyendo la media.

Es evidente que se tendrían que realizar un mayor número de pruebas incluyendo diferentes condiciones como, por ejemplo: Diversas ubicaciones para la activación del dispositivo, probar con diferentes equipos y marcas que soportan la infraestructura de Red, número de usuarios en la red, velocidades de carga y descarga en la Red, etcétera. Las gráficas mostradas presentan un panorama de que existirá un retardo entre el momento que el usuario presione el botón de activación en el móvil. Por otra parte, se deben buscar los factores que influyan en que se haya llegado a tener un registro promedio de 6 ± 1 segundos en la activación del dispositivo, una posible causa sería atribuible a la capacidad de respuesta y atención de solicitudes HTTP del microprocesador instalado en el prototipo de Riego, ya que no es una de las funciones primordiales para las cuales fue diseñado. A pesar de esta situación se pudo lograr la comunicación entre el dispositivo móvil y el prototipo para la automatización del riego. Esta investigación refleja que la tecnología de bajo costo y de Hardware libre que se ofrece en el mercado puede dar solución a problemas primordiales de nuestro entorno, donde los esfuerzos de la sociedad deberán enfocarse.

Trabajo a futuro

Esta investigación demostró un alto grado de factibilidad para la operación del prototipo de manera remota, por lo cual la siguiente fase esta basada en la automatización de un campo de cultivo, donde se incluyan componentes que soporten un mayor caudal y condiciones mas exigentes, la limitante para realizar esto desde un principio fue la parte económica, sin embargo hasta este punto ya se ha conseguido el espacio y los recursos económicos para la implementación en un entorno real.

Conclusiones

El motivo de esta investigación fue proponer una solución para problemas que se presentan en la sociedad y que deben atenderse. Aunque para este artículo solo se detallaron los puntos principales para lograr la comunicación con un microprocesador, que en este caso fue el Arduino Yún y una aplicación móvil en Android Studio. Se lograron identificar aspectos muy precisos y que se deben tomar en cuenta para el desarrollo de soluciones de este tipo, como lo son el uso de hilos de ejecución para la actualización de datos en la interfaz del móvil.

La interfaz de usuario de la aplicación móvil tendrá que ser atendida por un diseñador cuyos objetivos sean hacer de ella una interfaz intuitiva y agradable.

Se tendrán que identificar a los principales factores que generan un retardo en la activación de la electroválvula del prototipo de Riego, además de realizar este tipo de pruebas, pero con aplicaciones realizadas con lenguajes de programación multiplataforma, ya que en este caso solo se atendió el caso de dispositivos Android.

Agradecimientos

A las autoridades, personal y estudiantes comprometidos con el crecimiento continuo y armónico del Instituto Tecnológico Superior de la Sierra Negra de Ajalpan.

Referencias

[1] E. Mendoza Cabrero, "¿Dónde está México en ciencia y tecnología?". [Online]. Available: https://www.cibnor.gob.mx/espacio-rotativo/2098-donde-esta-mexico-en-ciencia-y-tecnologia..

[2] Hydro Environment."Sistema de riego. 2017, de Innovación Agrícola" [Online]. Available: http://hydroenv.com.mx/catalogo/index.php?main_page=page&id=113

[3] Novedades Agricolas. "Riego Automático. 2016, de Novedades Agrícolas S.A" [Online]. Available:http://www.novedades-agricolas.com/es/riego/sistemas-de-riego/riego-automatico

[4] Ángel.Q., Tecnología : un enfoque filosófico y otros ensayos de filosofía de la tecnología. Fondo de Cultura Económica, 2016

[5] Diosdado,R."Manual de Arduino: Programación y conceptos Básicos". Madrid: Creative Commons 2014.

[6] Buzhinskaya, N. V., E. S. Vaseva, R. N. Iskandarov, and N. V. Shubina. "System of control and management of access on the basis of arduino microcontrollers". Daghestan State Technical University, 2019.

[7] Báez, M., Borrego, Á., Cordero, J., Cruz, L., González, M., Hernández, F., ... & Torralbo, P. "Introducción a Android". EME Madrid, España, 2016.

[8] Evans, D. "Internet de las Cosas. Cómo la próxima evolución de internet lo cambia Todo". Cisco Internet Bussiness Solutions Group-IBSG, 2011.

[9] Murillo, W. "La investigación científica.". Cómo la próxima evolución de internet lo cambia Todo". Cisco Internet Bussiness Solutions Group-IBSG, 2018.

[10] Vargas Cordero, Zoila Rosa, "La Investigación aplicada: Una forma de conocer las Realidades con Evidencia Científica". [Online]. Available: Revista Educación http://redalyc.org/articulo.oa?id=44015082010.

Novel Contextual Computing Application for attendance control on University campus through Beacons

Guillén-Rodríguez, J.[1], Pérez-Sandoval, J.F.[1], Mariano-Torres, J.A.[1] , Becerril-Rodríguez, A.[1] Peraza-Vázquez H. [2]
[1]Universidad del Noreste A.C., División Económico Administrativa, Prolongación Avenida Hidalgo No. 6315, Colonia Nuevo Aeropuerto, C.P. 89337, Tampico Tamaulipas, México
[2] Centro de Investigación en Ciencia Aplicada y Tecnología Avanzada; Instituto Politécnico Nacional, Carretera Tampico-Puerto Industrial Altamira Km 14.5, C.P. 89600 Altamira Tamaulipas, México
**joaquin.guillen@une.edu..mx*

***Área de participación**: Ingeniería Sistemas Computacionales*

Resumen

Un proceso que es importante en el funcionamiento de las instituciones educativas es el control de asistencia de estudiantes y docentes. El control de presencia real en las aulas y en los horarios en los que se imparten los cursos debe ser supervisado para asegurar el normal funcionamiento en el centro académico.
Este trabajo describe una aplicación móvil contextual con características importantes para la detección de posicionamiento y control de asistencia tanto de profesores como de alumnos dentro de una universidad. El uso de la aplicación móvil reduce considerablemente la tarea de revisión periódica, que es realizada cada hora por los supervisores en las aulas de la universidad para verificar la asistencia de profesores y estudiantes. Para tener un mejor tiempo de respuesta, se diseñó y utilizó una base de datos NoSQL en lugar de la clásica base de datos relacional, esto permitirá un rápido acoplamiento a los siguientes proyectos de IoT de la universidad.

***Palabras clave**: Computación Contextual, NoSQL, Internet de las Cosas, Beacons*

Abstract (150 *words at most, Arial 10*)

A process that is important in the operation of educational institutions is the control of attendance of students and teachers. The control of real presence in the classrooms and in the hours in which the courses are taught must be supervised to ensure normal operation from the academic center.

This work describes a contextual mobile application with important characteristics for the positioning detection and attendance control of both teachers and students within a university. The use of the mobile application reduces considerably the periodic review task, which is carried out every hour by supervisors in the university's classrooms to verify the attendance of professors and students. To have a better response time, a NoSQL database was designed and used instead of the classical Relational database, this will permit a fast coupling to the following IoT projects of the university.

***Key words**: Contextual computing, NoSQL, Internet of Things, Beacons*

Introduction

A diversity of projects have been carried out to develop attendance monitoring systems(AMS), most of them focused on NFC [1], beacons -Bluetooth Low Energy(BLE)-[2-4], RFID technology[5-8], face detection[9], fingerprint[10-11], WiFi[12], ZigBee[13] among others. The cost of these systems depends on how sophisticated the system to be developed is desired and the potential integration with existing infrastructure.

A summary of the most relevant projects with NFC, RFID and Beacons(BLE) technology regarding AMS is shown in table 1, the main characteristics of the implementations are described there. Only the AMS with these technologies are shown since they are somehow competing technologies, although NFC can also be considered to be a subset of RFID technology.

The explosive growth of data due to the competitiveness in the business world demands a constant requirement for new applications and systems, these must be prepared for the already widely accepted technologies such as the internet of things(IoT), cloud computing and big data.

In the actual world, wireless networks, smartphones and tablets [14] offer great capabilities to implement contextual computing due to the large number of sensors and protocols with which they can operate. Contextual applications then provide an interface that often depends on the location, time, information received by the camera or data collected in real time [15].

Table 1 . comparison of the previous attendance systems based on RFID,BLE and NFC

Author(s)& Year	Technology	Characteristics
Jacob et al., (2015)	Mobile- NFC, Web based, XAMPP, PHP.	Introduced attendance management system for university students by using NFC mobile based attendance system. A NFC Tag ID is detected when student enters the class, the server generates a random four digit number as OTP to validate the student presence[1].
Raghav Apoorv, Puja Mathur(2016)	Beacons(Bluetooth Low Energy) and mobil technology, SQLite Database.	A Bluetooth low energy based attendance management system was built. It uses beacons given to the students which communicate with the android application of the proffessor smartphone[2].
Anil Kumar B G, Bhagyalakshmi K C, Lavanya K, Gowranga K H,(2016)	Beacons(Bluetooth Low Energy) and mobil technology. Relational Database Server.	A smart attendance system is presented. An Android application running in a student smartphone detect a beacon in the classroom and register the presence of the student. The student should install an app which is developed for generating automatic attendance. Once the app is installed on the android device, the student is registered with his/her unique university number and password in the server database[3].
Vinay Mahendraker, Savitha D. (2017)	BLE,GSM/GPS, Web and Mobile, MySQL,PHP.	The project consists of two different kind of thecnology; the first one being the school unit where BLE device is placed in each student ID card and readers are placed in the classroom. The second one is the bus unit where a GSM module with the GPS is placed. An Android application showing the location of the student are sent to their parents respectively[4].
Joseph Dedy Irawan, Emmalia Adriantantri, Akh Farid(2018)	RFID, microcontroller. Cloud Database.	Process of attendance is done by using RFID technology, each student has an RFID Tag which is placed near RFID Reader. The MCU receive this information and saves it in the cloud database through a Wi-Fi module[5].
Rjeib, Hasanein & Ali, Nabeel & Al Farawn, Ali & Al-Sadawi, Basheer & Alsharqi, Haider. (2018)	RFID and Arduino. Web Based.	The proposed system aims to manage student's attendance recording, provides the capabilities of tracking student absentee, support information services including students grading marks, daily timetable, lectures time and classroom numbers, and other student-related instructions provided by faculty department staff[6].
Bektassov Dias, Asif Mohammad, He Xu and Ping Tan(2020)	RFID and NodeMCU and RFID-RC522 Shield. Web Based(XAMPP,PHP,MySQL)	An RFID-based attendance management system is designed and implemented, and information service system including programmable devices and web-based applications are used[7].
Younis, Mohammed & Younis, Manal & Abed, Marwa & Alserawi, Abdulrahman. (2020).	Raspberry PI and RFID shields, Derby Database, Java.	The project proposes an automatic attendance system based on RFID, fog, and cloud computing technologies .The system protects data from wasting and ensures its arrival to the cloud even in cases of connection losing or device crashing[8].

Due to the vertiginous advances in technology, the quantity and versatility of sensors will continue to increase in the following years, this will lead to more and more mobile applications that obtain data from these sensors and generate useful contextual information to the user [16]. Contextual computing and the Internet of things are closely related, understanding the fundamentals, challenges, paradigms, architectures and trends in information technologies inside and outside of the IoT is of great interest, Jing-yi and his group [17] did a review and

classification of the context computing literature in order to create a framework that could be useful for system developers of this type.

The sensors used within IoT can be of many types, the beacons are an example of this type of sensors, they are small devices that transmit information through a protocol called BLE (Bluetooth Low Energy), they are placed strategic way indoors and carry out periodic transmissions that can be detected by intelligent equipment such as cellular phones, so they are used primarily for applications of contextual computing or indoor location, that is, they operate mainly in places where GPS systems are limited .

The infrastructure based on beacons has become very popular when implementing contextual applications , the beacons are low energy devices (they are powered by a battery whose durability is sometimes up to 5 years) that are embedded in walls, ceilings or fixed locations to serve as guides inside indoor locations; Depending on the use case, the beacons also can be carry to be used in location of people or assets . The great advantage of beacons is that through a protocol called BLE - Bluetooth Low Energy - they can communicate without major problem with mobile devices, which when connected to the internet access information related to their environment or they provide relevant information about their surroundings.

Our work focuses in the integration of beacons to develop and implement a modern contextual computing system for the control of attendance of students and professors in a university campus, in addition the same application provides a basic system of location and navigation within the main building of the university.

The era of the IoT, in which a large amount of information from sensors is channeled to databases to be stored, analyzed and processed often requires a quick response to requests for information. The growth in the number of students at the university where the present project was carried out has been exponential in recent years, and this has degraded the response time of the different services that are accessed via the web or mobile devices. All the operational systems of the university are supported by relational database(RDB) based designs. Research evaluating the performance of non-relational databases(NoSQL) versus relational ones show that for IoT-type projects, No-SQL databases are more convenient[18-20].

In order to obtain an acceptable response time and thinking about the diversity of projects related to IoT that the university has planned in the near future, the AMS project was designed using a NoSQL Database, which will be synchronized with information from the institutional database[21-22], therefore the main contribution of the project is the use of an alternative that allows a sustainable growth of the technological needs of the academic institution, besides the integration of university buildings navigation maps in the app developed.

The reminder of this paper is structured as follows. In section two, we reviewed the fundamentals of BLE and the hardware and software utilized in the project. Section three describes the methodology used in the development process, our architecture design of the NoSQL database and the general design of the application. Section four shows the interfaces of the application and describes the experimental results obtained. Section five gives the conclusions and the future work we are working on.

BLE Protocol, Hardware and Software used

Bluetooth Low Energy Protocol (BLE)

The beacons are devices that implement the BLE protocol, the specification of this protocol was developed by the Bluetooth Special Interest Group (Bluetooth SIG), from the Bluetooth 4.0 version are supported communications that do not require establishing connections or being transmitting / receiving a continuous flow of data. The BLE protocol is mostly focused on sporadic communications over time, not a continuous flow of data between two entities such as classic Bluetooth, this makes a small power consumption of this devices. Indoor positioning systems (IPS) and real-time location systems (RTLS) have been proposed by authors [23-25] using technology based on these fundamentals. The beacons are programmed to periodically transmit a coded “advertisement” signal of a few bytes at intervals of the order of a few seconds, through other devices with higher energy consumption this signal is received and through geometric techniques or similar the location of people is estimated, this based on the intensity of the transmitted signal power (RSSI), arrival / departure angle (AoA and AoD) or time of Arrival (ToD). It is worth mentioning that the BLE protocol is not compatible with classic Bluetooth, so Bluetooth SIG defines images in the product logos indicating Bluetooth, Bluetooth Smart or Bluetooth Smart Ready, the firsts support the classic version, the seconds for BLE devices and the third ones for devices that

support both protocols. Bluetooth speakers, beacons and smartphones are common examples of each of the electronic components with these specs.

BLE technology operates in the 2.4GHz spectrum range just like classic Bluetooth technology, but uses a different set of channels. Instead of 79 channels of 1 MHz of traditional Bluetooth, BLE has 40 channels of 2 MHz. There are 3 advertisement channels – 37,38 and 39 - that do not interfere with WiFi communication typically configured at access points, so that in traditional applications of IPS, RTLS or contextual computing that do not require an explicit connection and exchange of information, non-interference with that network is guaranteed -see Figure 1-.

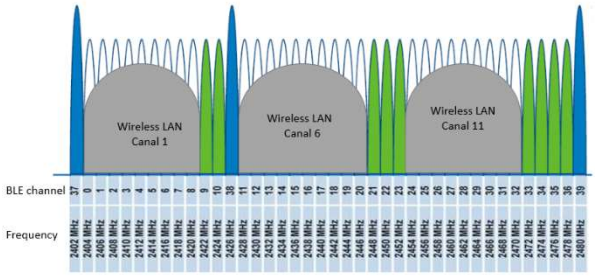


Figure 1. Frequency map of the BLE protocol

There is enough literature to understand the basics of the BLE protocol [26-29], the protocol is very versatile and it is certainly a base in the communication of devices on the Internet of things. Substantial improvements in the BLE standard are given in the last two specifications, in version 5.0 the transmission speed reaches up to 2Mbps compared to 1Mbps in its initial version, in addition to quadrupling the scope with respect to the previous version - this means a distance of up to 500 meters according to information of certain commercial Bluetooth modules -.

Beacons

The next beacons were used in our experimentation:

Estimote brand beacons were used to place them in strategic parts of a university building for the experimentation. Beacons with the following characteristics were programmed through the web application and an application of the company Estimote Inc.:
Transmission Power: 4mW, Advertisement interval: 300ms, Transmission Package: Eddystone UID.

Kontakt brand card beacons were used to be carried by some teachers and students. The beacons were configured through the manufacturer's website with the following configuration:
Transmission power: -65dbm (power in dB at 1-meter distance), Advertisement interval: 1000ms, Transmission Package: Eddystone UID.

Software

The main software used in the project is detailed below:
Android Studio
This platform is used to develop application for the Android operating system It is consider to be an ideal tool to make simple and sophisticated applications. It provides an excellent visualization modules for the elaboration of screens, besides allowing the creation of components in a simple way. On this platform was developed all the software that generates the interaction between the beacons, the mobile device and the database in the cloud.

Google Firebase
Firebase is the new mobile development platform that allows to develop cross-platform applications (Android, iOS and web) through a non-relational database. It allows you to access a web service and have the application working with data in the cloud. Something important to note, is that unlike the multiple technologies that appear day by day, this tool has considerably extensive documentation to develop through it.

In the majority of mobile applications the greatest processing load is carried out in the interaction with the device; in order to have a quick response it was decided to use a non-relational or documentary database (commonly called NoSQL database), the documentary databases are capable of being much faster than relational [19-20], since they do not require searching and extracting information found in several tables linked together.

Due to the future growth of the IoT projects in the university, the developed application was planned and implemented using a NoSQL database, this provides freedom and flexibility in its potential evolution, the goal to

connect in a near future with new applications of IoT and cloud technology will be achieve easily. In a few weeks there will be also a project focused on synchronizing the relational and NoSQL databases[21-22] to integrate operational and IoT systems.

Methodology

The stages of the methodology used for the development of the system documented in this article were:

a)Development of site maps to evaluate
Because the experimental installation did not have an updated plan, an architectural survey of the main university building was carried out with AutoCAD software. The building consists of eight levels, for the purpose of this experimentation the plans of three of the different levels were developed, in these are the mainly classrooms of the different university careers offered by the institution.

b)Installation of beacons based on BLE technology
Nine beacons (Bluetooth Low Energy transmitters) of the Estimote brand were programmed transmitting at a power of 4dBm and installed in classroom areas at different levels of the university building, the ID was registered - which is similar to the Ethernet address of a network card - of each beacon in a database in the cloud, so that the application could automatically recognize at what level and in what area of rooms the detected beacon was located.

c)Cloud database feed
The map information of the different levels of the main building, classrooms, schedules, teachers, groups and student lists was uploaded to Google's NoSQL Firebase database; This was done manually through the interface that provides the same database. There was the option to import the information from the official database of the university, but due to security and time restrictions, it was decided to enter the information directly.

A simplified scheme of the organization of the database is shown in Figure 2, it reveals three main sets: Classrooms, Beacons and Groups, within each set is filled with information and segments that in turn contain more information and subgroups referring to the main entity, for example, we have different classrooms that contain schedules per day which in turn contain classes for each hour, all this integrated into a design similar to the philosophy of object programming.

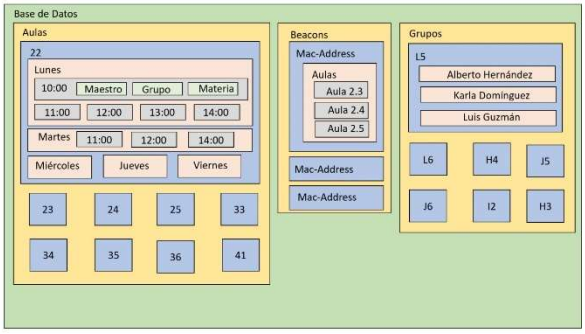


Figure 2.Scheme of the NoSQL database used

d)Application development to connect to the beacons and the cloud database
Using the Android development environment and the BLE libraries, an application was implemented in order to detect the beacons placed inside the main university building, this in order to provide contextual information regarding each different environment, providing information of a map of the area, location of access to upper and lower levels, classrooms, schedules, teachers, groups and lists of students within the classrooms at the time of use of the application. A pictorial scheme of the infrastructure used and the general operating mechanism of the developed application is shown in Figure 3.

 ISSN 2007-8102



Figure 3. App general operating mechanism

The internal operation of the application is divided into two processes fundamentally: the first one is the interaction between the user and the mobile device interface, the other is the search for beacons in the environment, this is carried out through the background execution of a known beacons tracking algorithm, identification is done through its media access address. In a typical application, the beacons continuously transmit each time interval defined in them - they can be programmed in intervals of milliseconds to several seconds -; Once a beacon is identified, a process is started by accessing the database to obtain the set of classrooms that surround it, all interactions with the database are asynchronously, any changes that occur in it will be reflected in instant way in the application. Once the classroom is chosen in the interface, a chain is created with the address where the information segment that we are going to access is located, a similar process also occurs when obtaining the list of students of the chosen classroom.

Experimental Results

The contextual application developed will support the work of educational assistants, staff and students of the Northeast University located in Tampico, Tamaulipas, Mexico. The university has a complex architectural distribution, with buildings of up to eight levels and it is easy to get lost within them; The job of the mobile application is to give a guide to the user through a basic navigation system that indicates a map of the site where it is located, the different accesses to it to the lower and upper level and the courses that are taken in the different classrooms in the area at that time along with the classroom schedule throughout the week. Figure 4 shows the survey of the third level of the building where the experimentation was carried out and the location of the beacons for this level.

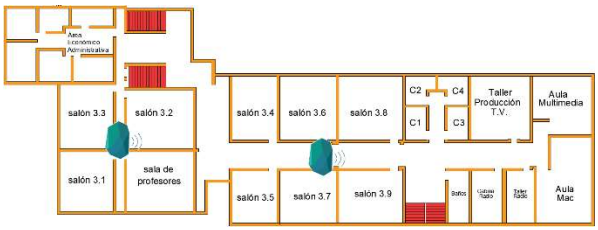


Figure 4. Architecture of the third level Northeast University

According to the beacon received by the mobile device, a list of rooms that are located in that area along with the map of the area and the access to the upper and lower level of the building appears in the interface, in figure 5 the interface shown to the user appears for one section of the third level of the main building.



Figure 5. User Interface

 ISSN 2007-8102

The educational assistant is an employee of the university who continuously walks the classrooms and buildings verifying the attendance of professors. The application is useful for him, since when making the selection of a classroom, the system shows the list of schedule-courses in that room during the week, the teacher who should be teaching the class there, the photograph of the teacher, the name of the course and also has access to the list of students who should be taking that class. All information is downloaded through the cellular phone from the cloud using the Google Firebase database. Figure 6a shows the interface that is presented when selecting a specific classroom. When manually scrolling over the top of the interface, the image of the schedule is exchanged during the week to a map implemented with an animated GIF that indicates the area where it is located and the possible exit routes to the lower and upper levels of the building.

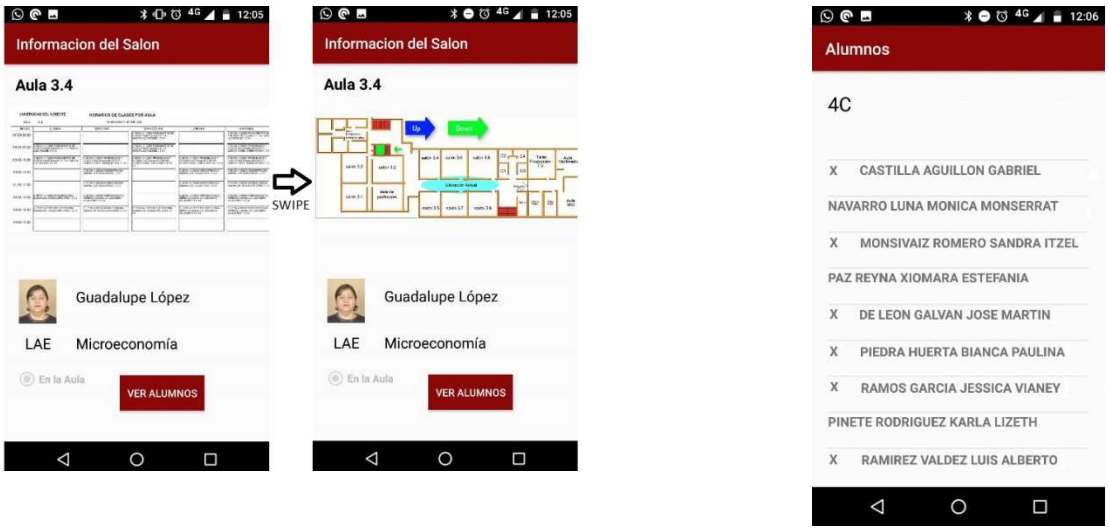


Figure 6. (a)Educational supervisor interface, (b)List of assistance implemented through card type beacons

Card-type beacons Kontakt brand and similar in size to a credit card were purchased and programmed, the factory-calibrated power on these beacons is -65dB at one meter distance and with an advertisement period of 1 second ;These beacons were assigned to some teachers and students and this information was registered in a cloud database.

The application was then modified to place a mark on the interface when it detected the presence of the teacher as shown in figure 6a. Figure 6b shows a list of students where an X mark appears to those students who were not given beacons, meaning in some way that they were absent according to how the application was programmed; this is fully functional in the case that all students had their own beacon as identification. At the moment when the beacons decrease their price (currently the price is between $ 35 and $ 45 dollars for the brands used) this type of identification could be very useful for a university system that look for a semi-automatic control of teachers and students, with this, the teacher avoids the administrative task of passing the list, the educational assistant would then do this work when passing in front of the classroom and all the information in these records would be available in the cloud.

Conclusions and future work

Satisfactory results were obtained in all tests performed with beacons focused on contextual computing applications with mobile devices. The potential for this type of technology is unlimited, in the case of use presented all the information is in the cloud and the functionality of immediately sending messages or emails to parents, career directors, etc. could be added relatively easily, concerning to absences of teachers and students. Certainly, the application is not a 100% reliable solution in terms of attendance because a student and a teacher could be in the immediate vicinity and be detected by the application thus registering their attendance, or a student could give his beacon to another student who did show up for classes and this would have his attendance recorded. The arrival of more sophisticated technology such as the Bluetooth 5.1 specification released in 2019, which has directional detection could solve any of the aforementioned problems, but it will be a few months before this technology appears fully functional in the products that are compatible with the specification.

Acknowledgements

Thanks to Lilia Velazco, Cristina López, Myriam Rodríguez, Denisse Mendoza, and the Northeast University of Tampico for the support provided to develop the present project.

References

[1] Jacob, J., Jha, K., Kotak, P., & Puthran, S. (2015, October). Mobile attendance using Near Field Communication and One-Time Password. In Green Computing and Internet of Things (ICGCIoT), 2015.International Conference on (pp. 1298-1303). IEEE.

[2] R. Apoorv and P. Mathur, "Smart attendance management using Bluetooth Low Energy and Android," 2016 IEEE Region 10 Conference (TENCON), Singapore, 2016, pp. 1048-1052, doi: 10.1109/TENCON.2016.7848166.

[3] B. G. A. Kumar, K. C. Bhagyalakshmi, K. Lavanya and K. H. Gowranga, "A Bluetooth low energy based beacon system for smart short range surveillance," 2016 IEEE International Conference on Recent Trends in Electronics, Information & Communication Technology (RTEICT), Bangalore, 2016, pp. 1181-1184, doi: 10.1109/RTEICT.2016.7808018.

[4] Vinay Mahendraker, Savitha D.,International Journal of Engineering Technology Science and Research IJETSR, www.ijetsr.com, ISSN 2394 – 3386, Volume 4, Issue 5, May 2017.

[5] RFID and IOT for Attendance Monitoring System, Joseph Dedy Irawan, Emmalia Adriantantri, Akh Farid, MATEC Web Conf. 164 01020 (2018), DOI:10.1051/matecconf/201816401020

[6] Rjeib, Hasanein & Ali, Nabeel & Al Farawn, Ali & Al-Sadawi, Basheer & Alsharqi, Haider. (2018). Attendance and Information System Using RFID and Web-Based Application for Academic Sector. International Journal of Advanced Computer Science and Applications. 9. 266-274. 10.14569/IJACSA.2018.090137

[7] Dias B., Mohammad A., Xu H., Tan P. (2020) Intelligent Student Attendance Management System Based on RFID Technology. In: Barolli L., Hussain F., Ikeda M. (eds) Complex, Intelligent, and Software Intensive Systems. CISIS 2019. Advances in Intelligent Systems and Computing, vol 993. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-22354-0_51

[8] Younis, Mohammed & Younis, Manal & Abed, Marwa & Alserawi, Abdulrahman. (2020). Development of an Attendance System Based on Cloud / Fog Computing with Data Recovery Capability. Iraqi Journal of Science. 61. 1190-1201. 10.24996/ijs.2020.61.5.26.

[9] Lukas, Samuel & Mitra, Aditya & Desanti, Ririn & Krisnadi, Dion. (2016). Student attendance system in classroom using face recognition technique. 1032-1035. 10.1109/ICTC.2016.7763360.

[10] Olagunju, M. and Adeniyi, A. E. and Oladele, T.O. (2018) Staff Attendance Monitoring System using Fingerprint Biometrics. International Journal of Computer Applications, 179 (21). pp. 8-15. ISSN 0975 – 8887.

[11] J.Chandramohan, R.Nagarajan, M. Ashok Kumar, T.Dineshkumar, G.Kannan, R.Prakash6(2017, March), Attendance Monitoring System of Students Based on Biometric and GPS Tracking System, International Journal of Advanced Engineering, Management and Science (IJAEMS), Vol-3, Issue-3, ISSN: 2454-1311.

[12] Nath, Asoke & Mukhopadhyay, Aashijit. (2017). A Novel Student Attendance Tracking System Using Android Mobile Phone. 3297.

[13] D. Sunehra and V. S. Goud, "Attendance recording and consolidation system using Arduino and Raspberry Pi," 2016 International Conference on Signal Processing, Communication, Power and Embedded System (SCOPES), Paralakhemundi, 2016, pp. 1240-1245, doi: 10.1109/SCOPES.2016.7955639.

[14] Makris, P., Skoutas, D. N., Skianis, C. (2013) . A Survey on Context-Aware Mobile and Wireless Networking: On networking and computing environments' integration, IEEE Communications Surveys & Tutorials (Volume: 15, Issue: 1, First Quarter),pp. 362–386, DOI: 10.1109/SURV.2012.040912.00180.

[15] Baldauf, M., Dustdar, S., Rosenberg, F. (2007), A survey on context-aware systems, Int. J. Ad Hoc and Ubiquitous Computing, Vol. 2, No. 4, pp.263-277.

[16] Perera, C., Zaslavsky, A., Christen, P., Georgakopoulos D. (2013) Context Aware Computing for The Internet of Things: A Survey, IEEE Communications Surveys & Tutorials, may 2013, (Volume: 16, Issue: 1, First Quarter 2014), pp. 414 – 454.

[17] 4.Jong-yi, H., Eui-ho, S., Sung-Jin K. (2009), Context-aware systems: A literature review and classification, Expert Systems with Applications 36 8509–8522.

[18] S. Rautmare and D. M. Bhalerao, "MySQL and NoSQL database comparison for IoT application," 2016 IEEE International Conference on Advances in Computer Applications (ICACA), Coimbatore, 2016, pp. 235-238, doi: 10.1109/ICACA.2016.7887957.
[19] P. Seda, J. Hosek, P. Masek and J. Pokorny, "Performance testing of NoSQL and RDBMS for storing big data in e-applications," 2018 3rd International Conference on Intelligent Green Building and Smart Grid (IGBSG), Yi-Lan, 2018, pp. 1-4, doi: 10.1109/IGBSG.2018.8393559.
[20] H. Fatima and K. Wasnik, "Comparison of SQL, NoSQL and NewSQL databases for internet of things," 2016 IEEE Bombay Section Symposium (IBSS), Baramati, 2016, pp. 1-6, doi: 10.1109/IBSS.2016.7940198.
[21] Ying-Ti Liao, Jiazheng Zhou, Chia-Hung Lu, Shih-Chang Chen, Ching-Hsien Hsu, Wenguang Chen, Mon-Fong Jiang, Yeh-Ching Chung,(2016), ”Data adapter for querying and transformation between SQL and NoSQL database”, Future Generation Computer Systems,Volume 65,2016, Pages 111-121, ISSN 0167-739X, https://doi.org/10.1016/j.future.2016.02.002.
[22] Abu Zarin Zulkafli,Shuib Basri,Rohiza Ahmad2,and Abu Bakar Imam, 2016 AIP Conference Proceedings, “Image synchronization gateway for NoSQL document database and server-side SQL database in mobile environment”, Issue 1, https://doi.org/10.1063/1.5055559.
[23] Faragher, R., Harle, R. (2015), Location fingerprinting with bluetooth low energy beacons, IEEE Journal on Selected Areas in Communications,vol.33,no.11,pp.2418–2428.
[24] Hyoin ,B., Jaesung ,O., KangKyu ,L. Jun-Ho, O. (2016), Low-Cost Indoor Positioning System using BLE (Bluetooth Low Energy) based Sensor Fusion with Constrained Extended Kalman Filter, Proceedings of the 2016 IEEE, International Conference on Robotics and Biomimetics, Qingdao, China, December 3-7,pp. 939-945.
[25] Contreras, D., Castro, M., Sánchez de la Torre, D. (2017), Performance evaluation of bluetooth low energy in indoor positioning systems ,Transactions On Emerging Telecommunications Technologies, Trans. Emerging Tel. Tech.; 28:e2864.
[26] Blokdyk, G. (2020), Bluetooth Low Energy A Complete Guide, , Ed. 5STARCooks, 2019.
[27] Afaneh, M. (2018), Intro to Bluetooth Low Energy: The easiest way to learn BLE, First Edition, Indiana, Novel Bits, LLC.
[28] Townsend, K., Cufí, C., Davidson, R. (2014), Getting Started with Bluetooth Low Energy, First Edition, California, O’Really Media Inc..
[29] Bhargava, M. (2017),IoT Projects with Bluetooth Low Energy, First Edition, Birmingham UK, Packt Publishing Ltd..

Sistema de Información Geográfica para la Detección de propagación de plagas en cultivos de aguacate

J. Santander-Castillo[1], M. J. Alonso-Calpeño[1], R. Alanis-Teutle[1],*
[1]Ingeniería en Sistemas Computacionales, Instituto Tecnológico Superior de Atlixco,
Prolongación Heliotropo No. 1201, Col. Vista Hermosa, C.P. 74218, Atlixco, Puebla, México
Tecnológico Nacional de México
**julieta.santander@itsatlixco.edu,.mx*

***Área de participación**: Ingeniería en Sistemas Computacionales*

Resumen

El uso de las Tecnologías de la Información y Comunicación en diferentes ámbitos permite tener una perspectiva más amplia de la situación que representan y con ello una mejora en la toma de decisiones, tal es el caso del uso de los Sistemas de Información Geográfica (SIG) en la agricultura. En el presente artículo se muestra el uso de un SIG para determinar el grado de propagación del patógneo Phytohpthora cinnamomi en cultivos de aguacate mediante su georreferenciación, ya que este patógeno es causante de la muerte de los árboles aguateros, lo cual conlleva a pérdidas económicas para sus productores. El trabajo presenta los resultados obtenidos, así como la metodología utilizada en su desarrollo y gestión, la cual se basa en el uso de RUP y SCRUM.

***Palabras clave**: SIG, Scrum, Phytohpthora cinnamomi.*

Abstract

The use of Information and Communication Technologies in different areas allow to have a broader perspective of the situation they represent and with it an improvement in decision-making, such is the case of the use of Geographic Information Systems (GIS) in the agriculture. This article shows the use of a GIS to determine the degree of propagation of the pathogenic Phytohpthora cinnamomi in avocado crops through its georeferencing, since this pathogen causes the death of water trees, which leads to economic losses for its producers. The work presents the results obtained, as well as the methodology used in its development and management, which is based on the use of RUP and SCRUM.

***Key words**: GIS, Scrum, Phytohpthora cinnamomi.*

Introducción

El manejo de información espacial facilita la toma de decisiones, por lo que su utilización es posible en diferentes campos del conocimiento que requieran mantener vinculadas la información y su posición geográfica, como es el caso de diversas actividades que impactan al ámbito de la agricultura y el medio ambiente.

El presente trabajo muestra una breve descripción de la metodología y desarrollo seguido para generar un SIG cuya utilización es en la detección del grado de propagación del patógeno Phytohpthora cinnamomi en cultivos de aguacate, partiendo del supuesto de que un SIG de propagación de plagas en cultivos de aguacate, permitirá conocer el grado e impacto de la propagación del patógeno Phytophthora cinnamomi causante de la muerte ascendente en los cultivos de aguacate.

Este estudio además permitió validar el modelo de desarrollo propuesto en [1], el cual plantea un modelo híbrido entre SCRUM y RUP, ya que el desarrollo de los sistemas de información geográfica son utilizados en ámbito diversos, y de duración variable, por lo que se hace necesario una metodología robusta pero flexible.

 ISSN 2007-8102

El presente trabajo se encuentra dividido en tres secciones, la primera da un marco de referencia de los temas centrales para el desarrollo del proyecto, la segunda sección contiene una breve presentación del estado del arte, la tercera describe la metodología y desarrollo, la cuarta sección muestra los resultados obtenidos y finalmente se tienen los trabajos a futuro y conclusiones.

Marco de referencia

Tecnologías de la Información y Comunicación

Las Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC) son tecnologías que han ido incorporándose en los diversos ámbitos de la sociedad, lo que ha implicado una serie de cambios en la misma, tanto en la forma en que se comunican e interactúan como en el desarrollo de actividades sociales como lo son los negocios, educación, agricultura y otros campos, es decir en el ámbito socioeconómico. Es debido a esto que se considera que las TIC deben permitir a la comunidad aprovechar las oportunidades que les brinda su utilización [2] con la finalidad de obtener resultados positivos , es decir, utilizarlas de manera efectiva e integral con la finalidad de apoyar el desarrollo de los diferentes sectores de la sociedad para resolver problemas concretos, de manera colaborativa entre diversos sectores.

En el ámbito de la agricultura, las TIC, buscan mejorar los procesos productivos, mediante la denominada agricultura de precisión, la cual incluye el uso Sistemas de Información Geográfica (SIG), GPS, microcontroladores, sensores, drones [3], este tipo de tecnologías posibilita el monitoreo en las diferentes fases de los cultivos para mejorar la producción.

Ingeniería de Software

La ingeniería de Software es una disciplina que pretende apoyar el desarrollo profesional de software, por lo que implica una serie de disciplinas, herramientas y metodologías, aplicando un enfoque sistemático y cuantificable el cual cubre todo el proceso bajo un enfoque que permita obtener software de calidad en el tiempo establecido. Este proceso, bajo un marco de trabajo, permite definir claramente las acciones, actividades, responsables y flujos de trabajo necesarios para lograr dicho desarrollo [4],[5].

Sistema de Información Geográfica

Un Sistema de Información Geográfica (SIG) está compuesto por hardware, software y procedimientos para capturar, manejar, manipular, analizar, modelizar y representar datos georreferenciados, con el objetivo de resolver problemas de gestión y planificación [6], este tipo de sistemas se conforma de capas que posibilitan un análisis de acuerdo al objetivo que tiene cada una de ellas, produciendo mapas que responden a situaciones complejas.

Un SIG consta de una serie de subsistemas y elementos que permiten la lectura, almacenamiento, análisis y gestión de datos espaciales y con ellos apoyar en la toma de decisiones, los cuales se muestran en las figuras 1 y 2.



Figura 1Subsistemas fundamentales de un SIG [7]



Figura 2 Componentes básicos de un SIG [8]

Phytohpthora cinnamomi

Castaño, en [9], menciona que en el cultivo de aguacate, la enfermedad de mayor importancia a través del mundo es la pudrición de raíces, causada por Phytophthora cinnamomi, este patógeno es capaz de destruir las plantaciones en pocos años, lo cual implica grandes pérdidas económicas por lo cual es importante llevar a cabo una detección oportuna y con ello realizar un manejo adecuado de la infección. El patógeno puede sobrevivir en el suelo y causar nuevas infecciones bajo condiciones de humedad y temperaturas adecuadas, afectando principalmente a las raíces jóvenes, puesto que una de las principales causas de proliferación del patógeno son el exceso de humedad, prácticas inadecuadas de riego e incluso niveles de drenado deficientes.

Usos y desarrollo de Sistemas de Información Geográfica

La versatilidad e interactividad de un SIG permite obtener una visión general del sistema agroecológico y de sus elementos constitutivos, así como mostrar su valía al integrar todas las variables de los procesos agrícolas, ofreciendo una infraestructura jerárquica que puede llevarse hasta el nivel de subparcelas productivas, haciendo más eficiente sus posibilidades de administración y manejo [10], lo que se ha demostrado en trabajos de diversos autores.

En [11], [8], se menciona que algunas de las principales aplicaciones de los SIG, son en las áreas de medio ambiente y recursos naturales, catastro, transporte, redes de infraestructura, protección civil, análisis de mercados, planificación y gestión urbana, análisis de paisajes urbanos o históricos, así como en investigaciones arqueológicas, pérdida de hábitats y suelos productivos agropecuarios.

Los Sistemas de Información Geográfica (SIG), al ser multipropósito, son aplicables en diferentes ámbitos, sin embargo, no se cuenta con suficiente información acerca de la forma en que es posible llevar a cabo el desarrollo e implementación de este tipo de sistemas.

En lo referente al desarrollo y gestión de proyectos de SIG, se tiene que:

[8] hace uso de la metodología Métrica v. 3, basada en un sistema iterativo, parte de la recolección de requerimientos y su posterior modelado de casos de uso, haciendo uso de modelado en UML y modelado relacional de su base de datos, en cuanto a su despliegue hace uso de una plataforma web.

En [12] y en [13] se describen SIG desarrollados con ArcGIS, el primero tiene como finalidad identificar zonas óptimas para el cultivo de café, mientras que el segundo es un mapa de gestión cultivos e identificación de parcelas, sin embargo ninguno hace mención acerca de la metodología utilizada, además, en [14] describe el desarrollo de un SIG utilizando MapInfo 10.5 que permite identificar áreas con posibles afectaciones a la estructura del suelo, en lo concerniente a densidad, pH y propiedades físicas del suelo, para ello su base de datos la construyeron en Excel para ser importada posteriormente a MapInfo.

En el desarrollo de un geoportal [15], se hace uso de java script, PostgreSQL como gestor de base de datos geográfico y SCRUM como metodología de desarrollo y gestión, por lo cual desarrollaron sus historias técnicas y planificación mediante su SprintBacklog.

Metodología

Para el desarrollo del proyecto se hizo uso de la metodología propuesta en [1], la cual es la combinación de dos metodologías: SCRUM y RUP para ello se contemplaron cuatro fases: Inicio, Elaboración, Construcción y Transición; esta combinación se tomó en cuenta ya que la adaptación del proceso unificado sirve para cubrir las actividades de desarrollo del SIG al cubrir cada una de las actividades requeridas en el desarrollo de los sistemas de información, mientras que SCRUM permite lleva una gestión ágil y adaptativa, esto da como resultado un método iterativo e incremental que

puede adaptarse con facilidad a este tipo de proyectos, independientemente del área a la cuál vaya dirigido el SIG.

Materiales

Para llevar a cabo el desarrollo del SIG se utilizó QGIS en su versión de escritorio para sistema operativo MS Windows de 64 bits, para la recolección de los datos geográficos se utilizó un GPS Oregon 700 de Garmin, ya que permite obtener latitud, longitud y altura de un punto con una precisión de +/- 3,65 m, lo cual es importante, ya que se requiere conocer la ubicación geográfica de árboles, mismos que no tienen una gran separación entre sí. Para el almacenamiento de la información tanto geográfica como de tipo de tratamiento de cada árbol y su porcentaje de infección se hizo uso de MS Excel, la cual posteriormente se exporto a QGIS. Para el mapa base se utilizó el marco geo estadístico nacional de la página del INEGI.

Desarrollo del proyecto

El proyecto se desarrolló dentro de las instalaciones del Instituto Tecnológico Superior de Atlixco, con información recolectada en un huerto de aguacate ubicado en La Magdalena Axocopan, perteneciente al municipio de Atlixco, Puebla, en colaboración con estudiantes de la carrera de Ingeniería en Sistemas Computacionales para el desarrollo del SIG y de Ingeniería Bioquímica en cuanto a la recolección de muestras para la detección del patógeno Phytophthora cinnamomi.

El plan del proyecto se muestra en la tabla 1.

Tabla 1 Descripción de las fases desarrolladas en el proyecto

Fase	Número de Sprint	Actividad
1. Inicio	0	• Levantamiento de Requerimientos
2. Elaboración	1	• Creación de plantillas de Recolección de Datos • Mapa base • Diseño de la base de datos
	2	• Diseño Preliminar del SIG • Plan de desarrollo de las capas
3. Construcción	3	• Desarrollo de la Base de Datos
	4	• Plan de pruebas • Casos de prueba
	5 al 7	• Desarrollo el SIG por capas
4. Transición	8	• SIG funcionando

Del Sprint 0, mediante entrevista, se recolectaron siete historias de usuario, de las cuales se obtuvieron los siguientes requerimientos funcionales:

- Geolocalización de la plaga.
- Ubicación del número de árbol por fila.
- Identificación de los árboles que se encuentren bajo tratamiento.
- Identificación del tipo de tratamiento por fila de cultivo.
- Identificación por capas del nivel de propagación de la bacteria después de la aplicación del tratamiento.

Durante el Sprint 1 se obtuvieron las coordenadas del perímetro del huerto, lo cual fue necesario para delimitar el área de trabajo como un polígono dentro del mapa base, para ello su plantilla incluye: ID, latitud, longitud y altitud para cada punto recolectado.

En cuanto a la plantilla de recolección de datos para los árboles, esta se muestra en la figura 1.

 ISSN 2007-8102

Id	Fila	Árbol	Latitud	Longitud	Altitud	Infectado	Tratamiento
1	1	1	18°54.044'	-098°27.856'	1794	SI	TRICHODERMA ASPERELLUM 1
2	1	2	18°54.038'	-098°27.854'	1794	SI	TRICHODERMA KONINGIOPSIS 8
3	1	3	18°54.037'	-098°27.857'	1794	SI	TRICHODERMA AMATUM 12
4	1	4	18°54.038'	-098°27.858'	1794	SI	TRICHORDERMA KONINGIOPSIS 11
5	1	5	18°54.038'	-098°27.859'	1794	SI	TRICHODERMA ASPERELLUM 7

Figura 3 Plantilla de recolección de datos por cada árbol

Para el diseño de la base de datos, se determinó crearla con base a las capas necesarias para cumplir con los requisitos, las cuales se resumen en la tabla 2.

Tabla 2 Diseño de la BD del SIG con base en las capas a generar

No. Capa	Nombre de la capa	Datos a almacenar
1	Estado de Puebla y Municipio de Atlixco	Clave entidad Clave Municipio Nombre del municipio
2	Ubicación del huerto	Id Latitud Longitud Altitud
3	Perímetro y Área del huerto	Begin End
4	Puntos geográficos de los árboles	Id Fila a la que pertenecen Número de árbol
5	Tratamientos TA	Id. Fila Número de árbol Infectado o no infectado Nombre del tratamiento
6	Infectados	Id. Fila Número de árbol Porcentaje de infección

En el Sprint 4 se trabajó con la parte correspondiente a pruebas, por lo que se generó un plan de pruebas y 4 casos de prueba, los cuales se utilizó un enfoque de pruebas de funcionalidad y tomando como base para ello las historias de usuario, esto permitió posteriormente validar los resultados obtenidos en el SIG.

Resultados y discusión

Como resultado de la aplicación de la metodología, se obtuvo un SIG en el que, a partir de una capa con el mapa general de la república mexicana se le agregaron las capas necesarias para ir acotando el espacio de trabajo hasta llegar a la delimitación del terreno en el cual se encuentran sembrados los árboles de aguacate estudiados.

La figura 4 se muestra parte de la interfaz de usuario generada en el SIG, la cual despliega la distribución de los árboles de aguacate dentro del huerto.

 ISSN 2007-8102

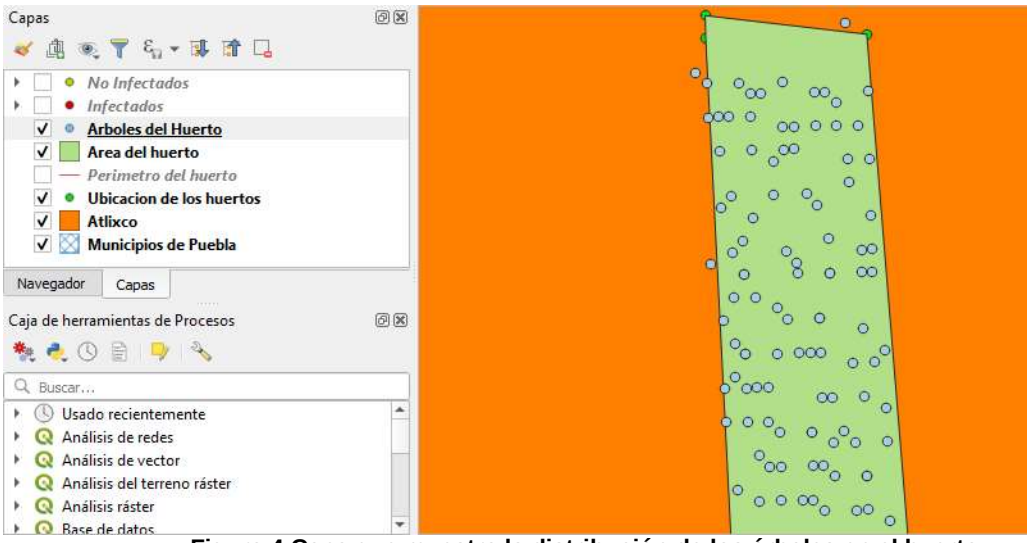


Figura 4 Capa que muestra la distribución de los árboles en el huerto

En la recolección de datos no sólo se tomaron datos geográficos de cada árbol, sino que a la base de datos se le agregaron los datos del tipo de tratamiento aplicado a cada uno de los árboles, debido a que ya se tenían problemas de plaga y les fue aplicado diferentes tratamientos para posteriormente conocer qué tratamiento resulta más eficaz en el huerto.
La figura 5 muestra qué árboles han sido tratados, para distinguir claramente en el mapa qué tipo de tratamiento se le ha suministrado, se hizo uso de un color diferente por cada uno de los tratamientos, esto con la finalidad de que a partir de estudios posteriores se determine el tratamiento más eficaz.

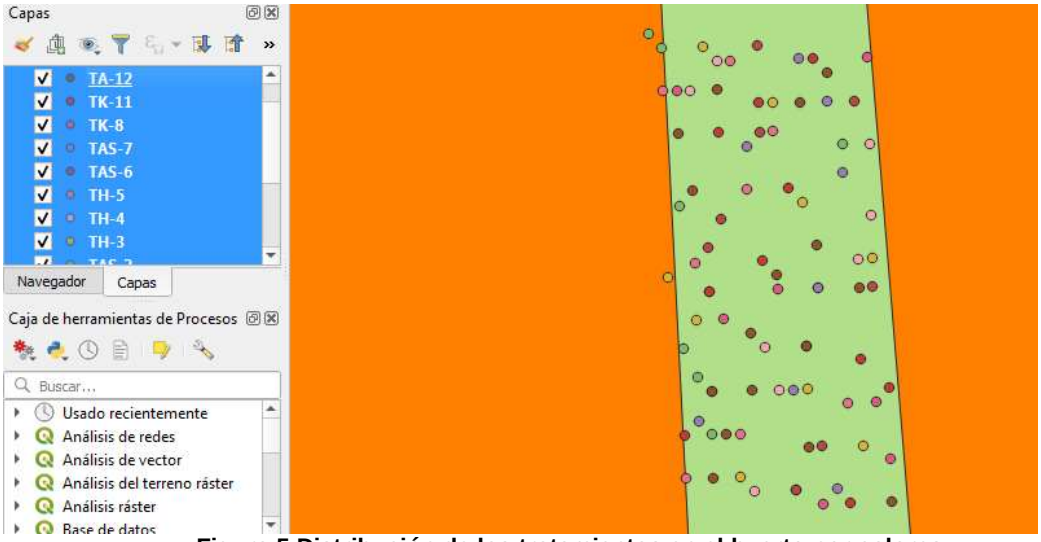


Figura 5 Distribución de los tratamientos en el huerto por colores

Finalmente, para tener una perspectiva del grado en que se han contagiado los árboles con el patógeno Phytohpthora cinnamomi, se hizo uso de gráficos que representan el porcentaje de muestras que salieron positivas al patógeno por cada árbol registrado, esto se muestra en la figura 6.

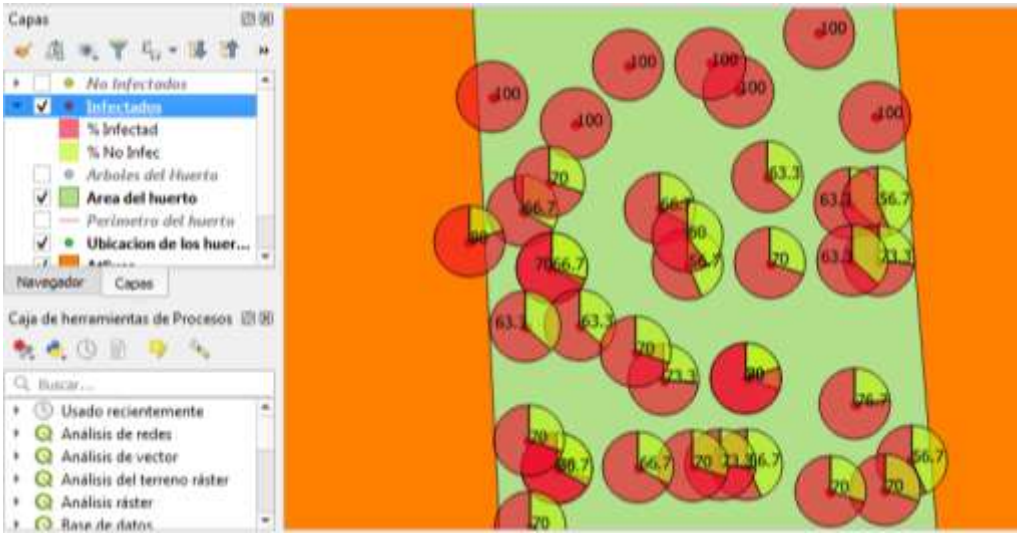


Figura 6 Capa que muestra el porcentaje de muestras que detectaron infección en los árboles de aguacate.

Estos resultados demuestran que el uso de una metodología de proceso y gestión de software es factible de ser implementada en la realización de un SIG, debido a que la metodología empleada combina RUP con Scrum y permitió lograr los objetivos establecidos, ya que al estar orientada a cada una de las fases de desarrollo se logró la construcción del SIG de forma acorde a lo solicitado, además de obtener la funcionalidad requerida, así como mostrar de manera clara y visual el grado de propagación del patógeno Phytohpthora cinnamomi en plantas de aguacate en la región de Atlixco, Puebla, México.

Trabajo a futuro

A partir de los resultados obtenidos es importante destacar que será necesario realizar nuevos muestreos y la incorporación de los resultados que se obtengan para poder apoyar en la toma de decisiones acerca del tratamiento que resulte más eficaz, así como su disponibilidad en la web para su consulta.

Conclusiones

Con el desarrollo y seguimiento del proyecto, fue posible determinar que los sistemas de información geográfica (SIG), son factibles de utilizar en diversos ámbitos y favorecen la toma de decisiones asertiva, al proveer un mecanismo de información completo y entendible, puesto que el manejo mediante capas permite conocer sólo la información requerida en un momento o con un fin específico.

Como parte de la propia estructura de un SIG se requiere el diseño basado en capas de información por lo que es importante llevar a cabo su identificación de forma oportuna y correcta, el desarrollo del proyecto a partir de la recolección de requerimientos y uso de historias de usuario permitió identificar las capas específicas y con ello dar una respuesta óptima a cada una de dichas historias, esto aseguró dar cumplimiento a los requerimientos funcionales establecidos, lo cual quedó demostrado al aplicar los casos de prueba generados, los cuales permitieron validar la funcionalidad.

Además, los resultados y experiencias obtenidas a lo largo del desarrollo del proyecto, permitieron validar la metodología basada en RUP y SCRUM, la cual en su origen incluye un documento de arquitectura, el cual fue excluido del presente trabajo debido a que ésta sería necesaria sólo si se desarrolla todo el sistema desde cero, en lugar de utilizar una aplicación de las que ya existes, como fue el caso, ya que se utilizó QGIS.

El trabajo apoyado en la división en sprints previamente fijados permitió que el trabajo fuera de manera ordenada y guiada, lo que facilita la comprensión en cuanto a qué realizar y de qué manera avanzar en el desarrollo de un SIG para personas que no conocen mucho del tema, además permite ser una guía para llevar a cabo posteriores desarrollos de Sistemas de Información Geográfica que impacten en otros ámbitos.

Agradecimientos

Al Tecnológico Nacional de México, al Instituto Tecnológico Superior de Atlixco, en especial a la academia de Ingeniería en Sistemas Computacionales por su apoyo en el desarrollo del proyecto que se presenta.

Referencias

[1] A.-C. Santander-Castillo Julieta, Ramírez-ChocolatL, Yuridia, Mariela, and C. Cortés-Peña, “Propuesta metodológica para el desarrollo y gestión de un SIG,” *Rev. Tecnol. la Inf.*, vol. 3, no. 8, pp. 103–110, 2016.

[2] E. Sánchez Duarte, “Las Tecnologías de Información y Comunicación (TIC) desde una perspectiva social,” *Rev. Electrónica Educ.*, vol. XII, no. Extraordinario, pp. 155–162, 2008.

[3] M. Muñoz Espinoza, R. Mera Andrade, J. Artieda Rojas, and V. Vega Falcón, “Tecnologías de la información y comunicación en la agricultura,” *Rev. Ciencia, Tecnol. e Innovación*, vol. 4, no. 1, pp. 105–11653, 2017.

[4] R. S. Pressman, *Ingenieria del Sofware. Un enfoque práctico*, 7a. McGraw-Hill, 2010.

[5] I. Somerville, *Ingeniería de Software*, 9a. Pearson Education, 2011.

[6] E. López Lara, C. Posada Simeón, and J. G. Moreno Navarro, “Los Sistemas de Información Geográfica,” 2006.

[7] V. Olaya, *Sistemas de Información Geográfica*. 2014.

[8] I. Del Bosque González, C. Fernández Freire, L. Martín-Forero Morente, and E. Pérez Asensio, *Los Sistemas de Información Geográfica y la Investigación en Ciencias Humanas y Sociales*. Madrid: Confederación Española de Centros de Estudios Locales (CSIC)., 2012.

[9] J. Castaño Zapata and J. M. Leal, “Manejo integrado de la pudrición de raíces del aguacate (Persea americana Miller), causada por Phytophthora cinnamomi Rands,” *Temas Agrar.*, vol. 23, no. 2, p. 131, 2018.

[10] M. A. Giraldo, “SIG como herramienta de estudio y planificacion del uso del suelo en zonas agricolas,” *Vent. Informática*, vol. 29, pp. 111–128, 2013.

[11] J. Gutiérrez Puebla, “Sistemas de Información Geográfica: funcionalidades, aplicaciones y perspectivas en Mato Grosso do Sul,” *Rev. Int. Desenvolv. Local.*, vol. 1, no. 12, pp. 41–48, 2016.

[12] L. D. Pineda Santos and J. E. Suárez Hernández, “Elaboración de un SIG orientado a la zonificación agroecológica de los cultivos Development of a GIS oriented to agro-ecological zoning of the crops,” *Rev. Ing. agrícola*, vol. 4, no. 3, pp. 28–32, 2014.

[13] C. Peiró Ros, “Aplicación SIG para una gestión de cultivos en el término municipal de Picassent (Valencia),” 2016.

[14] L. A. Fonseca, C. E. López, and I. Díaz, *Desarrollo de un Sistema de Información Geográfica*. 2018.

[15] M. A. Olivo, “Desarrollo de un Geoportal para la Gestión de Sistema de Información ALPA de la ESPOCH utilizano el framework Vue.js,” 2019.

El Algoritmo de Optimización del Dragón de Komodo (KDOA): Un algoritmo bio-inspirado novedoso

Abigail M. Díaz-Guerrero[1], Ana B. Morales-Cepeda[2], Hernán Peraza-Vázquez[1]*
[1]Instituto Politécnico Nacional, Centro de Investigación en Ciencia Aplicada y Tecnología Aplicada (CICATA) Unidad Altamira, Carretera Tampico-Puerto Industrial de Altamira, Km 14.5, Altamira/C.P. 89600, México.
[2]Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Ciudad Madero, Centro de Investigación en Petroquímica, Parque Industrial Tecnia, Altamira/C.P. 89603, México.
adiazg1500@alumno.ipn.mx

***Área de participación**: Sistemas Computacionales*

Resumen

En este trabajo se presenta un algoritmo bio-inspirado novedoso: el Algoritmo de Optimización del Dragón de Komodo (KDOA, por sus siglas en inglés). El funcionamiento del KDOA está basado en los hábitos alimenticios del dragón de Komodo en la naturaleza. El desempeño del KDOA fue evaluado con veintitrés problemas de optimización sin restricciones (F1-F23), nueve problemas de optimización restringida (F24-F32) y un problema clásico de diseño de ingeniería: el Problema de Diseño del Recipiente a Presión. Los valores mínimos obtenidos por el KDOA fueron comparados con los valores mínimos previamente reportados en la literatura. Se concluyó que el KDOA es un algoritmo bio-inspirado competitivo para la optimización matemática con y sin restricciones.

***Palabras clave**: Algoritmo bio-inspirado, optimización matemática, optimización con restricciones, optimización sin restricciones*

Abstract

In this work, a novel bio-inspired algorithm is presented: the Komodo Dragon Optimization Algorithm (KDOA). The operation of the KDOA is based on the feeding habits of the Komodo dragon in nature. The performance of the KDOA was evaluated with twenty-three unconstrained optimization problems (F1-F23), nine restricted optimization problems (F24-F32), and one classic engineering design problem: the Pressure Vessel Design Problem. The minimum values obtained by the KDOA were compared with the minimum values previously reported in the literature. It was concluded that the KDOA is a competitive bio-inspired algorithm for both restricted and unrestricted mathematical optimization.

***Keywords**: Bio-inspired algorithm, mathematical optimization, restricted optimization, unrestricted optimization*

Introducción

La optimización matemática consiste en la resolución de problemas por medio de herramientas matemáticas [1]. Para la resolución de problemas de optimización particularmente complejos, como aquellos de diseño en ingeniería, es común el uso de algoritmos metaheurísticos [2]. Los algoritmos metaheurísticos son herramientas matemáticas estocásticas que realizan búsquedas aleatorias dentro de espacios definidos y a partir de parámetros establecidos por el usuario [1]. Un algoritmo bio-inspirado es un tipo de algoritmo metaheurístico cuyo funcionamiento está basado en el comportamiento de un ser vivo, generalmente un animal, y que busca imitarlo mediante el uso de modelos matemáticos. Dicho comportamiento puede ser la forma de obtener alimento, la reproducción, la expansión del territorio o la defensa ante depredadores, entre otros [1]. Algunos ejemplos de los algoritmos bio-inspirados que se han desarrollado en los últimos años se reportan en [2-10]. Dichos algoritmos han sido exitosamente aplicados en la resolución de una gran variedad de problemas. Sin embargo, no existe un algoritmo que pueda encontrar la mejor solución para todos los problemas de optimización [2]. Es por ello que el diseño y desarrollo de nuevos algoritmos de optimización matemática es una necesidad constante dentro de las ramas de la ingeniería y las matemáticas. En este trabajo se presenta un nuevo algoritmo bio-inspirado llamado Algoritmo de Optimización del Dragón de Komodo (KDOA, por sus siglas en inglés). A continuación se describen la fuente de inspiración y los modelos matemáticos que sirvieron como base para desarrollar el algoritmo. El resto del documento se organiza de la siguiente manera: en “Metodología” se describen los problemas de prueba que se utilizaron para evaluar el desempeño del KDOA; en “Resultados y discusión” se enlistan las mejores soluciones

encontradas con el KDOA y su comparación con los mejores valores obtenidos con otros algoritmos bio-inspirados de la literatura; en “Trabajo a futuro” se mencionan las pruebas que se realizarán para complementar los resultados obtenidos; y, para finalizar, se presentan las “Conclusiones” del trabajo.

Inspiración

Como su nombre lo indica, el KDOA está inspirado en los hábitos alimenticios del dragón de Komodo (*varanus komodoensis*) en su entorno natural. La dieta del dragón de Komodo incluye huevos, pájaros, ratas, cabras, ciervos, cerdos e incluso dragones de Komodo más jóvenes, y puede alimentarse tanto de carne fresca como de carroña. Un dragón de Komodo generalmente permanecerá en estado de reposo hasta que haya una fuente de alimento cerca. Cuando una presa viva está lo suficientemente cerca, el dragón de Komodo ataca, y entonces pueden ocurrir dos escenarios diferentes: en el primero, el reptil actúa como un cazador y mata a la presa para alimentarse de ella. En el segundo, el dragón de Komodo hiere a la presa pero la deja escapar, y el comportamiento carroñero tiene lugar. Los dientes del *varanus komodoensis* son un nicho para más de cincuenta cepas de bacterias que matarán a la presa en una semana. El reptil rastreará a la presa mediante el olfato, gracias a las bacterias que proliferan en la carne podrida, y luego se alimentará de la carroña. Lo interesante de este comportamiento de carroñero es que, si un dragón de Komodo detecta carroña en su territorio, se alimentará de esta, aunque originalmente no haya sido su presa. Esto significa que el dragón de Komodo que se alimenta de la carroña será el que esté más cerca de esta, es decir, el primero en llegar a la fuente de alimentación, y este dragón de Komodo podría no ser el que dañó a la presa [11-12]. El comportamiento del cazador y del carroñero se pueden observar en la Figura 1. Cuando se produce un comportamiento de cazador, el dragón de Komodo “A” ataca a la presa y se alimenta de ella. Por otro lado, cuando ocurre un comportamiento de carroñero, el dragón de Komodo “A” ataca a la presa, pero esta se escapa. La presa eventualmente morirá debido a la infección causada por el ataque. Entonces, el dragón de Komodo “A” persigue a la carroña, pero si la carroña está más cerca del dragón de Komodo “B” que del dragón de Komodo “A”, el dragón de Komodo “B” será quien la coma.

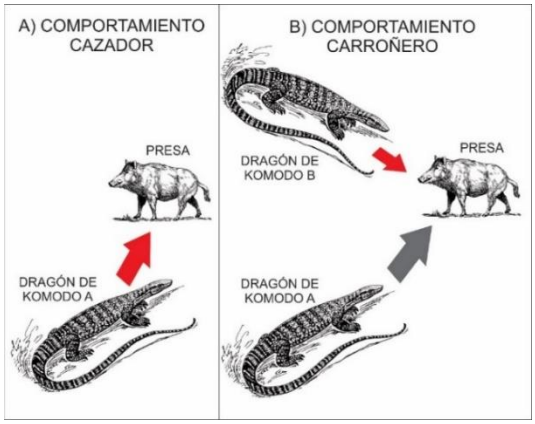


Figura 1. Hábitos de alimentación del dragón de Komodo:
A) Comportamiento del cazador y B) Comportamiento del carroñero.

Modelado matemático

En el Algoritmo de Optimización del Dragón de Komodo, los vectores que serán probados como posibles soluciones a los problemas de optimización serán representados como dragones de Komodo. Estos vectores se generarán aleatoriamente al principio. Cada uno de los dragones de Komodo simulados tendrá uno de los siguientes tres comportamientos: permanecer en estado de reposo, comportarse como un cazador o comportarse como un carroñero. La asignación de estas funciones se realizará de forma aleatoria dando a cada dragón de Komodo un valor P entre cero y uno. Si $P \leq 0.1$ se implementará la función para el estado de reposo; si $0.1 < P \leq 0.8$, la función implementada será la función para el comportamiento carroñero; y, si $P > 0.8$, será la función para el comportamiento cazador. Tras cada iteración se actualiza la mejor solución y se repite el procedimiento de asignación de vectores. Además, una función de bacterias asignará mejores valores (bacterias) a las mejores soluciones, incrementando así las posibilidades de que los dragones de Komodo escojan esas soluciones.

Si se selecciona un dragón de Komodo para permanecer en estado de reposo, el vector generado aleatoriamente (o seleccionado como la mejor solución en una iteración previa, en su caso) se seleccionará automáticamente como la mejor solución y pasará a la siguiente iteración. Esto representa el comportamiento de un dragón de Komodo esperando en su lugar hasta que una presa entre en su territorio.

Si se selecciona un dragón de Komodo para actuar como un carroñero, el vector se calculará con la Ecuación 1:

$$v(r) = \frac{1}{\beta_2} * X_* + (-1)^{\Gamma} * \sum_{k=1}^{n_a} \frac{(X_k - X_r)}{n_a} \quad \text{Ec. 1}$$

Donde r es el dragón evaluado en cada iteración, siendo $r = 1{:}\,Dn$ y Dn el número de dragones de Komodo que serán tomados en cuenta (tamaño de la población).

β_2 es un valor tal que $-1 < \beta_2 < 1$, y se calcula con la Ecuación 2:

$$\beta_2 = -1 + 2 * A \quad \text{Ec. 2}$$

Siendo A un número aleatorio en el intervalo $(0,1)$.

X_* representa el mejor vector en la iteración previa, Γ es un valor binario (cero o uno) generado aleatoriamente, n_a es un valor aleatorio que representa el número de dragones alrededor de la carroña, k es el número de vectores evaluados, y X_k y X_r son las posiciones del mejor vector y del vector actual, respectivamente.

Si se selecciona un dragón de Komodo para actuar como un cazador, un valor r_1 se calculará con la Ecuación 3:

$$r_1 \approx 1 + Dn * B \quad \text{Ec. 3}$$

Siendo B un número aleatorio en el intervalo $(0,1)$.

Los valores r_1 y r serán comparados, si $r_1 \cong r$ entonces r_1 reemplazará a r y el vector será calculado con la Ecuación 4:

$$v(r) = X_* + \beta_2 * X_{r_1} \quad \text{Ec. 4}$$

Donde X_{r_1} es la nueva posición del vector actual, ahora que r_1 ha reemplazado a r.

De otro modo, el vector será calculado con la Ecuación 5:

$$v(r) = X_* + \beta_2 * X_r \quad \text{Ec. 5}$$

Una función de bacterias será empleada para guiar a los dragones de Komodo en su búsqueda, inclinando las decisiones de los agentes de búsqueda hacia las soluciones con mayores cantidades de bacterias, es decir, aquellas con mayor olor.

Con la Ecuación 6 será calculado un valor C:

$$C = \frac{max - fit(i)}{max - min} \quad \text{Ec. 6}$$

Donde max y min son los valores máximo y mínimo para la óptima global, respectivamente, y $fit(i)$ es el valor óptimo global obtenido por el vector actual. Si $C \leq 0.9$, entonces el vector será calculado con la Ecuación 7:

$$v(r) = X_* + D * X_{r_1} - \frac{(-1)^{\Gamma} * X_{r_2}}{4} \quad \text{Ec. 7}$$

Donde r_1 y r_2 son calculados con la Ecuación 8 y la Ecuación 9, respectivamente:

$$r_1 \approx 1 + (Dn - 1) * E \quad \text{Ec. 8}$$

$$r_2 \approx 1 + (Dn - 1) * F \quad \text{Ec. 9}$$

Siendo D, E y F números aleatorios en el intervalo $(0,1)$.

Metodología

Optimización matemática sin restricciones

En la Tabla 1 se enlistan las funciones matemáticas sin restricciones que fueron empleadas en la evaluación del KDOA. Los resultados obtenidos con el KDOA fueron comparados con aquellos previamente reportados por S. Mirjalili y A. Lewis en [13], obtenidos con el uso del Algoritmo de la Optimización de la Ballena (WOA, por sus siglas en inglés) [13], el algoritmo de Optimización del Enjambre de Partículas (PSO, por sus siglas en inglés) [14], el Algoritmo de la Búsqueda Gravitacional (GSA, por sus siglas en inglés) [15], el algoritmo de la Evolución Diferencial (DE, por sus siglas en inglés) [16] y el algoritmo de Programación Evolutiva Rápida (FEP, por sus siglas en inglés) [17]. El criterio estadístico empleado para realizar esta comparación fue el Error Absoluto Medio (MAE, por sus siglas en inglés), que se calcula con la Ecuación 10:

$$MAE = \frac{\sum_{i=1}^{N} |m_i - k_i|}{N} \quad \text{Ec.10}$$

Donde m_i es la media de los valores obtenidos, k_i es el valor de la óptima global y N es el número de funciones evaluadas.

Tabla 1. Funciones de referencia sin restricciones para la evaluación del desempeño de algoritmos en pruebas de optimización matemática.

Función	Intervalo	f_{min}	No. variables
$F_1(x) = \sum_{i=1}^{n} x_i^2$	[-100,100]	0	30
$F_2(x) = \sum_{i=1}^{n} \lvert x_i \rvert + \prod_{i=1}^{n} \lvert x_i \rvert$	[-10,10]	0	30

$F_3(x) = \sum_{i=1}^{n}\left(\sum_{j-1}^{i} x_j\right)^2$	[-100,100]	0	30
$F_4(x) = max_i\{\lvert x_i\rvert, 1 \le i \le n\}$	[-100,100]	0	30
$F_5(x) = \sum_{i=1}^{n-1}[100(x_{i+1} - x_i^2)^2 + (x_i - 1)^2]$	[-30,30]	0	30
$F_6(x) = \sum_{i=1}^{n}([x_i + 0.5])^2$	[-100,100]	0	30
$F_7(x) = \sum_{i=1}^{n} ix_i^4 + random$	[-1.28,1.28]	0	30
$F_8(x) = \sum_{i=1}^{n} -x_i sin\left(\sqrt{\lvert x_i\rvert}\right)$	[-500,500]	−418.9829×5	30
$F_9(x) = \sum_{i=1}^{n}[x_i^2 - 10cos(2\pi x_i) + 10]$	[-5.12,5.12]	0	30
$F_{10}(x) = -20exp\left(-0.2\sqrt{\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} x_i^2}\right) - exp\left(\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} cos(2\pi x_i)\right) + 20 + e$	[-32,32]	0	30
$F_{11}(x) = \frac{1}{4000}\sum_{i=1}^{n} x_i^2 - \prod_{i=1}^{n} cos\left(\frac{x_i}{\sqrt{i}}\right) + 1$	[-600,600]	0	30
$F_{12}(x) = \frac{\pi}{n}\left\{10sin(\pi y_1) + \sum_{i=1}^{n-1}(y_i - 1)^2[1 + 10sin^2(\pi y_{i+1})] + (y_n - 1)^2\right\} + \sum_{i=1}^{n} u(x_i, 10,100,4)$ $y_i = 1 + \frac{x_i + 1}{4}$ $u(x_i, a, k, m) = \begin{cases} k(x_i - a)^m x_i > a \\ 0 - a < x_i < a \\ k(-x_i - a)^m x_i \leftarrow a \end{cases}$	[-50,50]	0	30
$F_{13}(x) = 0.1\left\{sin^2(3\pi x_1) + \sum_{i=1}^{n}(x_i - 1)^2[1 + sin^2(3\pi x_i + 1)] + (x_n - 1)^2[1 + sin^2(2\pi x_n)]\right\} + \sum_{i=1}^{n} u(x_i, 5,100,4)$	[-50,50]	0	30
$F_{14}(x) = \left(\frac{1}{500} + \sum_{j=1}^{25}\frac{1}{j + \sum_{i=1}^{2}(x_i - a_{ij})^6}\right)^{-1}$	[-65,65]	1	2
$F_{15}(x) = \sum_{i=1}^{11}\left[a_i - \frac{x_1(b_i^2 + b_i x_2)}{b_i^2 + b_i x_3 + x_4}\right]^2$	[-5,5]	0.00030	4
$F_{16}(x) = 4x_1^2 - 2.1x_1^4 + \frac{1}{3}x_1^6 + x_1x_2 - 4x_2^2 + 4x_2^4$	[-5,5]	-1.0316	2
$F_{17}(x) = \left(x_2 - \frac{5.1}{4\pi^2}x_1^2 + \frac{5}{\pi}x_1 - 6\right)^2 + 10\left(1 - \frac{1}{8\pi}\right)cosx_1 + 10$	[-5,5]	0.398	2
$F_{18}(x) = [1 + (x_1 + x_2 + 1)^2(19 - 14x_1 + 3x_1^2 - 14x_2 + 6x_1x_2 + 3x_2^2)]$ $* [30 + (2x_1 - 3x_2)^2(18 - 32x_1 + 12x_1^2 + 48x_2 - 36x_1x_2 - 27x_2^2)]$	[-2,2]	3	2
$F_{19}(x) = -\sum_{i=1}^{4} c_i exp\left(-\sum_{j=1}^{3} a_{ij}(x_j - p_{ij})^2\right)$	[1,3]	-3.86	3
$F_{20}(x) = -\sum_{i=1}^{4} c_i exp\left(-\sum_{j=1}^{6} a_{ij}(x_j - p_{ij})^2\right)$	[0,1]	-3.32	6
$F_{21}(x) = -\sum_{i=1}^{5}[(x - a_i)(x - a_i)^T + c_i]^{-1}$	[0,10]	-10.1532	4
$F_{22}(x) = -\sum_{i=1}^{7}[(x - a_i)(x - a_i)^T + c_i]^{-1}$	[0,10]	-10.4028	4
$F_{23}(x) = -\sum_{i=1}^{10}[(x - a_i)(x - a_i)^T + c_i]^{-1}$	[0,10]	-10.5363	4

Optimización matemática con restricciones

En la Tabla 2 se enlistan las funciones matemáticas sin restricciones que fueron empleadas en la evaluación del KDOA. Los resultados obtenidos fueron comparados con aquellos previamente reportados en [18-19].

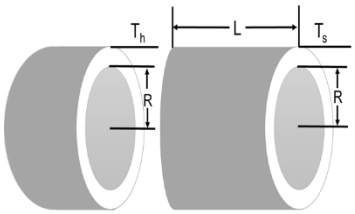
Tabla 2. Funciones de referencia con restricciones para la evaluación del desempeño de algoritmos en pruebas de optimización matemática.

Función	Restricciones	Espacio de búsqueda
$F_{24}(x) = (x_1^2 + x_2 - 11)^2 + (x_1 + x_2^2 - 7)^2$	$g_1(x) = 4.84 - (x_1 - 0.05)^2 - (x_2 - 2.5)^2 \ge 0$ $g_2(x) = x_1^2 + (x_2 - 2.5)^2 - 4.84 \ge 0$	$0 \le x_i \le 6$ $i = 1,2$
$F_{25}(x) = (x_1 - 10)^2 + 5(x_2 - 12)^2 + x_3^4 + 3(x_4 - 11)^2 + 10x_5^6 + 7x_6^2 + x_7^4 - 4x_6x_7 - 10x_6 - 8x_7$	$g_1(x) \equiv 127 - 2x_1^2 - 3x_2^4 - x_3 - 4x_4^2 - 5x_5 \ge 0$ $g_2(x) \equiv 282 - 7x_1 - 3x_2 - 10x_3^2 - x_4 + x_5 \ge 0$ $g_3(x) \equiv 196 - 23x_1 - x_2^2 - 6x_6^2 + 8x_7 \ge 0$ $g_4(x) \equiv -4x_1^2 - x_2^2 + 3x_1x_2 - 2x_3^2 - 5x_6 + 11x_7 \ge 0$	$-10 \le x_i \le 10$ $i = 1,2,3,4,5,6,7$
$F_{26}(x) = 5\sum_{i=1}^{4} x_i - 5\sum_{i=1}^{4} x_i^2 - \sum_{i=5}^{13} x_i$	$g_1(x) = 2x_1 + 2x_2 + x_{10} + x_{11} - 10 \le 0$ $g_2(x) = 2x_1 + 2x_3 + x_{10} + x_{12} - 10 \le 0$ $g_3(x) = 2x_2 + 2x_3 + x_{11} + x_{12} - 10 \le 0$ $g_4(x) = -8x_1 + x_{10} \le 0$ $g_5(x) = -8x_2 + x_{11} \le 0$ $g_6(x) = -8x_3 + x_{12} \le 0$ $g_7(x) = -2x_4 - x_5 + x_{10} \le 0$ $g_8(x) = -2x_6 - x_7 + x_{11} \le 0$ $g_9(x) = -2x_8 - x_9 + x_{12} \le 0$ $x_i \ge 0$	$0 \le x_i \le u_i$ $i = 1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12,13$ $u = (1,1,1,1,1,1,1,1,1,100,100,100,1)$

	$i = 1, \dots, 13$ $x_i \leq 1$ $i = 1, \dots, 9, 13$	
$F_{27}(x) = 5.3578547x_3^2 + 0.8356891x_1x_5 + 37.293239x_1 - 40792.141$	$g_1(x) = u(x) - 92 \leq 0$ $g_2(x) = -u(x) \leq 0$ $g_3(x) = v(x) - 100 \leq 0$ $g_4(x) = -v(x) + 90 \leq 0$ $g_5(x) = w(x) - 25 \leq 0$ $g_6(x) = -w(x) + 20 \leq 0$ $u(x) = 85.334407 + 0.0056858x_2x_5 + 0.0006262x_1x_4 - 0.0022053x_3x_5$ $v(x) = 80.51249 + 0.0071317x_2x_5 + 0.0029955x_1x_2 + 0.0021813x_3^2$ $w(x) = 9.300961 + 0.0047026x_3x_5 + 0.0012547x_1x_3 + 0.0019085x_3x_4$	$l_i \leq x_i \leq u_i$ $i = 1, 2, 3, 4, 5$ $l = (78, 33, 27, 27, 27)$ $u = (102, 45, 45, 45, 45)$
$F_{28}(x) = 3x_3 + 10^{-6}x_1^3 + 2x_2 + \frac{2}{3} * 10^{-6}x_2^3$	$g_1(x) = x_3 - x_4 - 0.55 \leq 0$ $g_2(x) = x_4 - x_3 - 0.55 \leq 0$ $h_1(x) = 1000[\sin(-x_3 - 0.25) + \sin(-x_4 - 0.25)] + 894.8 - x_1 = 0$ $h_2(x) = 1000[\sin(x_3 - 0.25) + \sin(x_3 - x_4 - 0.25)] + 894.8 - x_2 = 0$ $h_3(x) = 1000[\sin(x_4 - 0.25) + \sin(x_4 - x_3 - 0.25)] + 1294.8 = 0$ $l_i \leq x_i \leq u_i, i = 1, 2, 3, 4$ $l = (0, 0, -0.55, -0.55)$ $u = (1200, 1200, 0.55, 0.55)$	$l_i \leq x_i \leq u_i$ $i = 1, 2, 3, 4$ $l = (0, 0, -0.55, -0.55)$ $u = (1200, 1200, 0.55, 0.55)$
$F_{29}(x) = (x_1 - 10)^3 + (x_2 - 20)^3$	$g_1(x) = (x_1 - 5)^2 + (x_2 - 5)^2 + 100 \leq 0$ $g_2(x) = (x_1 - 5)^2 + (x_2 - 5)^2 - 82.81 \leq 0$	$l_i \leq x_i \leq 100$ $i = 1, 2$ $l = (13, 0)$
$F_{30}(x) = (x_1 - 10)^2 + 5(x_2 - 12)^2 + x_3^4 + 3(x_4 - 11)^2 + 10x_5^6 + 7x_6^2 + x_7^4 - 4x_6x_7 - 10x_6 - 8x_7$	$g_1(x) = 2x_1^2 + 3x_2^4 + x_3 + 4x_4^2 + 5x_5 - 127 \leq 0$ $g_2(x) = 7x_1 + 3x_2 + 10x_3^2 + x_4 - x_5 - 282 \leq 0$ $g_3(x) = 23x_1 + x_2^2 + 6x_6^2 - 8x_7 - 196 \leq 0$ $g_4(x) = 4x_1^2 + x_2^2 - 3x_1x_2 + 2x_3^2 + 5x_6 - 11x_7 \leq 0$	$-10 \leq x_i \leq 10$ $i = 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7$
$F_{31}(x) = x_1^2 + (x_2 - 1)^2$	$h_1(x) = x_2 - x_1^2 = 0$	$-1 \leq x_i \leq 1$ $i = 1, 2$
$F_{32}(x) = 1 - 0.01[(x_1 - 5)^2 + (x_2 - 5)^2 + (x_3 - 5)^2]$	$g_{i,j,k}(x) = (x_1 - i)^2 + (x_2 - j)^2 + (x_3 - k)^2 - 0.0625 \leq 0$ $i, j, k = 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9$	$0 \leq x_i \leq 10$ $i = 1, 2, 3$

El Problema de Diseño del Recipiente a Presión: un problema clásico de ingeniería

El algoritmo fue evaluado en la resolución del Problema de Diseño del Recipiente a Presión, un problema restringido que es ampliamente usado en la evaluación de algoritmos de optimización matemática. El objetivo de este problema es minimizar el costo de los materiales y formación de un recipiente cilíndrico a presión. Como se muestra en la Figura 2, ambos lados del recipiente están tapados y la cabeza tiene una forma semiesférica. Las variables de optimización para este problema son: el espesor de la coraza (T_s), el espesor de la cabeza (T_h), el radio interno (R) y la longitud de la sección cilíndrica sin considerar la cabeza (L).



Considerando que: $\vec{x} = [x_1\ x_2\ x_3\ x_4] = [T_s\ T_h\ R\ L]$

Minimizar: $F(x) = 0.6224x_1x_3x_4 + 1.7781x_2x_3^2 + 3.1661x_1^2x_4 + 19.84x_1^2x_3$

Sujeto a: $g_1(x) = -x_1 + 0.0193x_3 \leq 0$; $g_2(x) = -x_3 + 0.00954x_3 \leq 0$; $g_3(x) = -\pi x_3^2x_4 - \frac{4}{3}\pi x_3^3 + 1296000 \leq 0$ y $g_4(x) = x_4 - 240 \leq 0$

En el espacio de búsqueda: $0 \leq x_1 \leq 99$; $0 \leq x_2 \leq 99$; $10 \leq x_3 \leq 200$ y $10 \leq x_4 \leq 200$

Figura 2. Problema de Diseño del Recipiente a Presión.

Resultados y discusión

En la Tabla 3 se muestran los resultados obtenidos por el KDOA en la resolución de los problemas de optimización sin restricciones, así como la comparación con los valores reportados en [13]. En todas las pruebas se empleó un tamaño de población de 30 agentes de búsqueda y un número máximo de 200 iteraciones. Cada problema fue resuelto 30 veces.

Tabla 3. Resultados obtenidos y su comparación con los resultados obtenidos por S. Mirjalili y A. Lewis [13].

F	KDOA		WOA [13]		PSO [14]		GSA [15]		DE [16]		FEP [17]	
	Promedio	*D. E.*	*Promedio*	*D. E.*	*Promedio*	*D. E.*	*Promedio*	*D. E.*	*Promedio*	*D. E.*	*Promedio*	*D. E.*
F1	2.60E-110	1.4229E-109	1.41E−30	4.91E−30	0.000136	0.000202	2.53E−16	9.67E−17	8.2E−14	5.9E−14	0.00057	0.00013
F2	9.54E-63	5.2229E-62	1.06E−21	2.39E−21	0.042144	0.045421	0.055655	0.194074	1.5E−09	9.9E−10	0.0081	0.00077
F3	3.42E-106	1.8719E-105	5.39E−07	2.93E−06	70.12562	22.11924	896.5347	318.9559	6.8E−11	7.4E−11	0.016	0.014
F4	2.94E-81	1.61206E-80	0.072581	0.39747	1.086481	0.317039	7.35487	1.741452	0	0	0.3	0.5
F5	28.974113 33	0.018876198	27.86558	0.763626	96.71832	60.11559	67.54309	62.22534	0	0	5.06	5.87

F6	6.759066667	0.688931069	3.116266	0.532429	0.000102	8.28E−05	2.5E−16	1.74E−16	0	0	0	0
F7	0.002894005	0.006311803	0.001425	0.001149	0.122854	0.044957	0.089441	0.04339	0.00463	0.0012	0.1415	0.3522
F8	-3264.687037	362.6801903	−5080.76	695.7968	−4841.29	1152.814	−2821.07	493.0375	−11080.1	574.7	−12554.5	52.6
F9	0	0	0	0	46.70423	11.62938	25.96841	7.470068	69.2	38.8	0.046	0.012
F10	8.8818E-16	4.01173E-31	7.4043	9.897572	0.276015	0.50901	0.062087	0.23628	9.7E−08	4.2E−08	0.018	0.0021
F11	0	0	0.000289	0.001586	0.009215	0.007724	27.70154	5.040343	0	0	0.016	0.022
F12	1.040387333	0.56766928	0.339676	0.214864	0.006917	0.026301	1.799617	0.95114	7.9E−15	8E−15	9.2E−06	3.6E−06
F13	3.33558	0.371550525	1.889015	0.266088	0.006675	0.008907	8.899084	7.126241	5.1E−14	4.8E−14	0.00016	0.000073
F14	7.488053333	4.301020483	2.111973	2.498594	3.627168	2.560828	5.859838	3.831299	0.998004	3.3E−16	1.22	0.56
F15	0.014119455	0.015575443	0.000572	0.000324	0.000577	0.000222	0.003673	0.001647	4.5E−14	0.00033	0.0005	0.00032
F16	-0.976834	0.206967033	−1.03163	4.2E−07	−1.03163	6.25E−16	−1.03163	4.88E−16	−1.03163	3.1E−13	−1.03	4.9E−07
F17	0.400977667	0.012405312	0.397914	2.7E−05	0.397887	0	0.397887	0	0.397887	9.9E−09	0.398	1.5E−07
F18	3.00559	0.022612452	3	4.22E−15	3	1.33E−15	3	4.17E−15	3	2E−15	3.02	0.11
F19	-3.776353333	0.096675457	−3.85616	0.002706	−3.86278	2.58E−15	−3.86278	2.29E−15	N/A	N/A	−3.86	0.000014
F20	-2.767566667	0.461645682	−2.98105	0.376653	−3.26634	0.060516	−3.31778	0.023081	N/A	N/A	−3.27	0.059
F21	-3.146883	2.093721871	−7.04918	3.629551	−6.8651	3.019644	−5.95512	3.737079	−10.1532	0.0000025	−5.52	1.59
F22	-3.69014	2.289050838	−8.18178	3.829202	−8.45653	3.087094	−9.68447	2.014088	−10.4029	3.9E−07	−5.53	2.12
F23	-3.039999333	1.960449877	−9.34238	2.414737	−9.95291	1.782786	−10.5364	2.6E−15	−10.5364	1.9E−07	−6.57	3.14

En la Tabla 4 se presentan los valores de Error Absoluto Medio de los resultados obtenidos por el KDOA, el WOA, el PSO, el GSA, el DE y el FEP [13] en la resolución de las 23 funciones de optimización sin restricciones. Los algoritmos bio-inspirados se encuentran enlistados con respecto a su posición en el rango de los valores de MAE obtenidos. Como se observa, el Algoritmo de Optimización del Dragón de Komodo tiene el menor valor de MAE dentro del rango de valores obtenidos, lo cual demuestra que su desempeño es superior al de los otros algoritmos.

Tabla 4. MAE obtenido por el KDOA en la resolución de las funciones de referencia y su comparación con los MAE obtenidos con WOA, PSO, GSA, DE y FEP [13].

Algoritmo	MAE	Posición en el rango
KDOA	53.8392	1
GSA	77.0412547	2
PSO	129.129391	3
WOA	131.935163	4
DE	431.16156	5
FEP	455.60678	6

En la Tabla 5 se muestran los resultados obtenidos por el KDOA en la resolución de los problemas de optimización con restricciones y la comparación con los mínimos globales previamente reportados en la literatura. En todas las pruebas se empleó un tamaño de población de 30 agentes de búsqueda y un número máximo de 200 iteraciones. Cada problema fue resuelto 30 veces.

Tabla 5. Resultados de la resolución de funciones con restricciones por medio del KDOA.

Función	Mejor valor mínimo global	Mínimo global promedio con KDOA (σ)
F24	$F_{24}(x) = 13.59085$ [18]	$F_{24}(x) = 3.77744$ *(std 0.03)*
F25	$F_{25}(x) = 680.6300573$ [18]	$F_{25}(x) = 494.840437$ *(std 183.67)*
F26	$F_{26}(x) = -15$ [19]	$F_{26}(x) = -23.9605466$ *(std 3.55)*
F27	$F_{27}(x) = -30665.539$ [19]	$F_{27}(x) = -32226.5493$ *(std 36.58)*
F28	$F_{28}(x) = 5126.4981$ [19]	$F_{28}(x) = 1598.8759$ *(std 6.94E-13)*
F29	$F_{29}(x) = -6961.81388$ [19]	$F_{29}(x) = -7962$ *(std 0)*
F30	$F_{30}(x) = 680.6300573$ [19]	$F_{30}(x) = 495.1463633$ *(std 160.32)*
F31	$F_{31}(x) = 0.75$ [19]	$F_{31}(x) = 0.7499$ *(std 1.13E-16)*
F32	$F_{32}(x) = 1$ [19]	$F_{32}(x) = -0.965713667$ *(std 0.03)*

El costo óptimo obtenido con el KDOA para el Problema de Diseño del Recipiente a Presión, así como los correspondientes valores óptimos para las variables T_s, T_h, R, y L, se reportan en la Tabla 6. También se muestra la comparación entre los resultados obtenidos con el KDOA y los resultados previamente reportados en la literatura, obtenidos por el algoritmo Optimizador de la Colonia de Hormigas (ACO, por sus siglas en inglés) [20], el Algoritmo de Evolución Diferencial (DE, por sus siglas en inglés) [21], el Algoritmo de Optimización de la Ballena (WOA, por sus siglas en inglés) [13], la Estrategia de Evolución (ES, por sus siglas en inglés) [22], el Algoritmo Genético (GA, por sus siglas en inglés) [23–25], el algoritmo de Optimización del Enjambre de Partículas (PSO, por sus siglas en inglés) [26], la Búsqueda Armónica mejorada (HS, por sus siglas en inglés) [27], los métodos matemáticos del Multiplicador Lagrangiano [28] y del atado de ramas o "Branch-bound" [29], y el Algoritmo de la Búsqueda Gravitacional (GSA, por sus siglas en inglés) [13]. Como se observa, el Algoritmo de Optimización del Dragón de Komodo encontró el mejor costo óptimo para el recipiente de presión.

Tabla 6. Resultados del KDOA para el Problema de Diseño del Recipiente a Presión y comparación con la literatura.

Algoritmo	Valores óptimos para las variables				Costo óptimo
	T_s	T_h	R	L	
KDOA	0.807674253	0.390879126	40.97265157	191.1289573	6028.4553
ACO [20]	0.812500	0.437500	42.103624	176.572656	6059.0888 (inviable)
DE [21]	0.812500	0.437500	42.098411	176.637690	6059.734
WOA [13]	0.812500	0.437500	42.0982699	176.638998	6059.741
ES [22]	0.812500	0.437500	42.098087	176.640518	6059.7456
GA [23]	0.812500	0.437500	42.097398	176.654050	6059.9463
PSO [26]	0.812500	0.437500	42.091266	176.746500	6061.0777
GA [24]	0.812500	0.434500	40.323900	200.000000	6288.7445
GA [25]	0.937500	0.500000	48.329000	112.679000	6410.3811
HS mejorada [27]	1.125000	0.625000	58.29015	43.69268	7197.73
Multiplicador Lagrangiano [28]	1.125000	0.625000	58.291000	43.6900000	7198.0428
Branch-bound [29]	1.125000	0.625000	47.700000	117.701000	8129.1036
GSA [13]	1.125000	0.625000	55.9886598	84.4542025	8538.8359

Trabajo a futuro

Se contempla la aplicación del KDOA en la optimización de problemas de ingeniería química y de procesos, así como actualizar el algoritmo para que puede ser capaz de abordar problemas de optimización multiobjetivo, tomando las instancias de prueba de [30].

Conclusiones

En este artículo se presentó el Algoritmo de Optimización del Dragón de Komodo (KDOA, por sus siglas en inglés), un algoritmo de optimización matemática que está inspirado en los hábitos de alimentación del dragón de Komodo. El KDOA se probó en la resolución de veintitrés problemas de optimización sin restricciones, nueve problemas de optimización restringida y un problema clásico de diseño de ingeniería. El desempeño del KDOA fue comparado con el de otros algoritmos y se encontró que KDOA igualó o superó los valores óptimos previamente reportados. Por lo tanto, se concluye que el KDOA es un algoritmo competitivo para la resolución de problemas de optimización matemática con y sin restricciones.

Agradecimientos

Este proyecto fue financiado por el Instituto Politécnico Nacional a través de las becas SIP-20195104 y SIP-20200068 y por el Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Ciudad Madero. La primera autora reconoce el apoyo del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, por medio de la beca número 591868, para realizar sus estudios de Doctorado en Tecnología Avanzada.

Referencias

[1] X.-S. Yang, Ed., *Nature-Inspired Metaheuristic Algorithms*, 2nd. ed. United Kingdom: Luniver Press, 2010.

[2] M. Yazdani and F. Jolai, “Lion Optimization Algorithm (LOA): A nature-inspired metaheuristic algorithm,” *Journal of Computational Design and Engineering*, vol. 3, no. 1, pp. 24–36, January 2016. DOI: https://doi.org/10.1016/j.jcde.2015.06.003
[3] Y. Labbi, *et al.*, “A new rooted tree optimization algorithm for economic dispatch with valve-point effect,” *Electrical Power and Energy Systems*, vol. 79, pp. 298–311, February 2016. DOI: https://doi.org/10.1016/j.ijepes.2016.01.028
[4] M. D. Li, *et al.*, “A novel nature-inspired algorithm for optimization: Virus colony search,” *Advances in Engineering Software*, vol. 92, pp. 65–88, February 2016. DOI: https://doi.org/10.1016/j.advengsoft.2015.11.004
[5] S. Mirjalili, “The ant lion optimizer,” *Advances in Engineering Software*, vol. 83, pp. 80–98, March 2015. DOI: https://doi.org/10.1016/j.advengsoft.2015.01.010
[6] S. Saremi, S. Mirjalili, and A. Lewis, “Grasshopper Optimisation Algorithm: Theory and application,” *Advances in Engineering Software*, vol. 105, pp. 30–47, January 2017. DOI: https://doi.org/10.1016/j.advengsoft.2017.01.004
[7] X. Qi, Y. Zhu, and H. Zhang, “A new meta-heuristic butterfly-inspired algorithm,” *Journal of Computational Science*, vol. 23, pp. 226–239, June 2017. DOI: https://doi.org/10.1016/j.jocs.2017.06.003
[8] F. Fausto, *et al.*, “A global optimization algorithm inspired in the behavior of selfish herds,” *BioSystems*, vol. 160, pp. 39–55, August 2017. DOI: https://doi.org/10.1016/j.biosystems.2017.07.010
[9] T. R. Biyanto, *et al.*, “Killer Whale Algorithm: An Algorithm Inspired by the Life of Killer Whale,” *Procedia Computer Science*, vol. 124, pp. 151–157, November 2017. DOI: https://doi.org/10.1016/j.procs.2017.12.141
[10] A. Cheraghalipour, M. Hajiaghaei-Keshteli, and M. Mahdi, “Tree Growth Algorithm (TGA): A novel approach for solving optimization problems,” *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, vol. 72, pp. 393–414, June 2018. DOI: https://doi.org/10.1016/j.engappai.2018.04.021
[11] C. Ciofi, “The Komodo Dragon,” *Scientific American*, vol. 280, no. 3, pp. 84–91, March 1999.
[12] World Animal Foundation. “Komodo Dragon Fact Sheet,” accessed 14 December 2017. [Online]. Available: http://www.worldanimalfoundation.net/f/Komodo_Dragon.pdf
[13] S. Mirjalili and A. Lewis, “The Whale Optimization Algorithm,” *Advances in Engineering Software*, vol. 95, pp. 51–67, May 2016. DOI: https://doi.org/10.1016/j.advengsoft.2016.01.008
[14] J. Kennedy and R. Eberhart, “Particle Swarm Optimization,” in *1995 IEEE International Conference on Neural Networks: proceedings*, Perth, Australia, pp. 1942–1948, November–December 1995.
[15] E. Rashedi, H. Nezamabadi-Pour and S. Saryazdi, “GSA: a gravitational search algorithm,” *Information Sciences*, vol. 179, no. 13, pp. 2232–2248, June 2009. DOI: https://doi.org/10.1016/j.ins.2009.03.004
[16] R. Storn and K. Price, “Differential Evolution – A Simple and Efficient Heuristic for global Optimization over Continuous Spaces,” *Journal of Global Optimization*, vol. 11, pp. 341–359, December 1997. DOI: https://doi.org/10.1023/A:1008202821328
[17] X. Yao, Y. Liu and G. Lin, “Evolutionary programming made faster,” *IEEE Transactions on Evolutionary Computation*, vol. 3, no. 2, pp. 82–102, July 1999. DOI: 10.1109/4235.771163
[18] K. Deb, “An efficient constraint handling method for genetic algorithms,” *Computer methods in applied mechanics and engineering*, vol. 186, no. 2-4, pp. 311–338, June 2000. DOI: https://doi.org/10.1016/S0045-7825(99)00389-8
[19] A.-R. Hedar, “Test Problems for Constrained Global Optimization,” *Global Optimization Methods and Codes*, Consulted in October 2019. [Online]. Available: http://www-optima.amp.i.kyoto-u.ac.jp/member/student/hedar/Hedar_files/TestGO_files/Page422.htm
[20] A. Kaveh and S. Talatahari, “An improved ant colony optimization for constrained engineering design problems,” *Engineering Computations*, vol. 27, no. 1, pp. 155–182, January 2010. DOI: 10.1108/02644401011008577
[21] L. J. Li, *et al.*, “A heuristic particle swarm optimizer for optimization of pin connected structures,” *Computers & Structures*, vol. 85, no. 7–8, pp. 340–349, April 2007. DOI: https://doi.org/10.1016/j.compstruc.2006.11.020
[22] E. Mezura-Montes and C. A. Coello Coello, “An empirical study about the usefulness of evolution strategies to solve constrained optimization problems,” *International Journal of General Systems*, vol. 37, no. 4, pp. 443–473, July 2008. DOI: https://doi.org/10.1080/03081070701303470
[23] C. A. Coello Coello and E. Mezura Montes, “Constraint-handling in genetic algorithms through the use of dominance-based tournament selection,” *Advanced Engineering Informatics*, vol. 16, no. 3, pp. 193–203, July 2002. DOI: https://doi.org/10.1016/S1474-0346(02)00011-3

[24] C. A. Coello Coello, “Use of a self-adaptive penalty approach for engineering optimization problems,” *Computers in Industry*, vol. 41, no. 2, pp. 113–127, March 2000. DOI: 10.1016/S0166-3615(99)00046-9
[25] K. Deb, “GeneAS: A Robust Optimal Design Technique for Mechanical Component Design,” in *Evolutionary Algorithms in Engineering Applications*, D. Dasgupta and Z. Michalewicz, Ed. Berlin–Heidelberg: Springer, 1997, pp. 497–514.
[26] Q. He and L. Wang, “An effective co-evolutionary particle swarm optimization for constrained engineering design problems,” *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, vol. 20, no. 1, pp. 89–99, February 2007. DOI: 10.1016/j.engappai.2006.03.003
[27] M. Mahdavi, M. Fesanghary and E. Damangir, “An improved harmony search algorithm for solving optimization problems,” *Applied Mathematics and Computation*, vol. 188, no. 2, pp. 1567–1579, May 2007. DOI: https://doi.org/10.1016/j.amc.2006.11.033
[28] B. K. Kannan and S. N. Kramer, “An Augmented Lagrange Multiplier Based Method for Mixed Integer Discrete Continuous Optimization and Its Applications to Mechanical Design,” *Journal of Mechanical Design*, vol. 116, no. 2, pp. 405–411, June 1994. DOI: https://doi.org/10.1115/1.2919393
[29] E. Sandgren, “Nonlinear Integer and Discrete Programming in Mechanical Design Optimization,” *Journal of Mechanical Design*, vol. 112, no. 2, pp. 223–229, June 1990. DOI: https://doi.org/10.1115/1.2912596
[30] Q. Zhang, *et al.*, “Multiobjective optimization Test Instances for the CEC 2009 Special Session and Competition,” The School of Computer Science and Electronic Engineering, Uniersity of Essex, UK, Technical Report CES-487, April 2009.

Seguridad aplicada en las Redes Sociales mediante extracción de datos

E. Onofre Ruiz[1], B. Y. Ramírez Herrerías[2], J. Martínez Santiago[3], R. Castro Valdivia,[4] A. Escobar García[5]*
[1]Ingeniería en Tecnologías de la Información, Universidad Tecnológica del Centro de Veracruz,
Av. Universidad N° 350, Carretera Federal Cuitláhuac - La Tinaja, Localidad Dos Caminos, Cuitláhuac, Ver.
**eric.onofre@utcv.edu.mx*

***Área de participación**: Sistemas Computacionales*

Resumen

De acuerdo con estudios realizados, actualmente en el mundo hay más de trescientos millones de usuarios que se conectan a diario a las redes sociales, es decir, un 42% de la población mundial. Hoy en día, las redes sociales no solo son exclusivas para jóvenes y adolescentes, también son utilizadas por otras generaciones adultas; sin embargo, los usuarios deben de ser conscientes y saber utilizarlas con responsabilidad, cuidando el contenido que publican y la información personal que comparten, porque este tipo de información puede ser valiosa para ciberdelincuentes. Estos se sirven de este tipo de información para cometer ciberdelitos en contra de los usuarios. Es por ello por lo que SARA (Seguridad a las Redes Sociales), tiene el objetivo de reducir los niveles de riesgo en los usuarios en las redes sociales, para brindarles recomendaciones preventivas que les ayuden a disminuir el riesgo de exposición dentro de ellas.

***Palabras clave**: análisis, publicaciones, redes sociales, seguridad.*

Abstract

According to studies, there are currently more than three hundred million of users in the world who are connected to social media every day, that is, 42% of the world population. Nowadays, social media is not the only one used by young people and teenagers, they are also used by other adult generations; however, they must be aware of the use of the social media, and to know how to use them responsibly by being careful about the content they post, and the personal information they share because this type of information can be valuable for cybercriminals. They use this information to commit cybercrimes against users. That is why SARA (Seguridad Aplicada a las Redes Sociales), aims to reduce the levels of risk in users on social media in order to provide preventive recommendations that help them to reduce the risk of exposure within them.

***Key words**: analysis, publications, security, social media.*

Introducción

En la actualidad las redes sociales se han vuelto la herramienta de comunicación más común entre las personas, a tal grado que gran parte de la vida social de los individuos se desarrolla a través de estos medios. Se ha cambiado la interacción personal y los canales de comunicación habituales por un entorno artificial de comunicación a distancia. Sin duda, las redes sociales hacen la comunicación más fácil, permiten que las personas se comuniquen de una forma más abierta porque el contacto que se tiene con la otra persona no es directo. (Ortega, 2015). Por esta razón, es más fácil expresar opiniones o puntos de vista de determinados temas o externar emociones e ideas de una forma más espontánea, pero no siempre publicar todo lo que se piensa o hace en estos entornos es prudente. Junto con todas las bondades que ofrecen las redes sociales para comunicarse con las personas vienen implícitos factores potenciales que pueden poner en riesgo a los usuarios que hagan un mal uso de ellas. De acuerdo con (Villanueva, 2019) indica que, las malas prácticas, tales como la publicación de información personal, ubicación actual del usuario o estados que expresen alguna vulnerabilidad emocional, exponen a las personas con ciberdelincuentes que se sirven de esta información para cometer una infinidad de ciberdelitos en contra del usuario incauto. Estos delitos van desde el cyberbullying, ciberacoso, robo, extorsión y en casos más graves hasta el sexting, grooming o secuestro.

En un comunicado publicado por la Secretaría de Seguridad Ciudadana (SSC, 2019) de la Ciudad de México, las cifras que se dan a conocer acerca de los ciberdelitos cometidos a través de las redes sociales son preocupantes. De enero a diciembre del 2019, se han levantado diversos reportes en los que se destacan mil novecientos casos de acosos y amenazas, mil trescientos por fraude, cuatrocientos por delitos contra menores y trescientos por suplantación de identidad. Además, se han atendido ocho mil ochocientas llamadas telefónicas, ocho mil correos electrónicos, así como se han dado de baja ciento noventa páginas *web* por diferentes motivos, mismos que van desde el fraude hasta la publicación de contenido poco apropiado.

Como una solución viable a esta problemática se desarrolló una Aplicación *Web* llamada “SARA” (Seguridad Aplicada a las Redes Sociales), que se encargará de prevenir los riesgos a los que se exponen los usuarios de las redes sociales a través del análisis del texto de sus publicaciones. Después, generará una serie de recomendaciones que ayudarán a que los usuarios identifiquen y corrijan sus malas prácticas al realizar una publicación en las redes sociales. El objetivo de la aplicación *web* SARA es prevenir que los usuarios expongan información que los pueda poner en riesgo, y de esta forma poder proteger su integridad emocional, moral, económica y física; además de crear un grado de conciencia en sus usuarios en términos de los riesgos a los que se pueden exponer por realizar malas prácticas en el uso de las redes sociales. Todo esto para que gradualmente se reduzcan las amenazas latentes y puedan tener una experiencia segura al usarlas o publicar en estas.

En el presente artículo, se describe el desarrollo de la aplicación *web*, el uso de herramientas y algoritmos para la extracción de datos, tales como Graph API Explorer bajo el protocolo OAuth; la metodología que se implementará describiendo el desarrollo de sus fases, así como los resultados y conclusiones obtenidas al desarrollar esta aplicación *web*.

Metodología

El Proceso Unificado Rational (RUP) es un proceso de ingeniería de software que suministra un acercamiento disciplinado en la asignación de tareas y responsabilidades en una organización de desarrollo. Este es utilizado como un marco genérico que se especializa en una gran variedad de tipos de sistemas, diferentes áreas de aplicación, tipos de organizaciones, niveles de aptitud y diferentes tamaños de proyectos. (Martínez, 2002).

Según el autor (Martínez, 2002), el principal objetivo de esta metodología es asegurar la producción de software de alta calidad, llegando a las necesidades del cliente final. Se caracteriza por ser incremental, centrado en la arquitectura y guiado por los casos de uso. El desarrollo del proyecto es realizado por iteraciones, cada una de ellas contiene actividades en varios flujos de trabajo; asimismo, las iteraciones se organizan en cuatro fases: inicio, elaboración, construcción y transición.

A continuación, se describe cada una de las fases de RUP especificando en cada una de ellas lo realizado en el desarrollo de la aplicación *web* SARA.

Fase de inicio

Actualmente, en la sociedad cualquier persona cuenta con una red social, sin embargo, se ignora el tipo de riesgo en el que pueden estar expuestos, de acuerdo con este tipo de situaciones, surge la necesidad de recabar información acerca de los peligros expuestos en las redes sociales.

El objetivo de la aplicación *web* SARA es prevenir que los usuarios expongan información que los ponga en riesgo a los usuarios, y de esta forma proteger su integridad emocional, moral, económica y física.

A continuación, se describen los artefactos generados en esta etapa:

Modelado de negocios

El modelado de negocios lo conforman dos tipos de modelos UML, tales como el diagrama de casos de usos (en este modelo describe la funcionalidad propuesta de la aplicación), y modelo de objetos (especifica las clases y atributos por los cuales está compuesto el sistema, así como la terminología de cada uno de ellos).

Al realizar este modelo de negocios los clientes, usuarios finales y desarrolladores conocen con más detalle cuál es el objetivo del desarrollo del proyecto, así como derivan los requisitos necesarios para el apoyo en la organización del mismo (Martínez, 2002).

Levantamiento de requisitos

Es el segundo flujo de trabajo del proceso de la fase inicial y uno de los artefactos fundamentales en esta etapa. Estos son el comienzo del proyecto, y son los que enriquecen el funcionamiento de la aplicación. En este levantamiento de requisitos se utilizaron técnicas de recolección de datos, tales como la entrevista y la encuesta. Estas fueron aplicadas a jóvenes de entre 15 a 18 años y adultos entre 25 a 40 años.

Fase de elaboración

En esta fase se elaboraron los requisitos a nivel diseño, por tanto, ayuda a conocer si el proyecto es técnicamente viable, así como ayuda a seleccionar las tecnologías emergentes que se utilizarán para el desarrollo del proyecto. Con los requisitos recabados en la primera fase, se diseña la primera solución a la problemática planteada, también con la ayuda de los casos de uso, se define la arquitectura base de la aplicación y se desarrolla el primer análisis del dominio del problema.

Una vez definida y validada la arquitectura, se crea un plan fiable para dar inicio a la fase de construcción. Este plan está conformado por iteraciones, las cuales evolucionan de manera sucesiva. Esta muestra que la arquitectura propuesta soportará la visión de un coste razonable, así como el tiempo adecuado para el desarrollo de la aplicación.

Después de realizar lo anteriormente descrito, se diseña cada uno de los casos de uso, especificando en cada uno de ellos las acciones que sean necesarias para entender completamente los requisitos, dando una estructura al modelo de casos de uso, la cual sea fácil de entender.

En esta fase se generan artefactos, tales como el diagrama de casos de uso, con el cual los desarrolladores y clientes están en acuerdo con los requisitos planteados, especificando el actor o actores que interactuarán con el sistema. En la figura 1, se muestra el DCU (Diagrama de Casos de Uso) de la aplicación *web SARA,* en la que se visualizan a terceros fuera de la aplicación que colaboran en esta, y sirven para identificar el entorno externo a la aplicación mediante casos de uso, así como muestra la forma en la que los actores usan la aplicación y el flujo del suceso. Este diagrama es utilizado en cada uno de los casos, en el cual se muestra una descripción de la secuencia de las acciones del mismo, descripción de la arquitectura en la que se incluyen los casos de uso que describen alguna funcionalidad importante que se presente.

Cabe hacer mención que, el glosario es importante porque define los términos que se utilizan con frecuencia para describir la aplicación; estos son utilizados por el analista y el desarrollador. El prototipo de interfaz de usuario es realizado para la comprensión y especificación de las interacciones entre los actores y la aplicación durante la captura de los requisitos.

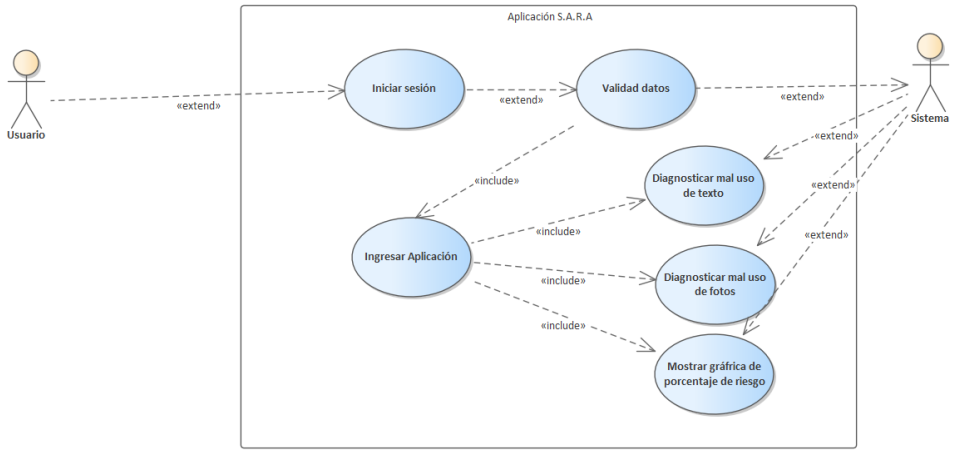


Figura 1. Diagrama casos de uso

 ISSN 2007-8102

Fase de construcción

La finalidad principal de esta fase es alcanzar la capacidad operacional del producto de forma incremental a través de las iteraciones, realizando un enfoque detallado en el diseño, implementación y pruebas para la obtención del resultado. (Martínez, 2002). De acuerdo con lo descrito anteriormente, se inicia con la reducción de costos de desarrollo por medio de la optimización de recursos, evitando trabajos innecesarios.

El desarrollo se realizó a través de iteraciones. En este caso se asignan las tareas específicas a cada uno de los programadores, para que ellos puedan interpretar fácilmente los requisitos de la aplicación con ayuda de los artefactos adquiridos en fases anteriores, tales como los diagramas de casos de uso, clases, el diseño e implementación. En esta etapa se determinó el uso de APIS propias de las redes sociales en conjunto con arreglos en PHP para la extracción de datos, además de explorar algoritmos para el análisis de las palabras y su contexto.

Para la extracción de datos, se utilizó la Graph API Explorer FDK bajo el protocolo OAuth. Primero, se creó una cuenta de Facebook con un perfil sin publicaciones, así como con ninguna configuración de seguridad. Después, la cuenta se registró en Facebook Developers para crear un nuevo proyecto y solicitar permisos en la Graph API (API de Facebook). Posteriormente, se creó un nuevo proyecto con el nombre Graph API. Cabe hacer mención que, cuando se registra un nuevo proyecto como desarrollador en Facebook Developers el proyecto (aplicación) recibe un identificador de la app; es importante conservar este dato porque se utilizará durante la extracción de datos. Luego, se creó una cuenta de hosting gratuito en el sitio 000webhost para subir el proyecto al servidor y se registró a un usuario. Dentro de la cuenta de hosting gratuito en la parte de files se creó una carpeta en la cual se subió el proyecto y después Dentro de la carpeta de public_html, se creó la carpeta Jorge, esta nueva carpeta servirá de contenedor del proyecto.

Luego entonces, dentro de la carpeta anteriormente descrita, se coloca el archivo SDK que servirá de puente con la plataforma de Facebook desde la aplicación PHP. También dentro de esta carpeta se crea un archivo de nombre index.php que es el que contiene el bloque de código en PHP. En este bloque de código se cambia la parte del identificador de la app por el que se le asignó al proyecto en Facebook Developers Una vez realizado lo anterior, se mantiene la cuenta abierta en Facebook Developers, así como se abre el explorador de la Graph API. Finalmente, en la figura 2 se muestra que en la parte inferior derecha se encuentra la opción de agregar un permiso en donde se agregaron algunos de los que se desglosan en la persiana para realizar la extracción de datos.

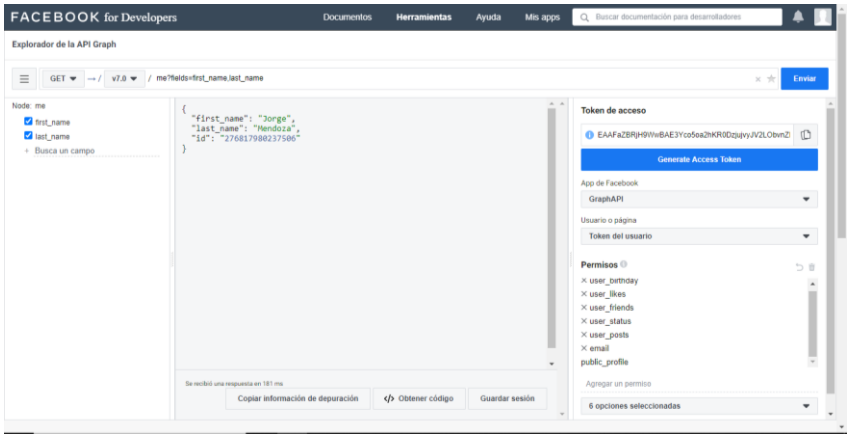


Figura 2. Verificación de datos para la extracción

Además, en esta fase unos de los productos que se generó es la arquitectura integral. En la figura 3 se muestra esta arquitectura, la cual describe el funcionamiento de la aplicación utilizando un modelo en capas. En la capa de presentación, se muestran las tecnologías emergentes utilizadas del lado del cliente. En la capa de integración, se muestran las acciones que realizará el usuario en las redes sociales, tales como el registro y la autenticación. En la siguiente capa, se muestran los servicios proporcionados por la aplicación *web*, tales como el análisis de las publicaciones, las recomendaciones a los usuarios después de que sus publicaciones hayan sido analizadas, así como las gráficas. En la capa de acceso a los datos, se muestran las tecnologías utilizadas del lado del servidor, así como el uso de API Graph Explorer para realizar la extracción de datos de las publicaciones de los

usuarios en sus perfiles de redes sociales, mismas que serán analizadas a través del algoritmo SARA y el diccionario de palabras a través de arreglos en HTML y PHP para conocer el riesgo de las publicaciones. Finalmente, en la última capa se muestra el almacenamiento en las bases de datos.

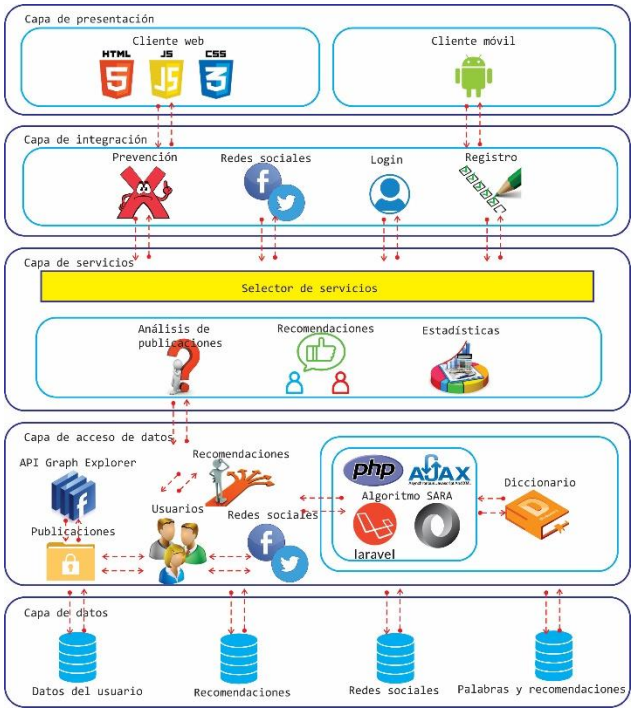


Figura 3. Arquitectura de software utilizando un modelo en capas

Fase de transición

En esta última fase, el producto generado va dirigido hacia los usuarios finales. Se realizaron algunas actividades que incluyen la retroalimentación del usuario de acuerdo con las pruebas realizadas en la etapa de construcción, se realizaron correcciones a la aplicación y se complementó la documentación pendiente basada en la última versión elaborada. En la figura 4, se muestra el formulario corregido con las validaciones correspondientes tomando en cuenta los errores encontrados y la retroalimentación realizada por parte de algunos usuarios.

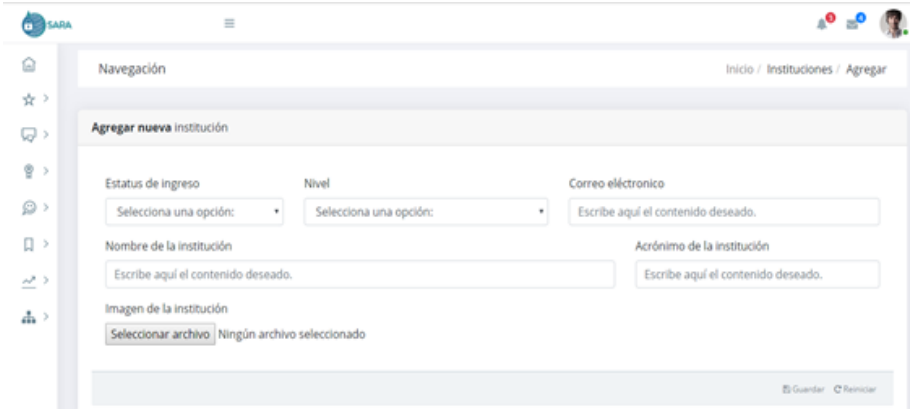


Figura 4. Pruebas de validación

Una de las tareas importantes es capacitar al usuario para que conozca cada uno de los apartados de la aplicación. Esta tarea depende de cada uno de los objetivos planteados al inicio de este proyecto porque conlleva en la configuración, instalación y usabilidad de la aplicación. En la figura 5, se muestra el acceso a aplicación que se puede efectuar a través de un usuario o contraseña o bien utilizando alguna red social (Facebook o Twitter).

 ISSN 2007-8102

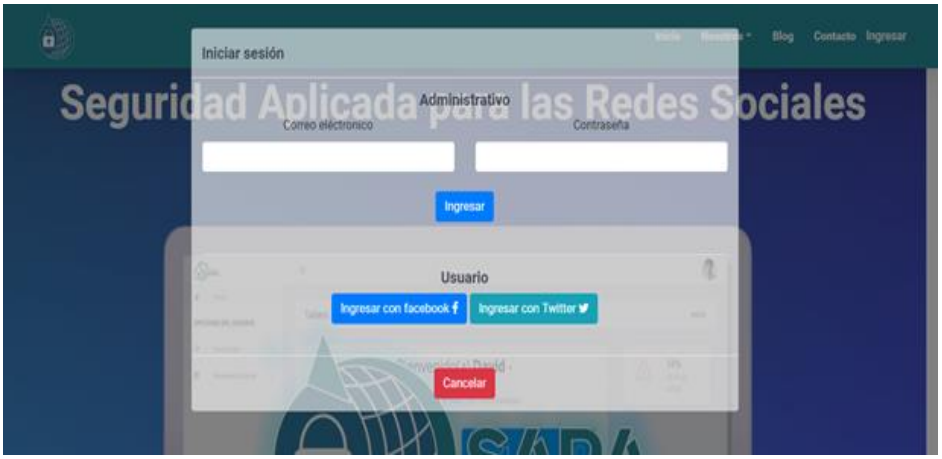


Figura 5. Acceso a la aplicación

Resultados y discusión

Después de haber realizado pruebas en algunos perfiles de usuario Facebook, se comprobó que la extracción de datos se realizó de manera correcta utilizando la API Graph y los permisos del token correspondientes. En la figura 6, se muestra una publicación realizada en Facebook con un número de caracteres mayor, para que posteriormente los datos se extrajeran y analizaran utilizando un diccionario de palabras a través de arreglos HTML y PHP.

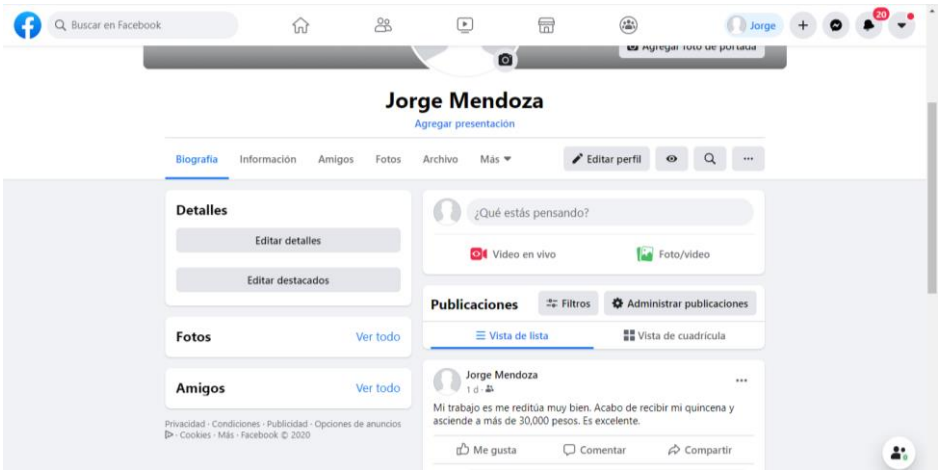


Figura 6. Publicación en Facebook con un mayor número de caracteres

Además, para implementar un proyecto de este tipo es importante realizar una efectiva labor de convencimiento en los usuarios participantes basada en el impacto real que tiene el proyecto y los beneficios que se obtendrán. Lo anteriormente descrito se realizó porque la mayoría de las personas no logran dimensionar los riesgos a los que se exponen al publicar cualquier cosa en las redes sociales; en consecuencia, esto ocasiona que se vuelvan vulnerables o se conviertan en víctimas de personas cuyas intenciones no son buenas y pretenden molestar, extorsionar, difamar o atacar al usuario utilizando este medio de comunicación.

Finalmente, como se observa en la figura 7 se extrajeron datos no solo de publicaciones cortas, sino de publicaciones más extensas utilizando Graph API y los permisos del token. Estos datos fueron analizados mediante un diccionario de palabras a través de arreglos en HTML y PHP. Las palabras se almacenan en Arrays y se codifican en formato JSON.

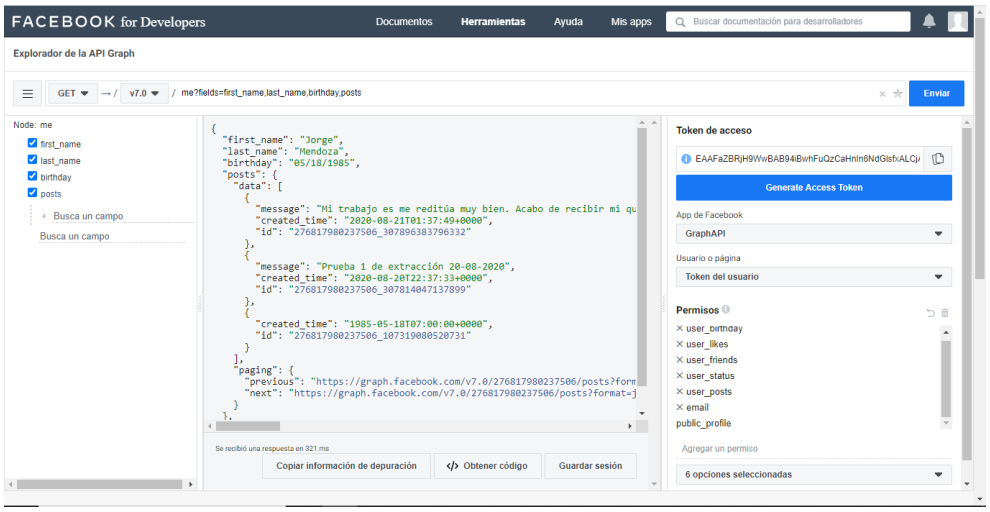


Figura 7. Extracción de datos de una publicación más extensa

Trabajo a futuro

En versiones posteriores de la aplicación, se realizarán mejoras que optimicen el funcionamiento de la misma y aumenten la seguridad de las publicaciones hechas por los usuarios, esto último realizado desde el sistema. Las mejoras contempladas se describen a continuación:

Durante el desarrollo de este proyecto solo se contemplaron las redes sociales Facebook y Twitter para la extracción de datos y el análisis de perfiles. Posteriormente, se integrarán otras redes sociales que permitan el alcance de diferentes personas, pero que de igual forma necesitan seguridad en sus perfiles al publicar.

También se logrará que el usuario pueda hacer publicaciones desde la aplicación de forma más segura, esto a través de filtros de análisis que trabajarán antes de que los comentarios de los usuarios sean publicados, brindando recomendaciones, en los que se indiquen si las palabras utilizadas generan un contexto que los pudiera exponer a posibles riesgos o ataques.

Otra mejora es que las palabras nuevas que no se encuentren en los diccionarios de la aplicación sean aprendidas y agregadas a los diccionarios al momento de encontrarlas en las publicaciones, con el fin de tener un diccionario más amplio que brinde en conjunto con el algoritmo de comparación y filtrado un análisis de las publicaciones más efectivo.

Conclusiones

El impacto actual de una publicación tiene más repercusión de lo que se cree, el contenido que se comparte en ocasiones puede brindar información sobre el estado social y económico de las personas, y esto es aprovechado por personas malintencionadas que buscan obtener beneficios personales, sin importar el daño que puedan ocasionar (Galán, 2015). El uso de la aplicación SARA trae como beneficio a los usuarios un perfil más seguro a través de recomendaciones arrojadas por el análisis de sus publicaciones.

Durante el desarrollo del proyecto se recurrió a la selección de una herramienta para realizar la extracción de datos, tal es el caso de Graph API Explorer bajo el protocolo OAuth. Esta fue de gran ayuda porque se pudieron extraer publicaciones textuales de Facebook tanto cortas como más elaboradas, para que posteriormente estas fueran analizadas mediante un diccionario de palabras a través de arreglos en HTML y PHP. Las palabras se almacenan en Arrays y se codifican en formato JSON.

Además, de acuerdo el análisis realizado y con base en los resultados obtenidos al analizar diferentes perfiles de redes sociales como es el caso de Facebook, se puede concluir que la mayoría de usuarios no es consciente de lo que publica en sus redes sociales, así como no configura la privacidad de su perfil. Por lo anteriormente descrito, se considera necesario el desarrollo de una herramienta tecnológica como la aplicación *web* SARA, para reducir los niveles de riesgo en las publicaciones que realizan los usuarios, así como para brindarles recomendaciones preventivas que ayuden a no convertirlos en víctimas de un ciberdelincuente.

Finalmente, un logro que se alcanzó de forma razonada y reflexiva fue la forma de realizar el análisis de las frases porque las palabras suelen tener un significado de acuerdo al contexto utilizado. De ahí surgió otro aprendizaje en el uso de los filtros para lograr un análisis adecuado. Además, hasta el momento esto se logró realizando un diccionario de palabras a través de arreglos en HTML y PHP que ayudaron a realizar un análisis del riesgo de la publicación que hace una persona en la red social. Esto servirá para que más adelante, se desarrolle un algoritmo propio que sea capaz de realizar comparaciones de acuerdo con las publicaciones extraídas de las diferentes redes sociales.

Referencias

[1] Boostrap Documentation, «Bootstrap,» 2019. [En línea]. Available: https://getbootstrap.com/docs/4.3/getting-started/introduction/.

[2] Facebook, «Facebook for Developers,» 2019. [En línea]. Available: https://developers.facebook.com/docs/graph-api/.

[3] P. Galán García, «Supervised machine learning for the detection of troll profiles in twitter social network: application to a real case of cyberbullying,» vol. XXIV, nº 1, pp. 4-9, 2015.

[4] R. Hernández Sampieri, Metodología de la Investigación, Ciudad de México: Mc Graw-Hill, 2014.

[5] A. Martínez y R. Martínez, «Guía a Rational Unified Process,» Universidad de Castilla la Mancha, Ciudad Real, 2010.

[6] V. J. Villanueva Blasco, «Patrón de uso de internet y control parentar de redes sociales como predictor de sexting en adolescentes: una perspectiva de género,» vol. XIV, nº 1, pp. 16-26, 2019.

[7] R. Ortega Ruiz, «Redes Sociales y Cyberbullying. El proyecto ConRed Convives-Convivencia en la escuela,» vol. III, nº 1, pp. 3-8, 2015.

[8] Secretaría de Seguridad Ciudadana, «1778 El área de Ciberdelincuencia de la SSC previene el delito en internet,» 14 Julio 2019. [En línea]. Available: https://www.ssc.cdmx.gob.mx/comunicacion/nota/1778-el-area-de-ciberdelincuencia-de-la-ssc-previene-el-delito-en-internet.

[9] Twitter Developer, «API reference index,» 2019. [En línea]. Available: https://developer.twitter.com/en/docs/api-reference-index.

[10] L. Rodríguez García y J. R. Magdalena Benedito, «Perspective of Young People about Security and Privacy on Social Networks,» *Icono 14,* vol. XIV, nº 1, pp. 24-49, 2016.

[11] F. Minera, PHP Avanzado, Primera ed., Buenos Aires, Fox Andina: Manual Users, 2011.

Método Experimental para Capacitación Laboral mediante una Aplicación Multimedia

Eduardo César Contreras Delgado[1], Rodolfo Morales García[2], Ivonne Damayanti Contreras González[2]*, Raquel Alejandra Vásquez Torres[3], Kouani Mildred López López[1]
[1]Instituto Tecnológico de Saltillo,
[2]FINSA
[3]Universidad Interamericana del Norte Campus Santiago,
ingelalito@gmail.com,rmorales@finsa.net,icontreras@finsa.net,raquel.vasquezt@gmail.com,
mildred.lpz.lpz@hotmail.com

***Área de participación**: Sistemas Computacionales*

Resumen

Se describe la colaboración de investigación entre la empresa privada y la universidad para resolver la problemática real en la empresa FINSA, con respecto a la capacitación laboral que se ofrece continuamente en períodos muy cortos de forma presencial, para guardias en el área de seguridad industrial, empleando recursos amplios. Se identifica la necesidad de emplear un método de capacitación alterno mediante una aplicación informática en forma automatizada no presencial que disminuya tiempo, costos y que contenga diversos temas: protocolos, consignas, lineamientos y manual de procedimientos. El experimento se realiza mediante la adaptación de métodos de investigación empíricos, de Piattini combinado con uno de elaboración propia, al estudiar la relación entre la capacitación laboral y la respuesta al aprendizaje obtenido mediante el ambiente multimedia. El resultado en la capacitación de 159 guardias de seguridad se considera bueno lo que resalta el uso de un producto de software en la industria.

***Palabras clave**: Capacitación no presencial, Ingeniería del Software, Método de Investigación, Proceso experimental.*

Abstract

This document describes the research collaboration between the company FINSA and the university, with the objective of solving a real problem. The company offers job training for guards in the area of industrial security, continuously and for very short periods of time in person, by using extensive resources. The need to use an alternative training method is identified by means of a non-face-to-face automated computer application that reduces time, costs and contains various topics: protocols, instructions, guidelines and procedures manual. The experiment is carried out by adapting empirical research methods (Piattini's method combined with our own) by studying the relationship between job training and the response to learning obtained through the multimedia environment. The result in the training of 159 security guards is considered good, which highlights the use of a software product in the industry.

***Key words**: e-Learning, Experimental process, Research method, Software Engineering.*

Introducción

En este documento se describe la colaboración en investigación entre la empresa privada y la universidad para resolver una problemática real con la adecuación de métodos y técnicas de la Ingeniería del *Software* [1] para el desarrollo de una aplicación informática de forma empírica.

Las empresas u organizaciones que se ven en la necesidad de desarrollar o solicitar a un agente externo aplicaciones o sistemas de información propias y muy particulares para automatizar sus procesos informáticos, generalmente se centran en resolver su problemática, haciendo por un lado la investigación en Ingeniería del *Software* para conocer los resultados obtenidos de los productos, si los procesos de desarrollo son óptimos y sus interrelaciones entre ellos, en el contexto del sistema *software* inmerso en el Sistema. Haciendo alusión a Bertalanffy en La Teoría General de Sistemas

[2], una ciencia o disciplina no está aislada de las demás, existe una interrelación muy estrecha entre ellas en el momento de hacer un estudio de un Sistema, no confunda Computación con Sistema, un sistema es un todo en el cual la computación es una parte de él. Desde la evolución de la (ESE: *Empirical Software Engineering*) a la ingeniería del *software se* ha demostrado que la investigación en ingeniería del *software* es un proceso poco empleado por investigadores y profesionales por el desconocimiento de técnicas experimentales y métodos para su aplicación, en publicaciones talleres y conferencias de la ACM, IEEE, Springer, entre otras [3], [4], [5], [6].
Además, su complejidad estriba desde el momento en que se relaciona a ciencias desarrolladas con anterioridad a la informática como: La Lingüística, La Psicología, La Matemática, La Biología, La Lógica y otras más. La ISERN (International Software Engineering Research Network) manifiesta que ”La Ingeniería del *Software* es una disciplina relativamente joven e inmadura”, comparada con las anteriores, con el fin de madurar necesita una orientación experimental.

La investigación experimental en ingeniería del *software* es una respuesta a la necesidad de resolver una problemática empresarial mediante el desarrollo de un sistema de información ad hoc, una de ellas es la capacitación laboral como solución a la necesidad de la mejora continua y permanente de la calidad en la producción de insumos o servicios, a la vez que desarrolla el desempeño laboral del personal en las organizaciones. La evolución tecnológica actual demanda del uso de nuevos métodos para el adiestramiento del personal para poder alcanzar la misión y visión que se han propuesto las organizaciones para lograr el nivel de competitividad exigido.

La empresa Fraccionamiento Industrial del Norte S. A. (FINSA) consciente de lo anteriormente expuesto, se ha dado a la tarea de capacitar a sus empleados, haciendo uso de recursos acordes a las necesidades actuales. Con respecto a la Seguridad Industrial, específicamente en el área de vigilancia personal, se inició una campaña de actualización para los empleados de este departamento, proporcionándoles información sobre los protocolos y medidas de seguridad que debe de aplicar y conocer un vigilante. La capacitación para los empleados tiene un contenido muy extenso ya que abarca diferentes puntos como protocolos de bienvenida con intercomunicador, protocolo de bienvenida en caseta, consignas para guardias de caseta, consignas para guardia de seguridad móvil, lineamientos y manual de procedimientos para guardias de seguridad, donde cada uno contiene diferentes puntos que son de suma importancia.

En la actualidad se han empleado las ciencias computacionales para hacer estudios en la capacitación de guardias de seguridad, como se describe en el experimento reportado por Agrawal y Williams [7] en la University of Technology Sydney, usaron un robot PR2 que asumió el papel de guardia de seguridad para guiar a la salida del edificio a las personas. En la publicación de Tan y Luo [8] proponen un nuevo modelo de planeación administrativa para resolver el problema de la programación de la rotación de los guardias de seguridad.

Las empresas han hecho esfuerzos para capacitar a los empleados en seguridad industrial de diversas formas, la mayoría ofrece cursos en forma presencial que es lo tradicional, haciendo poco uso del recurso no presencial como se discute a continuación.

El Instituto Tecnológico Superior de Policía Nacional en conjunto con el Ministerio del Interior en el Ecuador, a partir del año 2015 ofrecen el curso presencial “Programa de Capacitación para los Guardias de Vigilancia y Seguridad Privada” [9]. La empresa Consultek en México, ofrece el curso de paga “Guardias de Seguridad” [10] en la ciudad de Monterrey en modalidad presencial y a la comunidad en general en línea. En México la empresa Consorcio Ambiental S.C., en su portal Emagister, ofrece el curso de paga en su modalidad presencial impartido en la ciudad de México, “Capacitación Básica para Guardias de Seguridad”, [11].

El enfoque de la mayoría de las investigaciones publicadas está dirigido a diversos temas, pero son escasos los que abordan a las aplicaciones digitales o multimedia como instrumento de capacitación, generalmente las empresas en México no realizan investigación, por lo cual se pretende que el presente estudio contribuya a desarrollar este campo demostrando que el esfuerzo es retribuido de gran manera tanto en la optimización de los procesos automatizados y beneficios económicos.

MÉTODO

El método empleado en este estudio es una adaptación de Genero, Cruz-Lemus y Piattini [12] combinado con el proceso de Desarrollo de Investigación aplicado a Sistemas Computacionales propuesto por uno de los autores de este artículo [13], ambos métodos son empíricos.

Proceso Experimental

Un experimento en ingeniería del *software* es una investigación empírica que manipula una variable o factor independiente del contexto o fenómeno por estudiar midiendo el efecto que tiene sobre la otra variable dependiente. El proceso experimental se describe en la Figura 1, a continuación, se desarrollan las etapas [14] Wohlin.

Definición del experimento

Se identifica la necesidad de emplear un método de capacitación alterno que disminuya tiempo y recursos. Además, permite conocer los resultados ya que en la actualidad se imparte la capacitación sin la retroalimentación del logro obtenido, para posteriormente darle seguimiento.
Se identifica el problema en que la rotación de empleados en el área de seguridad ha afectado a la empresa ya que en tan poco tiempo y continuamente se vuelve a dar la capacitación a los guardias (sujetos de estudio) en el área de vigilancia mediante lecturas de los temas, tomando en cuenta que no todos captan la información a la primera vez que leen o simplemente la retienen por algún tiempo y después olvidan algunos puntos.

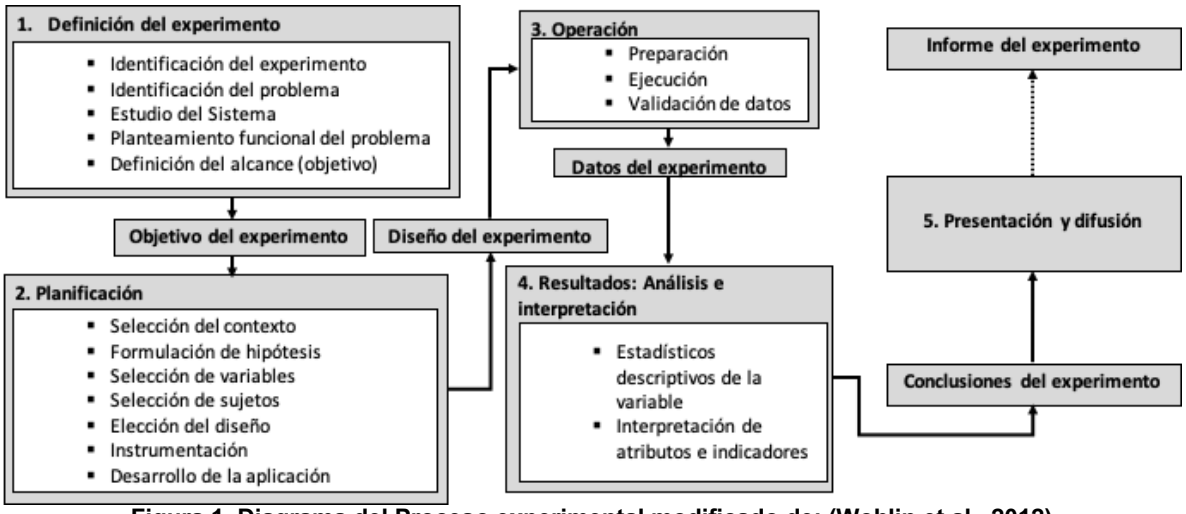


Figura 1. Diagrama del Proceso experimental modificado de: (Wohlin et al., 2012)

El estudio del sistema se realiza en el Parque Industrial FINSA fundado en Matamoros, Tamaulipas por el Sr. Sergio Argüelles González, con el objetivo de proveer instalaciones Industriales para la emergente “Industria Maquiladora”. Parque Industrial FINSA es una empresa que desde 1977 ha estado a la vanguardia del desarrollo inmobiliario Industrial en México, administrando una de las carteras más grandes de América Latina. La mentalidad y experiencia innovadoras los han llevado a ser uno de los desarrolladores inmobiliarios más respetados en todo el mundo. Cuenta con 22 Parques Industriales en México. Estos Parques Industriales ofrecen una ubicación óptima para las operaciones de logística y fabricación con acceso a mano de obra calificada e infraestructura de clase mundial.

Los guardias que tiene el Parque Industrial FINSA se contratan por medio de una empresa externa y de esta compañía no se sabe realmente si les imparte capacitación o simplemente se envían. Parque Industrial FINSA les proporciona capacitación presencial por un instructor mediante la presentación de diapositivas y de manera oral, además, se les entrega un manual físico y digital. Sin cerciorarse que la información sea realmente leída por el empleado, y si aplica los protocolos, lineamientos, etc., en su lugar de trabajo correspondiente.

Se propone capacitar a los empleados en forma individual e interactiva a diferencia de la grupal y pasiva mediante una aplicación multimedia que permita conocer el impacto que tiene el uso de recursos multimedia para captar, recordar y aplicar la información en una forma visual, auditiva e interactiva en los sujetos, para mejor entendimiento de los procedimientos. Se realizará una evaluación por cada punto visto en la capacitación, esta evaluación tendrá preguntas que equivalen a un puntaje dando de un total de 100 puntos al final de la evaluación. Se establece una relación funcional de la capacitación laboral en relación con la aplicación multimedia.

Definición del alcance: El objetivo del experimento es; Evaluar el proceso de capacitación con el propósito de supervisar el área de vigilancia, con respecto a la calidad y costo desde el punto de vista de la empresa y el cliente en el contexto de los empleados de FINSA, mediante simulación informática por el ingeniero de seguridad y medio ambiente.

Planificación

Selección del contexto: Descripción del entorno y descripción de las características del experimento en línea, ejecutado por estudiantes y profesionales en el entorno laboral, clasificado como proyecto real, con aplicación general. Los objetos experimentales consisten en los recursos multimedia empleados en la aplicación de lineamientos de seguridad personal y el producto es una aplicación Web empleada para capacitar sujetos. El entorno son los parques Industriales ubicados en las ciudades de Ramos Arizpe, Coahuila y Santa Catarina, Nuevo León, con el apoyo del Gerente y Coordinadora Ambiental de la misma empresa [15], profesionales del entorno laboral, además con guardias de seguridad de los parques mencionados. La aplicación la desarrollan estudiantes de la carrera de Ingeniería en Sistemas Computacionales del Instituto Tecnológico de Saltillo. El experimento se realiza en línea, clasificado como proyecto real, con aplicación general.

Formulación de hipótesis: En la capacitación laboral existe una relación positiva entre el uso de una aplicación multimedia automatizada en el adiestramiento de los guardias del Parque Industrial FINSA para impartir Seguridad Industrial.

La selección de variables se hace al identificar en el sistema los elementos controlables.:

- Variable dependiente Capacitación laboral
- Variable independiente Aplicación Multimedia

La relación de variables es: Capacitación laboral =f (Aplicación Multimedia), cuyos atributos son: conceptos, interacción y evaluación.

Selección de sujetos: La muestra poblacional se elige de forma intencionada no probabilística por conveniencia. La capacitación empezó a realizarse del 6 de enero del 2020 hasta el 20 de abril del 2020 en 20 Parques Industriales, aplicando la capacitación a un total de 159 sujetos.

Al elegir el diseño se aplica la técnica de control de balanceo o equilibrado para minimizar el error experimental, en el cual a cada sujeto de estudio se expone en forma separada a la variable independiente (aplicación multimedia), porque simplifica y favorece el análisis. Bajo el criterio del número de tratamientos se denomina *intra-sujetos*, debido a que a cada sujeto se le somete al estudio de la interacción con los tres atributos de la variable independiente, es decir reciben todos los tratamientos. Es un experimento simple porque los sujetos sólo reciben un tratamiento para los tres atributos.

El instrumento o medio que se utiliza para realizar el experimento es la aplicación multimedia por internet para capacitar a los empleados, siendo esta aplicación el instrumento de medición para recoger datos mediante un cuestionario automatizado que está definido por los atributos e indicadores que se muestran en la matriz de congruencia metodológica [8]. Vea la Tabla 1.

Tabla 1. Matriz de congruencia: Operacionalización de la variable Multimedia

Variable	Atributos	Indicadores
Aplicación multimedia	Aprendizaje	• Conceptos • Lineamientos • Manuales • Procedimientos
	Interacción de usuario	• Facilidad de uso • Intentos • Complejidad
	Evaluación	▪ Escala 0-100

El desarrollo de la aplicación se realiza una vez que se ha terminado la etapa de definición del experimento [16]. Se prosigue con el análisis de la información del sistema para establecer los requerimientos del usuario mediante entrevistas personales, recopilación de manuales e información necesaria para estructurar la aplicación mediante el método de prototipo con el diseño de una página Web. A partir de aquí se determinan las especificaciones, al identificar la necesidad de dos módulos: Administrador seccionado en usuarios, empresas y reportes. El módulo de usuarios consta de cinco partes: protocolo de bienvenida, caseta de entrada, seguridad móvil, lineamientos y manual de procedimientos. En usuarios debe de contener un cuestionario para cada uno de los cinco módulos su calificación, el promedio y el registro de número de intentos para acreditar el curso. Se procede a la fase de diseño, donde primeramente se diseña la interacción de usuario, y enseguida el diseño arquitectónico y el diseño de datos. Se continúa con el desarrollo de la aplicación en la página Web a detalle conectándose con las bases de datos. Prosiguiendo al desarrollo se realizan pruebas con el cliente, y una vez que lo autoriza, se hacen las pruebas con los usuarios y de conectividad remota.

Operación

Las actividades que deben de llevarse a cabo para recoger los datos que se analizarán posteriormente, se realizan en tres etapas: Preparación, Ejecución y Validación de datos.

Los sujetos de estudio, los guardias de seguridad de los parques industriales, reciben las instrucciones y entrenamiento del uso de la aplicación informática, los datos que deben de proporcionar y los cuestionarios por responder. Se les hace saber que los resultados ó “calificación” obtenida es confidencial y que debe de ser mayor a setenta para acreditar el curso, de lo contrario lo tomará hasta lograr el puntaje mínimo y se les pide que actúen con responsabilidad y honestidad. Además, se cuenta con las plantillas de recolección de datos en una hoja de cálculo Excel.

A todos los sujetos se les pide que realicen su capacitación en el parque industrial donde laboran y con los equipos de cómputo que se les proporciona para tal fin y que los datos que proporcionen y los resultados estén totalmente automatizados. El instrumento de recolección de datos es principalmente la aplicación multimedia como se muestra en la Figura 2a; el listado de selección de consignas se explica mediante videos reales y la Figura 2b es un video de procedimientos en caso de un siniestro.

 ISSN 2007-8102



(a) (b)

Figura 2. (a) Relación de consignas mediante videos. (b) Video interactivo de Procedimientos

Los datos recolectados automáticamente se revisan, y si se identifica alguna anomalía, se le comunica el sujeto para identificar la causa. Una vez que se considera que la información cumple los requisitos esperados, no se consideran los datos nulos ni pruebas incompletas, se prosigue al tratamiento estadístico de datos. Los datos, se emigran al software Matlab para realizar el análisis estadístico e interpretación. Vea en la Figura 3 los datos obtenidos por los sujetos en las calificaciones de las evaluaciones de cada módulo tienen una tendencia positiva.

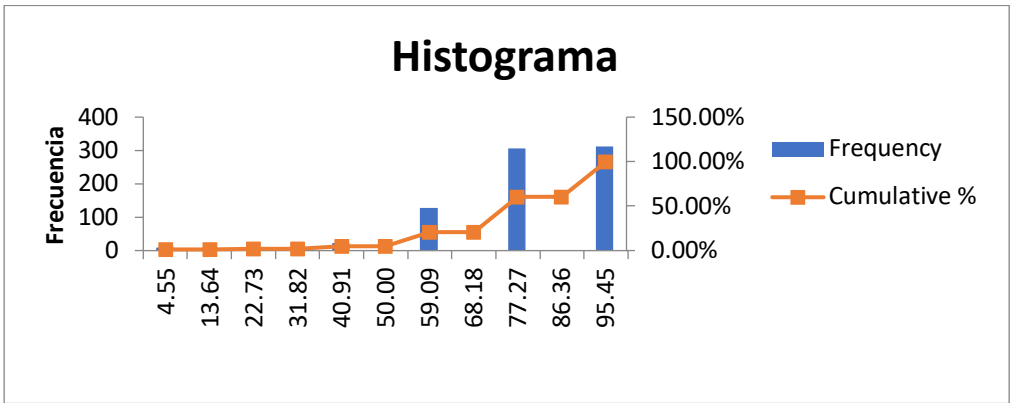


Figura 3. Gráfica de la frecuencia y frecuencia acumulada en %

Resultados y discusión

Se les ha pedido a los 157 sujetos de 41 ± 9,7 años [media ± desviación estándar (DE)], realizar la sesión de evaluación en la aplicación compuesta por 5 módulos diferentes, cada módulo con un nivel mayor de complejidad al anterior en las preguntas de evaluación. Los módulos se realizaron en diferentes tiempos tomando un descanso.

Complejidad

La complejidad de las preguntas de evaluación se define como muy fácil (1), fácil (2), moderado (3), difícil (4) y muy difícil (5). La dificultad de las preguntas ha sido dictaminada por el experto encargado de crear los cursos de seguridad de la empresa FINSA. El análisis de datos muestra que el grado de complejidad para los participantes al realizar el módulo uno, presenta un ligero conflicto para asimilar la aplicación y su dinámica, mientras que las preguntas consideradas como "muy fácil" se responden de manera asertiva hasta cierto grado.

Interacción usuario

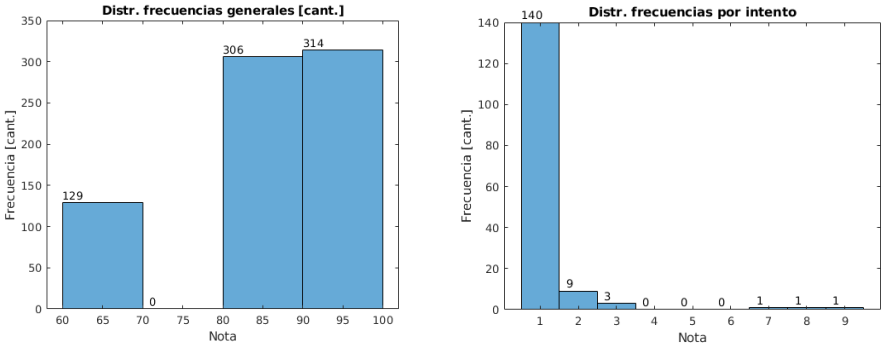
A medida que los módulos avanzan, la aplicación ya no es un problema si no una ayuda para comprender con mayor fluidez aquellas preguntas de mayor dificultad. Cabe mencionar que los

 ISSN 2007-8102

sujetos que realizaron más de una vez la prueba, aún ya conociendo la aplicación, no acreditan el módulo uno y el módulo cinco es el que con más frecuencia se repite.

Evaluación

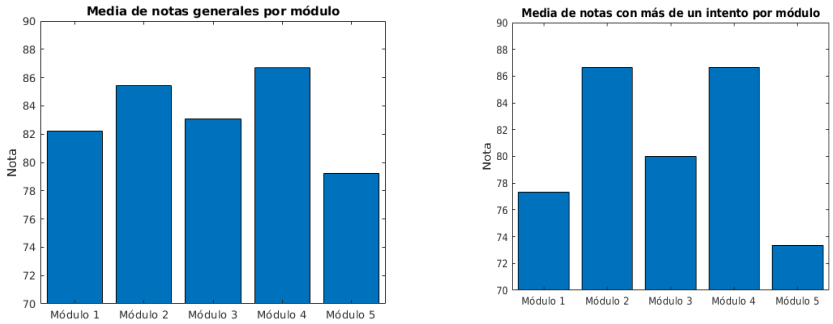
Las respuestas de los usuarios al examen para todas las preguntas en la evaluación de conceptos, lineamientos, protocolos y normas pueden verse en la Figura 4a, la cual muestra que la mayoría tiene calificaciones de 78 a 87, por lo tanto, se considera aceptable.



(a) (b)

Figura 4. (a)Gráfica que muestra la frecuencia acumulada de las calificaciones obtenidas por los sujetos. (b) Frecuencias por número de intentos.

La comparación de la evaluación por módulo (vea Figura 5) muestra que aquellos sujetos que repitieron las pruebas más de una vez obtienen menor nota en los módulos 1, 3 y 5. Los repetidores aún estando ya familiarizados con el software presentan dificultades en las pruebas incluso repitiendo hasta nueve veces el curso (vea Figura 4b).



(a) (b)

Figura 5. (a) Media de las notas por módulo de todos los participantes. (b) Media de las notas obtenidas por aquellos que realizan más de un intento.

Trabajo a futuro

Un aspecto muy importante por evaluar es la conducta del usuario a la capacitación cuando se lleva a cabo de forma personalizada para conocer la atención, el interés el compromiso y responsabilidad que presta en la aplicación para diferenciarlo de la forma grupal como tradicionalmente se ha venido haciendo.

Conclusión

Los resultados prueban el éxito del método al experimentar con la variable multimedia que ha cubierto las necesidades de capacitación laboral no presencial y de acuerdo con la satisfacción del cliente (FINSA) como lo manifiestan los gerentes de diversos parques industriales. La hipótesis planteada se acepta de forma empírica por los resultados arrojados al observar que en la función

Capacitación laboral =f (Aplicación Multimedia) muestran una relación positiva de las variables en los gráficos de los resultados al evaluar los atributos de la variable independiente: en la capacitación el sujeto mejora el aprendizaje de lineamientos, protocolos, normas y contenidos de los manuales, con respecto a la interacción con la aplicación a medida que avanza mejora en el uso y manejo de la misma, esto le permite asimilar con facilidad los contenidos con el reforzamiento de la evaluación. interacción y evaluación.
La aplicación ha ahorrado 45 minutos a cada una de las personas que toman la capacitación, aunado a que la rotación de los guardias es muy frecuente por lo que se hace muy eficiente y no se tiene a una persona dedicada únicamente a la capacitación de los guardias nuevos.
La característica de que la capacitación sea en línea evita el préstamo de laptops que pueden utilizarse para otros fines, ya que se emplean tabletas que están disponibles en los parques.
La aplicación ha presentado excelentes resultados para la capacitación de guardias de nuevo ingreso y reingreso tomando en cuenta que se lleva a cabo de manera autónoma y los guardias al iniciar sus labores conocen las consignas que les corresponden según su puesto de trabajo.

Referencias

[1] R. S. Pressman, "*Ingeniería del Software: un enfoque práctico"*, México: McGraw-Hill, 2006.
[2] L. V. Bertalanffy, *Teoría general de los sistemas*, México: FCE, 2011.
[3] C. A. Furia, R. Feldt and R. Torkar, "Bayesian Data Analysis in Empirical Software Engineering Research," in IEEE Transactions on Software Engineering, 2019.
[4] J. Zhang, Y. Lu, K. Shi and C. Xu, "Empirical research on the application of a structure-based software reliability model," in IEEE/CAA Journal of Automatica Sinica, 2020.
[5] A. Szabó and Z. Rajnai, "The review of the external risk factors during the operation training plan of the security guards," 2017 IEEE 15th International Symposium on Intelligent Systems and Informatics (SISY), Subotica, 2017.
[6] D. Shane, "Managing the training a guard in the operation of a high-tech facility access control system," 2013 47th International Carnahan Conference on Security Technology (ICCST), Medellin, 2013, pp. 1-4, doi: 10.1109/CCST.2013.6922074.
[7] S. Agrawal and M. A. Williams, "Robot authority and human obedience: A study of human behaviour using a robot security guard," in *Proceedings of the companion of the 2017 ACM/IEEE international conference on human-robot interaction*, 2017, pp. 57–58.
[8] S. Tan and Y. Luo, "Flexible security guard scheduling to satisfy defensive power by tabu-search algorithm," in *Proceedings of the 2nd International Conference on Vision, Image and Signal Processing*, 2018, pp. 1–5.
[9] TSPN. (2015) Programa de capacitación para los guardias de vigilancia y seguridad privada. Ministerio del Interior, Ecuador. [Online]. Disponible en: https://www.ministeriodegobierno.gob.ec/wp-content/uploads/2012/10/Programa-de-Capacitacion-para-los-Guardias-de-Vigilancia-y-Seguridad-Privada1.pdf
[10] Consultk. (2020) Guardias de seguridad. México. [Online]. Disponible en: https://www.consultek.com.mx/portafolio/curso-guardias-de-seguridad/
[11] Consorcio Ambiental S.C. (2020) Capacitación Básica para Guardias de Seguridad. Emagister, México. [Online]. Disponible en: https://www.emagister.com.mx/cursocapacitacionbasicaparaguardiasseguridad-cursos-779177.html
[12] M. Genero, J. A. Cruz y M. G. Piattini, (2014). *Métodos de investigación en ingeniería del software*. México: Ra-Ma, 2014.
[13] E. C. C. Contreras, "Proceso para el desarrollo de investigación aplicado a sistemas computacionales," *Revista Iberoamericana para la Investigación y el Desarrollo Educativo ISSN: 2007-2619*, no. 10, 2015.
[14] C. Wohlin, P. Runeson, M. Host, M. C. Ohlsson, B. Regnell, and A. Wesslén, *Experimentation in software engineering*. Springer Science & Business Media, 2012.
[15] Morales, R., Contreras, I. Parque Industrial FINSA (2020). [Online]. Disponible en: www.finsa.net
[16] I. Sommerville, "Ingeniería del software," *7a edición,(PP: 30-620)*, 2005.

Conteo de modelos usando forma normal para lógica bivalente y trivalente

*R. Sánchez Maldonado, P. Bello López, M. Contreras González**, M. Rodríguez Hernández
Facultad de Ciencias de la Computación, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, Avenida San Claudio y 14 Sur, C.P. 72570, Puebla Puebla, México

rafael.sanchez.1388@gmail.com, pb5pbello@gmail.com, vikax68@gmail.com,mikelrodriguezh@gmail.com

***Área de participación**: Sistemas Computacionales*

Resumen

Se sabe que el problema SAT para una fórmula normal conjuntiva F es NP-completo a partir de tener cláusulas en F con al menos 3 literales. El conteo de modelos se aplica directamente al problema de satisfactibilidad, de tal forma que se obtiene el número de modelos para hacer verdad la formula F. La complejidad computacional de desarrollar algoritmos exhaustivos para más de 10 variables es un reto que tiene que ver con optimizar las estructuras de datos utilizadas, la visualización de la información. Al tener un sistema que pueda generar los modelos de una fórmula podemos extender a calcular modelos no solo la lógica proposicional como una lógica bivalente (toma dos valores) sino también a una lógica trivalente (toma tres posibles valores). En este trabajo se propone una aplicación que permite la generación de estos modelos.

***Palabras clave**: Aplicación Web, Forma Normal Conjuntiva, Modelo, Satisfactibiidad.*

Abstract

It is known that the SAT problem for a normal conjunctive formula F is NP-complete as from having clauses in F with at least 3 literals. The model count is applied directly to the satisfaction problem, so that the number of models to make the formula F true is obtained. The computational complexity of developing comprehensive algorithms for more than 10 variables is a challenge that has to do with optimizing the data structures used, the visualization of the information. Having a system that can generate the models of a formula we can extend to calculate models not only propositional logic as a bivalent logic (takes two values) but also to a trivalent logic (takes three possible values). In this paper we propose an application that allows the generation of these models.

***Key words**: Web Application, Conjunctive Normal Form, Model, Satisfiability*

Introducción

Desde el punto de vista computacional se pueden diseñar e implementar algoritmos para calcular el operador de implicación lógica o de razonamiento ($\models$). En general, el problema de la implicación lógica es un reto para el razonamiento automático, ya que se conoce que es un problema en la clase Co-NP completo, incluso en el caso proposicional, como lo muestran Silva et al [5] y Gaber [6]. En el desarrollo de algoritmos que resuelvan de forma automática el problema de implicación lógica, se utilizan algoritmos para resolver el problema de Satisfactibilidad (SAT).

Preliminares

La lógica es el estudio de la estructura y de los principios del razonamiento correcto e intenta establecer los principios que garantizan la validez de los argumentos deductivos. Trabaja con proposiciones, las que constituyen descripciones del mundo. La lógica clásica establece que una proposición solamente puede tomar una y sólo una de dos alternativas: es totalmente verdadera o es totalmente falsa. Esta idea se formaliza

mediante dos principios fundamentales: (1) Principio del tercero excluido. Que menciona, toda proposición es verdadera o falsa y no cabe otra posibilidad. (2) Principio de no contradicción. Que establece, ninguna proposición es verdadera o falsa simultáneamente. La lógica clásica es bivalente: si/no, verdadero/falso, blanco/negro, citadino/campesino.

La lógica proposicional como se indica en [1,7] se utiliza para analizar razonamientos formalmente válidos partiendo de proposiciones y operadores lógicos para construir formulas operando sobre las variables proposicionales. La lógica proposicional se basa en proposiciones, donde una proposición es una oración que afirma o niega algo y que por lo tanto puede ser verdadera o falsa. Incluso cuenta con aplicaciones en el diseño de circuitos electrónicos a partir de las restricciones como en Sundermann, [7].

La lógica predicativa, es un sistema formal diseñado para estudiar la inferencia en los lenguajes de primer orden, Creignou et al. [2] presentan un ejemplo aplicado a la revisión de creencias, bajo funciones Booleanas.

La lógica trivalente es un sistema de lógica no aristotélica, puesto que opera sobre la base de que, además de proposiciones verdaderas y falsas, hay también proposiciones que no son ni verdaderas ni falsas, y, por tanto, de que existe un tercer valor lógico. Este tercer valor lógico se puede interpretar como la “posibilidad” y se puede simbolizar por ½. Si se quiere formular un sistema de lógica trivalente, se ha de añadir, los principios relativos a 0 y 1, principios relativos a ½. Esto puede hacerse de varias maneras; el sistema adoptado por Lukasiewicz en el estado de sus investigaciones, desviándose lo menos posible de la lógica “bivalente” es el siguiente: (1) Principios de identidad (2) Principios de implicación, Cantu [3].

Los principios antes especificados relativos a 0 y 1, y las definiciones de negación, adición y multiplicación siguen siendo los mismos en lógica trivalente, con la única diferencia de que las variables pueden tomar tres valores: 0, 1, y ½. Algunas de las leyes de la lógica aristotélica son sólo “posibles” en lógica trivalente: por ejemplo, el principio del silogismo en la formulación ordinaria, el principio de contradicción, el principio de tercio excluso, etc. Algunas de las leyes de la lógica bivalente son falsas en lógica trivalente, entre ellas la ley del complemento, esto explica el hecho de que en lógica trivalente no haya antinomias.

Los solucionadores modernos SAT también están causando un impacto significativo en los ámbitos de la verificación de software, la resolución de las limitaciones en la inteligencia artificial, la investigación operativa, así como el diagnóstico de errores en circuitos digitales [Gaber] y la variabilidad de los sistemas configurales [Sundermann]. Muchos otros problemas de la decisión, como los problemas de coloración de grafos, problemas de planificación y programación de problemas, puede ser codificado en SAT.

En [8] se desarrolla GANAK, un contador de modelos exacto probabilístico escalable que supera los contadores de modelos aproximados y exactos, ApproxMC3 y #SAT respectivamente. En sus experimentos, el conteo de modelos regresado por GANAK fue igual al conteo exacto de modelos para todos los puntos de referencia. Existen algoritmos exhaustivos de última generación para contar modelos, por ejemplo, un algoritmo DPLL con semántica formal [9], una prueba de la corrección y diseño modular. El diseño modular se base en la separación del núcleo principal del algoritmo de conteo de modelo de las técnicas de solución de SAT.

Metodología

Los pasos seguidos para el desarrollo de este trabajo se describen puntualmente:

- Se revisó el funcionamiento de la lógica bivalente y trivalente
- Se diseño un algoritmo para modelar las tablas de verdad en lógica bivalente y trivalente
- Se realizó una aplicación web donde se aplico el algoritmo para la generación de árboles de verdad

Funcionamiento de la lógica bivalente y trivalente

La teoría de la complejidad (Lógica bivalente) es ampliamente estudiada en Ciencias de la Computación debido a que representa un modelo para muchos problemas por resolver y que se clasifican como problemas resolubles e irresolubles, de aquí la importancia de abordar el problema de conteo de modelos para el problema de satisfactibilidad.

En la lógica proposicional a ∧, ∨ y ¬ se les llaman conectivas lógicas. A menudo también se utilizan los conectivos → o ↔, los cuales pueden ser expresados como abreviaturas de (¬P ∨ Q) y ((¬P ∨ Q) ∧ (¬Q ∨ P)) respectivamente. En la Figura 1 se muestra los valores de verdad para este tipo de lógica bivalente.

P	Q	¬Q	P∨Q	P∧Q	P→Q	P↔Q
1	1	0	1	1	1	1
1	0	1	1	0	0	0
0	1	0	1	0	1	0
0	0	1	0	0	1	1

Figura 1. Tabla de verdad de lógica bivalente

La lógica trivalente se modela en base a tres valores de verdad, como se muestra en la Figura 2

P	Q	¬Q	P∨Q	P∧Q	P→Q	P↔Q
T	T	F	T	T	T	T
T	U	U	T	U	U	U
T	F	T	T	F	F	F
U	T	F	T	U	T	U
U	U	U	U	U	U	T
U	F	T	U	F	U	U
F	T	F	T	F	T	F
F	U	U	U	F	T	U
f	F	T	F	F	T	T

Figura 2. Tabla de verdad de lógica trivalente

Diseño del algoritmo

Para el diseño del algoritmo que nos permite contar el número de modelos dada una formula descrita en Forma Normal Conjuntiva (FNC) o una formula en Forma Normal Disyuntiva (FND), se utilizó como base el siguiente seudocódigo.

Pseudocódigo: Calcula_Modelos

Entrada:
Nv – Numero de variables
n – Total de combinaciones
M[][] – Matriz de entrada de ceros y unos

Salida:
Eval[][] – Matriz de combinaciones

```
FUNCION generaTabla()
INICIO
  para i ← n-1 hasta 0 hacer
     bin ← decbin(i);
     pos ← n – (i-1);
     Para k ← 0 hasta NV hacer
        M[pos][k] ←  bin;
     Fin_para
  Fin_para
FIN

FUNCION muestraModelos()
INICIO
 Para i ← 0 hasta Tc  hacer
```

```
   Para k ← 0 hasta Nv*2 hacer
     Imprimir M[i][k];
  Fin_para
FIN

FUNCION extiendeTabla()
INCIO
   Para i ← 0 hasta Nv hacer
      Para k ←  Nv hasta Nv*2 hacer
               Pos ←  Tc;
               Vars ← NV;
            M[i][k] ←  M[pos-i-1][k-vars];
   Fin_para
  Fin_para
FIN

FUNCION generaModelos(vars, operador)
INICIO
   nvars ← count(vars);
   Para i ← 0 hasta n hacer
      Val ← 0;
      Para k ← 0 hasta nvars hacer
         P ← ord(vars[k]);
        val ← val operador M[i][p];
      Fin_para
    Si (val) imprime  "1";
    Sino imprime "0";
  Fin_para
 FIN
```

El algoritmo recibe como entrada el número de variables a evaluar, el número de combinaciones se establece de acuerdo al tipo de lógica a usar: 2^n combinaciones para lógica bivalente y 3^n combinaciones para lógica trivalente.

La función **generaTabla()** realiza las n combinaciones de acuerdo al número de variables y al tipo de lógica. Convertimos cada valor i del ciclo en su valor binario utilizando una máscara de bits de acuerdo al número de variables, usando la función bin ← decbin(i).

La función **generaModelos()** es la función principal que permite realizar las operaciones descritas en la formula, el resultado se almacena en una matriz dinámica de ceros y unos.

La función **extiendeTabla()** almacena en una matriz la tabla de verdad con valores de verdad positivos y sus negados. Mientras que la función **muestraModelos()** imprime en pantalla los valores de la matriz de datos y de resultados.

En este caso la complejidad está se determina a partir de la función generaModelos() que tiene un comportamiento exponencial considerando el número de combinaciones a realizar, que son almacenados en matrices mediante las funciones extiendeTabla() y MuestraModelos() con una complejidad polinomial(cuadrática). Sin embargo la complejidad de todo el algoritmo es exponencial.

Implementación de la Aplicación Web

La aplicación desarrollada se puede ejecutar usando un navegador web a través de internet con el fin de llegar a más gente interesada en generar de forma exhaustiva los modelos de una formula en FNC o FND.

- Las funciones principales del sistema son:
- Lógica proposicional: Generación de modelos con lógica bivalente en especial lógica proposicional.

- Lógica trivaluada (trivalente): Generación de modelos con alguna lógica de tres valores definida por el usuario, por default se considera la lógica de Łukasiewicz.
- Cambiar tabla: permite cambiar la tabla de la lógica trivaluada, donde es necesario especificar los nuevos valores de verdad de los operadores básicos.
- Contacto: datos de los participantes del desarrollo del sistema de conteo de modelos.

La entrada de datos al sistema para el cálculo de modelos se realiza usando un archivo de texto plano, con el fin de hacer más sencilla la lectura y procesamiento de una formula en FNC o FND.

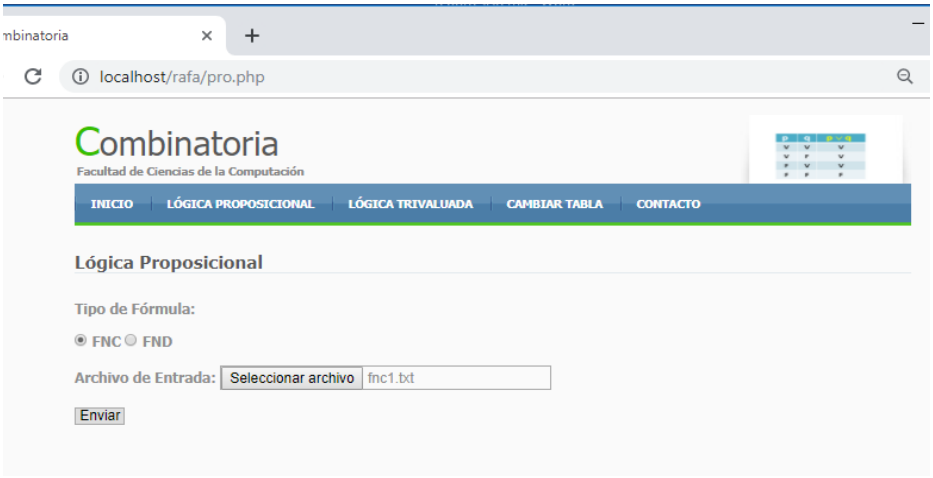


Figura 4. Página para seleccionar la fórmula para evaluar

Resultados

En la Figura 4 se muestra un ejemplo de la entrada de datos, lo primero que se solicita es que el usuario seleccione el tipo de fórmula que requiere evaluar: FNC o FND, posteriormente se solicita seleccionar el nombre del archivo, para ser cargado al sistema y evaluar la formula.

Al inicio del archivo de entrada se especifica x y, los valores para el numero de variables (x) y el número de cláusulas (y) que tendrá la fórmula. A continuación, se especifica cada una de las cláusulas con el formato (V_1, V_2, …, V_n), donde V_k es la variable a ser evaluada en FNC o FND, la coma representa el operador de disyunción para el caso de FNC y conjunción para el caso de FND, el símbolo – (menos) representa la negación de la variable, mientras que al poner cada expresión en un renglón representa una cláusula de la fórmula. En la figura 5 se muestra un archivo de entrada con 4 variables y 5 clausulas.

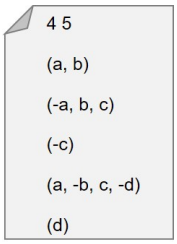


Figura 5. Ejemplo de un archivo de entrada

 ISSN 2007-8102

En la Figura 6 se muestra el resultado de aplicar el sistema del cálculo de modelos a una cláusula clausula (a ∨ c), suponiendo que el usuario seleccionó evaluar en FNC.

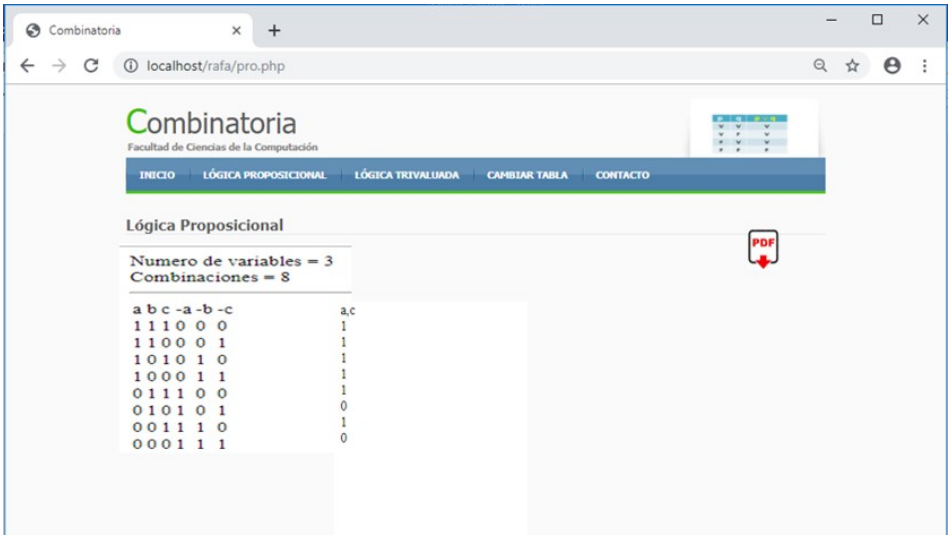


Figura 6. Pantalla de evaluación de una cláusula (a v c) con tres variables

En la parte derecha de la figura 6, aparece un icono para guardar la salida en formato PDF como se muestra en la Figura 7. Por default el archivo para cada ejecución se le asigna el nombre salifa.pdf sin embargo puede ser cambiado manualmente por el usuario.

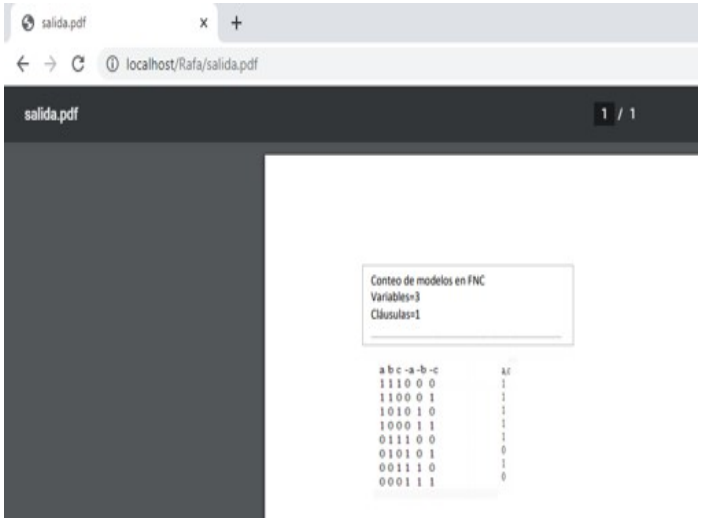


Figura 7. Ejemplo de generación de la salida de datos en PDF

En la Figura 8 se muestra el conteo de modelos de la Figura 6 pero utilizando una lógica trivalente, note que el número de combinaciones es del orden #variables^3.

 ISSN 2007-8102

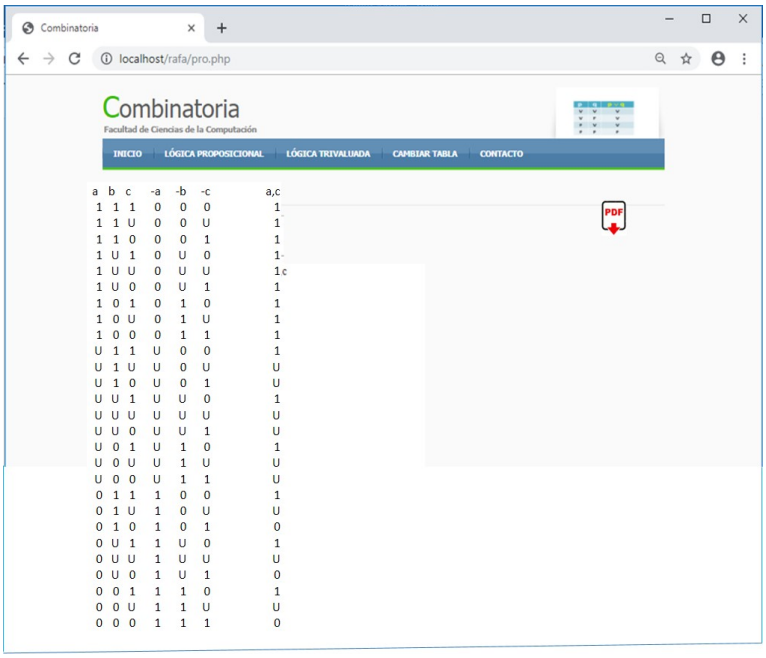


Figura 8. Ejemplo de conteo de modelos con lógica trivalente

En la Figura 9 representa parte de la generación de una tabla con 10 variables y un total de 1024 combinaciones considerando una lógica bivalente.

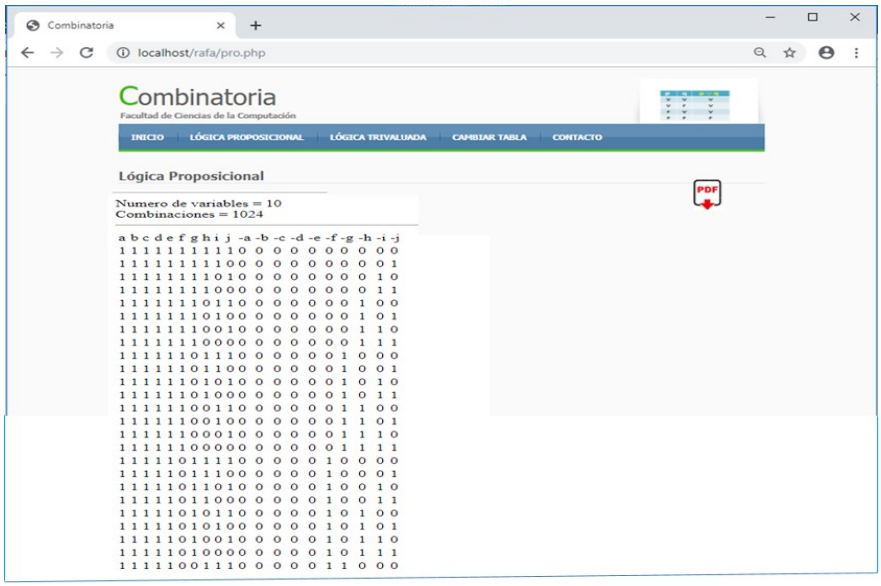


Figura 9. Ejemplo de generación de la tabla con 10 variables

Conclusiones y Perspectivas

Se diseñó un algoritmo exhaustivo de diferentes tipos de lógica bivalente y trivalente con el objetivo de tener los operadores lógicos básicos. Este algoritmo permite generar la tabla de verdad de acuerdo a una formula introducida en FNC o FND. Como salida del algoritmo se genera el número de modelos para una lógica bivalente o una lógica trivalente.

Se desarrolló un sistema web con el algoritmo propuesto, este sistema es muy útil para comparar resultados con algoritmos que permiten reducir el número de operaciones.

El sistema propuesto permitirá a los usuarios de internet realizar pruebas con lógica bivalente y lógica trivalente, se pueden agregar los operadores básicos para otro tipo de lógica y se permite guardar los resultados generados en un formato PDF. El sistema generado puede ser utilizado también con fines educativos para introducir a los estudiantes en el estudio de la lógica matemática y tablas de verdad.

Referencias

1. Pons, C., Rosenfeld, R., & Smith, C. (2017). Lógica para informáticos. Buenos Aires, Argentina: Editorial de la Universidad de La Plata.
2. Creignou, N., Papini, O., Pichler, R., & Wolfran, S. (2014). Belief revision whithim fragments of propositional logic. *Journal of Computer and System Sciences*, 80(2), 427–449.
3. Cantú F. y Aldeco R. (2018). Conocimiento y Razonamiento Computacional. Academia Mexicana de Computación, A, C. (amexcomp).
4. Fermé, E. (2007). Revisión de creencias. inteligencia artificial. Revista Iberoamericana de Inteligencia Artificial, 11(34), 17–39.
5. Silva, F., Neves, J., Dias, S., Zárate, L., Song, M. (2020). A Hybrid Approach to Solve SAT and UNSAT Problems. IEEE Latin America Transactions,18 (4), 722-724.
6. Gaber, L., Hussein, A. Mahmoud, H. Mourad M. (2020). Computation of minimal unsatisfiable subfórmulas for SAT based digital circuit error diagnosis. Journal of Ambient Intelligence and Humanized Computing, Springer-Verlag, Berlin (2020).
7. Sundermann, C., Thüm, T., Schaefer, I. (2020) Evaluating #SAT solvers on industrial feature models. In: Proceedings of the 14th International Working Conference on Variability Modelling of Software-Intensive Systems, VAMOS´2020, pp 1-9.
8. Sharma, S., Roy, S., Soos, M., Meel, K. S.(2019). GANAK: A Scalable Probabilistic Exact Model Counter. In: Proceedings of the Twenty-Eighth International Joint Conference on Artificial Intelligence (IJCAI-19), pp 1169- 1179.
9. Oztok, U., Darwiche, A. (2018) An Exhaustive DPLL Algorithm for Model Counting, Journal of Artificial Intelligence Research 62, 1-32.

Reconstrucción de objetos 3D a partir de nubes de puntos RGBD

N. Vásquez Godínez[1], H. Casarrubias Vargas[1], C. O. Gonzaléz Morán[1],*
[1]Universidad Autónoma del Estado de México, Centro Universitario Valle de México, Boulevard Universitario S/N Valle Escondido, Río San Javier, 54500 Cd López Mateos, México

[*]noe-x@outlook.com

***Área de participación**: Sistemas Computacionales*

Resumen

La reconstrucción de objetos 3D es tema de estudio e investigación para campos como Visión por Computadora, Realidad Virtual, Animación y Gráficos por Computadora, entre otros. En la actualidad no se cuenta con soluciones únicas para la reconstrucción de objetos 3D debido a la complejidad del problema, por ello se siguen proponiendo nuevas y mejores técnicas tanto en la recolección de datos 3D, a partir de cámaras o sensores infrarrojos (IR), y de algoritmos que se emplean para el registro de nubes puntos, reconocimiento de patrones, scan matching, etc. En este documento se propone un algoritmo para la reconstrucción de objetos 3D y un sistema de captura de imágenes de profundidad (RGB-D), nubes de puntos, que ayuda a resolver la problemática de encontrar la rotación entre las diferentes nubes de puntos, mediante un mapeo 3D a 2D, para su posterior cálculo de la pose del objeto proyectado mediante el reconocimiento de líneas usando la transformada de Hough y técnicas de procesamiento de imágenes.

***Palabras clave**: Nubes de puntos, Reconstrucción 3D, RGB-D*

Abstract

The reconstruction of 3D objects is the object of study and research for fields such as artificial vision, virtual reality, animation, and computer graphics. Currently, there are no unique solutions for the reconstruction of 3D objects due to the complexity of the problem. New and better techniques are proposed in the gathering of 3D data, from cameras or infrared (IR) sensors, and in algorithms used for point cloud registration, pattern recognition, scan matching, etc. This document proposes an algorithm for the reconstruction of 3D objects and an (RGBD) depth image capture system, which helps to find the rotation between the different point clouds. The methodology proposed uses 3D to 2D mapping, for their subsequent calculation of the pose of the projected object through line recognition using the Hough transformation and image processing techniques.

***Key words**: Point Cloud, 3D Reconstruction, RGB-D*

Introducción

La reconstrucción y reconocimiento de objetos en 3D son dos áreas importantes en Visión por Computadora con aplicaciones en áreas como la industria, ciencia e innovación tecnológica [1] [2]. Existen diversas técnicas para la reconstrucción de objetos, desde la fotogrametría hasta los actuales sensores de imágenes de profundidad (RGBD) que permiten la captura de información como nubes densas de puntos en 3D [3].
El concepto de imagen de profundidad proviene de la capacidad del ojo humano al percibir diferentes dimensiones de los objetos o escenas [4], el cerebro humano trabaja con dos fuentes de imágenes,

 ISSN 2007-8102

ya que son capturadas a partir de dos ojos; comportamiento similar que se trata con la recolección de imágenes mediante cámaras estéreo, como las que se muestran en la figura 1.

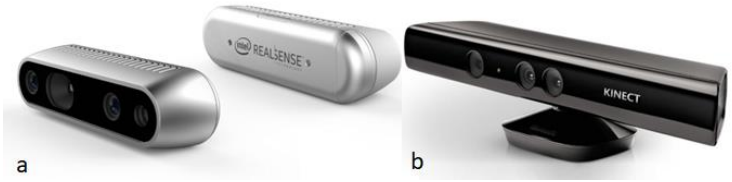


Figura 1a) Realsense [5] b) Kinect Microsoft [6], dispositivos para captura de RGB-D

En todos los sistemas de recolección de datos de profundidad como son las cámaras estéreo, luz estructurada y cámaras IR; integran la solución de la disparidad partiendo de la geometría epipolar [7]:

$$D = x_1 - x_2 = \frac{bf}{Z} \rightarrow Z = \frac{bf}{x_1 - x_2}$$

$$\text{donde: } x_1 = \frac{(X + b/2)f}{Z}, x_2 = \frac{(X - b/2)f}{Z}$$

$$b = distancia\ entre\ puntos\ de\ captura$$
$$f = distancia\ focal\ puntos\ de\ captura$$

Actualmente la reconstrucción a partir de nubes de puntos en 3D tiene varios problemas abiertos, como la identificación de características adecuadas para usarlas en la reconstrucción, velocidad de procesamiento, minimización de errores, certidumbre de la reconstrucción.
Una de las técnicas más usadas en la reconstrucción 3D se basa en la alineación/emparejamiento de puntos mediante el algoritmo Iterative Closest Point (ICP) [8] [9], obsérvese la figura 2, el cual trabaja en la localización de puntos cercanos en dos conjuntos, para encontrar la transformación afín en 3D que permite integrar información al modelo; sin embargo, esta técnica es costosa computacionalmente hablando y depende de la asociación de datos para recuperar la transformación entre las nubes de puntos.
El rendimiento del algoritmo (ICP), no solo recae en el costo computacionalmente, variables como la elección de las tecnologías a nivel software como los lenguajes de programación, las variantes de los algoritmos y el tipo de ambientes para la reconstrucción, permiten establecer una medida del rendimiento del algoritmo, en [10] se expone comparaciones del rendimiento del algoritmo ICP.

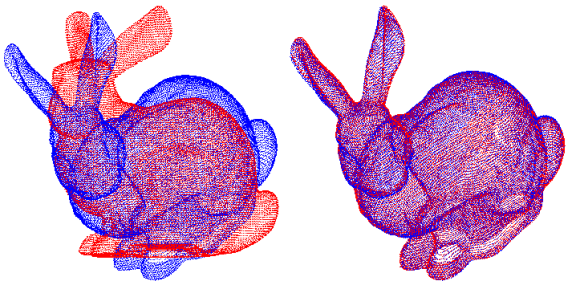


Figura 2 Sobreposicionamiento y registro de nubes de puntos Iterative Closest Point (ICP) [11]

En este documento se exponer la propuesta de reconstrucción de objetos, mediante un sistema de captura de información, ver Figura 3, que permite fijar la pose de la cámara a un plano horizontal y rotar al objeto sobre su eje vertical, permitiendo recuperar la transformación afín en 3D a partir de información 2D, la pose de la cámara respecto de la mesa de captura es fija y el objeto rota sobre su eje vertical, la rotación del objeto se recupera de las vistas capturadas, usando como referencia la base cuadrada.

 ISSN 2007-8102

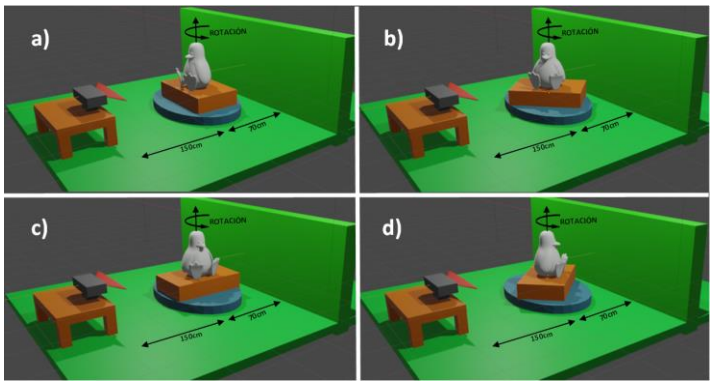


Figura 3 Setup de captura a) rotación inicial, b) rotación 45°, c) rotación 90°, d) rotación 135°

Metodología

Captura de objeto 3D

En un ambiente controlado se realiza la captura del objeto 3D sobre una base cuadrada, se aplica a la base y objeto a capturar rotaciones sobre el eje vertical para tomar distintas vistas del objeto de interés, la base es segmentada a partir de un umbralado del eje vertical, debido a que el escenario es fijo y los parámetros de altura y distancia son conocidos. De la imagen de profundidad (RGBD) capturada se extrae la nube de puntos asociada a la vista y se proyecta a el plano XZ respecto al sistema de coordenadas de la cámara.

Para obtener la proyección al plano XZ, se toma la nube de puntos correspondiente a la vista y se crea un grid acumulador en cada una de las posiciones (x,z), este procedimiento genera una imagen en escala de grises, ver Figura 4.b, que contiene el número puntos en la posición (X , Y , Z) para todo Y y X, Z fijos en el intervalo [0,640] y [50,220] respectivamente:

$$(x,z) \leftarrow cardinalidad\ del\ \{(x,y,z)\mid x = X, z = Z, para\ todo\ Y\}$$

Procesamiento de la imagen

Las imágenes en escala de grises correspondientes a la proyección tienen aislada la región de la base cuadrada que se usa para estimar la rotación de las vistas, para extraer esta información. Como se puede apreciar en la imagen Figura 4.b, la información de la rotación puede ser extraída calculando la orientación de las rectas, correspondientes a las caras de la base del sistema de captura. Pero debido al ruido de la imagen se requiere procesar y filtrar la imagen. Primeramente, se umbrala la imagen por el método de Otsu, se aplican operadores de erosión y dilatación para definir las caras proyectadas, y posteriormente se identifican los bordes con el operador de Canny, el flujo completo se ve ilustrado en la Figura 4.

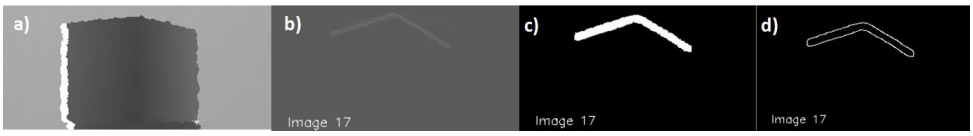


Figura 4 Procesamiento de imágenes: a) Depth imagen, b) Proyección de nube de puntos a 2D, c) Mejoramiento de la imagen, d) detección de bordes con Canny

Recuperación de la rotación en 2D

Para recuperar la orientación de la cara de la base del sistema de captura es suficiente con detectarla en la imagen proyectada; La recuperación de orientación de la base de captura del sistema se realiza a partir de la proyección, se detectan las líneas de las caras proyectadas usando la transformada de

Hough. Dependiendo de la vista se encuentran dos grupos de líneas o un solo grupo de líneas, agrupadas por su orientación. La rotación de interés es la relativa a la vista anterior y puede ser calculada a partir de la orientación de las líneas de cada una de las vistas
Asignación de incertidumbre y recuperación de rotación en 2D:

$$R_{real} \in [R_{med} - \Delta R, R_{med} + \Delta R]$$

Debido al ruido asociado a la cámara, la estimación de la rotación se realiza en base al valor promedio de las orientaciones de las líneas encontradas en la imagen, en la Figura 8 se muestra la gráfica de dispersión de las rotaciones estimadas de la caja base del sistema de captura.

Recuperación de transformación 3D

Para realizar el registro de la nube de puntos es necesario obtener la rotación 3D entre vistas de cada captura. Debido a las características del setup de captura, la recuperación de la transformación en 3D se obtiene a partir de la rotación en 2D de la siguiente forma:

$$R_{\{3D\}}(pitch_{2D}, yaw = 0, roll = 0) \leftarrow R_{\{2D\}}(pitch_{2D})$$

Alineación de puntos e integración de información al objeto reconstruido

Para cada vista o imagen capturada se obtiene una vista parcial del objeto a reconstruir y con la recuperación de la rotación entre vistas descrito en las secciones anteriores, se puede integrar las vistas parciales para obtener el objeto completo. Dada la sucesión de nube de puntos por vista se puede calcular en que posición se deben colocar las nubes de puntos de vista parcial en la nube de puntos del objeto calculando la composición de rotaciones. Dado una nube de puntos $F_{\{i+1\}}$, la nube de puntos anterior $F_{\{i\}}$ y la rotación $R_{\{i+1\}}$, entre ellas se calcula: $R = \prod\{R_i\}_i$; se aplica a $F_{\{i+1\}}$ y se actualiza la nube de puntos del objeto completo.
Para comprender un poco más el sistema de reconstrucción y el algoritmo empleado se expone el siguiente esquema figura 5, el cual muestra las etapas para la reconstrucción 3D del objeto:

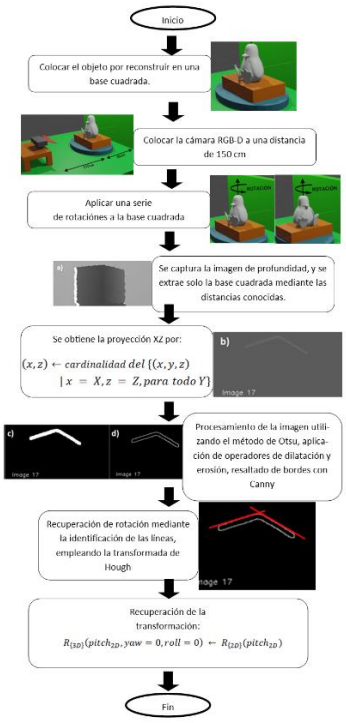


Figura 5 Reconstrucción 3D del objeto

 ISSN 2007-8102

Experimentos

Para validar la metodología propuesta se realizaron dos experimentos, uno con captura de imágenes reales y otro usando el objeto cube_D02_L04.ply de la base de datos G-PCD: Geometry Point Cloud Dataset [12]. En el caso del objeto real se realizó la captura de una caja con dimensiones de 30 x 25 cm, en el setup mostrado en la figura 3, recolectando 71 RGB-D (imágenes de profundidad) con una rotación entre vista de 5 grados.

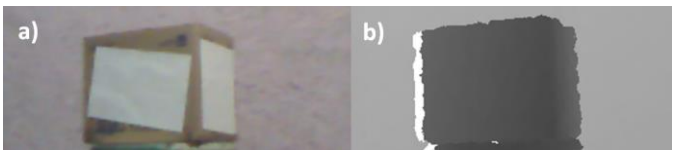


Figura 6 Caja real capturada y segmentada. a) imagen RGB, b) imagen de profundidad

Para el objeto cube_D02_L04.ply se simularon vistas de captura desde una posición similar al sistema de captura. Experimentar con este objeto sintético permite evaluar el algoritmo propuesto de recuperación de orientación relativa entre vistas y cuantificar su rendimiento. En la Figura 7 se muestra el objeto sintético y un par de vistas generadas para generar las vistas parciales del objeto y realizar la reconstrucción en 3D. Se generaron vistas del objeto cada cinco grados para la reconstrucción.

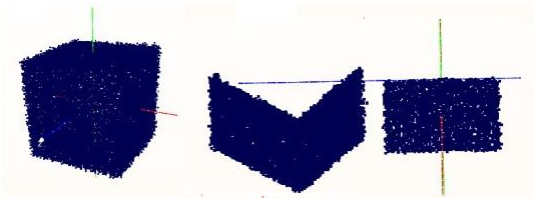


Figura 7. Izquierda, objeto cube_D02_L04.ply del G-PCd: Geometry Point Cloud Dataset. Centro, vista parcial del objeto generada sintéticamente. Derecha, vista frontal del cubo

Resultados y discusión

En la Figura 8 se muestra la estimación de la pose de la base del sistema de captura para la recuperación de la rotación entre vistas; observe el ruido asociado a las vistas capturadas con el sensor Kinect correspondiente a las caras de la base en que la parte visible es mínima. Para las vistas del objeto sintético la recuperación de la pose fue más consistente.

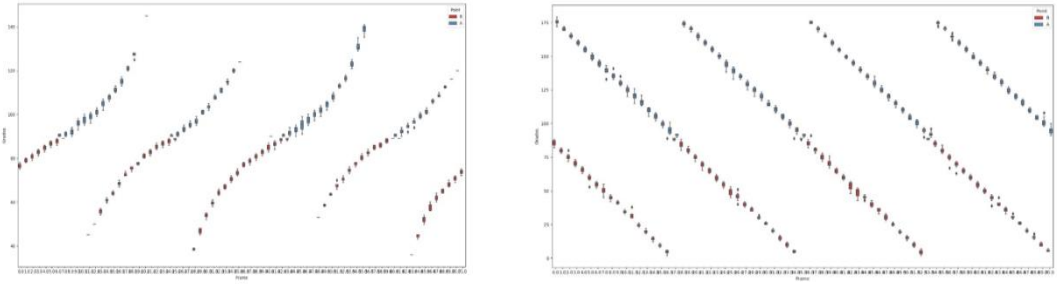


Figura 8. Estimación de la pose de la base del sistema de captura. A) Izquierda, Captura de vistas realizadas con el sensor Kinect. B) Captura de vistas generadas sintéticamente del objeto cube [12].

Los objetos reconstruidos se muestran en la Figura 9, en ambos casos se consigue la reconstrucción del objeto a partir de las vistas parciales; en el lado izquierdo objeto sintético, en azul el objeto original y en rojo el objeto reconstruido con la metodología propuesta, en el lado derecho se muestra la reconstrucción de la caja real, observe el efecto del ruido del sensor sobre la reconstrucción generada.

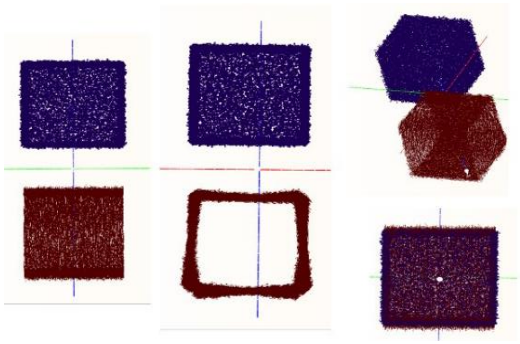


Figura 9. Reconstrucción del objeto cube_D02_L04.ply

Conclusiones

La metodología propuesta permite recuperar la orientación entre pares de vistas de imágenes capturadas por el sensor Kinect de imágenes de profundidad (RGBD) y también de vistas sintéticas generadas del objeto cube_D02_L04.ply permitiendo recuperar la pose de vista parcial e integrarlas en la nube de puntos del objeto global con buenos resultados. El algoritmo de recuperación de pose relativa entre vistas permite encontrar la rotación en 3D usando información 2D, este mecanismo simplifica la búsqueda de asociaciones entre puntos que tradicionalmente requiere el algoritmo ICP para la recuperación de poses relativas; esta mejora simplifica el proceso de fusión de nubes de puntos y aunque aún falta hacerla más precisa sirve como base para el proceso de iterativo de optimización del ICP proponiéndola como una solución inicial. El algoritmo es bastante ligero lo cual le permite trabajar con muchas vistas y obtener una mejor resolución del objeto reconstruido.

Referencias

[1] C. Wohler, 3D Computer Vision Efficiente Methods and Applications, London New York: Springer, 2009.

[2] E. Davies, Computer & Machine Vision Theory Algorithms Practicalities, USA: ELSEVIER, 2012.

[3] R. Szeliski, Computer Vision Algorithms and Applications, New York: Springer, 2011.

[4] B. Cyganek y J. S. Pail, An Introduction to 3D Compuer Vision Techniques and Algorithms, New Delhi, India: WILEY, 2009.

[5] Intel, «https://www.intelrealsense.com/,» 19 Junio 2020. [En línea]. Available: https://www.intelrealsense.com/.

[6] Micrsoft, «https://developer.microsoft.com/en-us/windows/kinect/,» 19 Junio 2020. [En línea]. Available: https://developer.microsoft.com/en-us/windows/kinect/.

[7] B. Jahne y H. Haubecker, Computer Vision and Applications A Guide for Students and Practitioners, Florida: ACADEMIC PRESS, 2000.

[8] J. Procházková y D. Martisek, «Notes on Iterative Closest Point Algorithm,» de 17th Conference on Applied Mathematics APLIMAT 2018, Bratislava, Slovak Republic, 2018.

[9] C. Wöhler, 3D Computer Vision Efficient Methods and Applications, Springer, 2013.

[10] F. Pomerleau, F. Colas y R. Siegwart, «Comparing ICP variants on real-world data sets,» Autonomous Robots, 2013.

[11] Y. He, B. Liang, J. Yang, S. Li y J. He, «An Iterative Closest Points Algorithm for Registration of 3D Laser Scanner Point Clouds with Geometric Features,» Sensors 2017, p. 17, 23 Mayo 2017.

Revisión Sistemática de la Literatura sobre *Concern-Oriented Software Engineering*.

Aline M. Hernández-Fajardo[1], Karen Cortés-Verdín[1], Ulises Juárez-Martínez[2],*
[1]Facultad de Estadística e Informática, Universidad Veracruzana, Av. Xalapa esq. Ávila Camacho s/n, C.P. 91020, Xalapa, Veracruz, México.
[2]División de Estudios de Posgrado e Investigación, Instituto Tecnológico de Orizaba, Tecnológico Nacional de México, Oriente 9, Emiliano Zapata Sur, C.P. 94320, Orizaba, Veracruz, México.
**zS16011713@estudiantes.uv.mx*

***Área de participación**: Sistemas Computacionales*

Resumen

La Ingeniería de Software propone una serie de métodos y técnicas para el desarrollo de software de calidad. El principio de separación de intereses permite abordar los problemas de una manera sistemática y gradual. Sin embargo, hasta el momento no se reporta algún método o técnica que emplee los intereses como entidades de primera clase. Un adecuado manejo de los intereses a lo largo del proceso de desarrollo permite obtener software que es fácil de adaptar, reutilizar y evolucionar. En este trabajo se aborda la Ingeniería de Software Orientada Intereses (o Asuntos) mediante el desarrollo de una revisión sistemática de la literatura (RSL). Es necesario conocer el estado del arte de acerca de la Ingeniería de Software Orientada a Asuntos para determinar futuras líneas de investigación. Se presentan los resultados que se encontraron en las etapas de gestión de proyectos, requerimientos, arquitectura, diseño e implementación.

***Palabras clave**: Ingeniería de Software, concern, asunto, interés, revisión sistemática de la literatura.*

Abstract

Software Engineering proposes methods and techniques for software development. Separation of concerns is a principle that allows the solution of problems in a systematics and progressive way. So far, however, there is no method or technique that employs concerns as first class entities. A proper use of concerns during the software development process, allows to obtain software easy to adapt, reuse and evolve. The present work deals with Concern-Oriented Software Engineering with the elaboration of a Systematic Literature Review (SLR). It is necessary to know the state of the art on Concern-Oriented Software Engineering in order to determine research areas. Results about how concerns are considered during project management, requirements, architecture, design, and implementation phases, are presented.

***Key words**: Software engineering, concern, systematic review.*

Introducción

La Ingeniería de Software “Es la aplicación de un enfoque sistemático, disciplinado y cuantificable al desarrollo, operación y mantenimiento del software” [1]. La Ingeniería de Software busca crear software de calidad. Por otra parte, el principio de separación de intereses es un principio ampliamente conocido y empleado en el desarrollo de software. Tomando como base el principio de “divide y vencerás”, la separación de intereses (*concern* en inglés, también traducido como asunto) permite abordar de una manera más sencilla los problemas, al separar o dividir el problema en subproblemas menos complejos. Sin embargo, en los métodos y técnicas actuales para el desarrollo de software, los intereses no son entidades de primera clase, por lo que estos se ven traducidos en: procesos, entidades, relaciones, objetos, componentes, etc. Dada la descomposición que

actualmente se hace del software, surge el problema de la descomposición dominante en donde un asunto está disperso en varios artefactos, lo que provoca que al requerirse un cambio se deban modificar diferentes artefactos. Esto dificulta mantener actualizados los modelos, por lo que las modificaciones son propensas a errores con los consecuentes retrasos en las entregas y fallos en la calidad. El software debería poder extenderse, modificarse y personalizarse sin mayor problema, para lo cual es necesario diseñar y mantener los modelos actualizados [2]. Si se tratara a los asuntos como entidades de primera clase, entre otras cosas, se podría llevar un mejor control de cambios, con un menor esfuerzo [3].

Es por lo anterior que se busca investigar acerca de la Ingeniería de Software Orientada a Asuntos. Para ello, se realizó una Revisión Sistemática de la Literatura (RSL). Este documento presenta el proceso y resultados de dicha RSL y se encuentra organizado de la siguiente manera: en primer lugar, una descripción breve de la metodología de la RSL, seguida de la descripción de la etapa de planeación de la misma. En el tercer apartado, se presenta el proceso de ejecución de la RSL conforme al plan previamente presentado; a continuación, se discuten los resultados obtenidos. Por último, se dan las conclusiones y trabajos futuros.

Metodología

Se realiza la investigación mediante el método propuesto por Kitchenham y Charters [4] ya que proporciona las bases para un proceso sistemático que permite recolectar evidencia sobre el tema. Incluye la definición de un protocolo de la RSL, que corresponde a su planeación. Durante la conducción o ejecución, se incluyen, además, algunos mecanismos para la extracción de datos y la correspondiente síntesis de los datos. Por último, la etapa del reporte de resultados, en la cual se elabora el reporte, se revisa y se determina la diseminación de los resultados. Las siguientes secciones presentan con mayor detalle cada uno de estos pasos.

Planeación

En esta etapa se describen las actividades que guiaron la revisión: (1) definir el objetivo de la RSL, plantear las preguntas de investigación (2), selección de fuentes (3), definición de los criterios de selección (4) y procedimiento de selección de estudios primarios (5) extracción de datos.

Objetivo de la revisión

El objetivo la revisión es conocer el estado del arte de la Ingeniería de Software Orientada a Asuntos, es decir, saber, para cada una de las etapas del proceso de desarrollo de software, los esfuerzos realizados para el manejo de asuntos. De esta forma, se busca determinar oportunidades de investigaciones futuras.

Preguntas de investigación

Derivado del objetivo de la revisión, se definieron las siguientes preguntas de investigación:
PI1. ¿Qué es un interés (asunto)?
PI2. ¿Cómo se hace uso de los asuntos en la etapa de gestión de proyectos?
PI3. ¿Cómo se manejan los asuntos en la etapa de requerimientos?
PI4. ¿Cómo se modela la arquitectura orientada a asuntos?
PI5. ¿Cómo se ve reflejado el modelado de asuntos en la etapa de diseño de software?
PI6. ¿Cómo se manejan los asuntos en la etapa de implementación de software?
PI7. ¿Cuál es la forma de probar asuntos en la etapa de pruebas de software?
PI8. ¿Cómo se verifican los asuntos en la etapa de verificación de software?
PI9. ¿Cómo se validan los asuntos en la etapa de validación de software?

El objetivo de la PI1 es definir lo que es un asunto o interés, ya que puede que existan diferentes definiciones del concepto y debido a que es el término de interés de este trabajo.
El objetivo de las PI2, PI3, PI4, PI5, PI6, PI7, PI8 y PI9 es buscar evidencia de asuntos en las diferentes etapas del ciclo de desarrollo de software.

A partir de las preguntas de investigación, se determinaron los términos de búsqueda. Estos fueron los siguientes: *concern, software engineering, requirement, software design, software implementation, software testing, software management, software validation, Hyperspace approach, hyperJ.*
Con los términos anteriores, se construyeron las tres siguientes cadenas de búsqueda:

CB1*. (“software engineering” OR “software”) AND (“modelling” OR “modeling”) AND (“concern”)*

CB2. *(“software engineering” OR “software”) AND (“oriented”) AND (“concern”)*

CB3. *(“concern”) AND (“software design” OR “software requirement” OR “software analysis” OR “software management” OR “software architecture” OR “software development” OR “software implementation” OR “software testing” OR “software verification” OR “software deployment” OR “software validation” OR “hyperspace approach” OR “HyperJ”)*

Selección de fuentes

Para el proceso de búsqueda se determinaron las fuentes académicas que proporciona la IES1, por parte del Consorcio Nacional de Ciencia y Tecnología de Recursos de Información (CONRICyT). La lista de fuentes se muestra en la Tabla 1.

Tabla 1. Bases de datos seleccionadas con la URL de la base de datos.

Base de datos	URL
IEEEXplore	https://ieeexplore.ieee.org
ACM Digital Library	https://dl.acm.org
SpringerLink	https://link.springer.com

Definición de criterios de selección

Se definieron una serie de criterios de inclusión y exclusión para los estudios resultantes de las búsquedas. De esta manera se buscó para reducir los resultados que no cumplían los requisitos para esta revisión. CI corresponde a criterio de inclusión, CE corresponde a criterio de exclusión. Los criterios se presentan a continuación.
CI1. Debe estar escrito en inglés.
CI2. Debe tener el término “*concern*” en el título.
CI3. Debe contener al menos un término de los siguientes en las palabras clave; “software design”, “software requirement”, “software analysis”, “software management”, “software architecture”, “software development”, “software implementation”, “software testing”, “software verification”, software deployment”, “software validation”, “hyperspace approach” o “hyperJ”
CI4. Responder al menos una pregunta de investigación.
CE1. Estudios no finalizados.
CE2. Que sea una presentación.
CE3. Estudios parcialmente disponibles.
CE4. Estudios duplicados.

Selección de estudios primarios

La selección de estudios primarios se consideran los criterios de inclusión y exclusión, conforme a las siguientes fases:

- Fase 1: Introducir la cadena de búsqueda en la base de datos, especificando el idioma (CI1) y el término “*concern*” en el título (CI2).
- Fase 2: Filtrar los términos claves en el *abstract* (CI3).
- Fase 3: A los resultados de la fase 2 se les aplicaron los criterios para excluir aquellos estudios que no estén concluidos, que sean presentaciones, que no se tenga acceso o que estén duplicados (CE1, CE2, CE3 y CE4).

- Fase 4: Realizar la lectura del título y el *abstract* para incluir aquellos estudios que dieran indicios de responder al menos una pregunta de investigación (CI4).

Extracción de datos

Para la extracción de datos, se definió recuperar de cada artículo: título, autor, año de publicación, fuente, tipo de publicación, referencia, palabras claves, *abstract*, etapa de desarrollo que aborda y cómo se modelan los intereses en cada etapa.

Ejecución

En este apartado se presenta la conducción o ejecución de la RSL.

Fase sin filtrar (FSF).

Se realizaron las búsquedas en los motores avanzados con las cadenas de búsqueda ya definidas. Se obtuvieron 277 artículos en total de las tres fuentes de esta primera fase sin filtrar (FSF), es decir, sin aplicar ningún criterio.

Fase 1.

Se filtraron los artículos que no tenían el término "*concern*" en el título (CI2) y los que el idioma no era inglés. Se obtuvieron 220 artículos en total, siendo 186 de ACM Digital Library, 24 de IEEE Xplore Digital Library y 10 de Springer Link. Ver Tabla 2.

Fase 2.

Se aplicó el criterio para eliminar los artículos sin términos claves (CI3). Se eliminaron los estudios que no contenían los términos claves y algunos artículos que no contenían los términos claves en el *abstract*, en ACM se recabaron 41, IEEEX se encontraron 22 y en SL se obtuvieron 7.

Fase 3.

Se aplicaron los criterios para excluir aquellos artículos que no estén concluidos, que sean presentaciones, que no se tengan acceso y que estén duplicados (CE1, CE2, CE3 y CE4). El resultado de esta fase fueron 30 en ACM, 13 en IEEE Xplore y en Springer Link no se encontraron estudios que cumplieran los criterios. Ver Tabla 2.

Fase 4.

Se realizó una lectura de los 43 artículos restantes en la fase 3. Sin embargo, solo se identificaron 12 que respondían a una pregunta de investigación. A continuación, la Tabla 2 muestra los resultados de las fases en cada fuente.

Tabla 2.-Resultados de las fases.

Fuente	FSF	F1	F2	F3	F4
ACM Digital Library	196	186	41	30	8
IEEE Xplore Digital Library	71	24	22	13	4
Springer Link	10	10	7	0	0

A continuación, en la Tabla 3 en la siguiente página, se muestran los estudios primarios resultantes de la fase 4.

Evaluación de la calidad.

A continuación, se plantearon siete preguntas para realizar la evaluación de la calidad para cada uno de los estudios primarios. Esta evaluación se basó en Kitchenham y Charters [4]. Se elaboraron las preguntas que se muestran en la Tabla 4 en la siguiente página.

Tabla 3.-Estudios primarios.

ID	Autor	Año	Fuente
EP1	Schöttle et al. [5]	2014	International Conference on Modularity
EP2	Noorwali I. [6]	2018	SIGSOFT Software Engineering Notes
EP3	Takoshima et al. [7]	2018	Asia-Pacific Software Engineering Conference
EP4	Tekinerdogan et al. [8]	2007	International workshop on Aspect-oriented modeling
EP5	Link et al. [9]	2019	International Conference on Software and System Processes
EP6	Dagenais et al. [10]	2006	Workshop on eclipse technology eXchange
EP7	Sutton and Rouvellou. [11]	2002	International Conference an Aspect-oriented software development
EP8	Zhang et al. [12]	2013	International Conference on Green Computing and Communications and IEEE Internet of Things and IEEE Cyber
EP9	Ossher H. [13]	2007	Workshop on Foundations of aspect-oriented languages
EP10	Harrison et al. [14]	2005	Workshop on modeling and analysis of concerns in software
EP11	Bogdan C. [15]	2008	International Symposium on Symbolic and Numeric Algorithms for Scientific Computing
EP12	Robillard et al. [16]	2005	Workshop on Modeling and analysis of concerns in software

.

Tabla 4.- Preguntas de evaluación de la calidad

ID	Pregunta
P1	¿Responde el estudio a la pregunta de investigación correspondiente?
P2	¿El estudio describe a detalle el método empleado para su ejecución?
P3	¿El estudio define objetivos o preguntas de investigación de manera clara?
P4	Conforme a sus objetivos ¿El estudio está estructurado de manera correcta?
P5	¿Hay suficientes evidencias para soportar sus conclusiones?
P6	¿Se detectan limitantes importantes que afecten los resultados del estudio?
P7	¿El estudio es citado por otras fuentes o autores?

Se asignó la calificación de la siguiente forma: 0 si no cumplía con el criterio de la pregunta, .5 si cumplía parcialmente o 1 si cumplía con el criterio. En la siguiente página, en la Tabla 5, se muestran evaluación de cada estudio primario.

Como resultado de la evaluación de la calidad, la calificación más alta que se obtuvo fue de 6 en dos estudios (EP7 [11], EP9 [13]). Por otro lado, la calificación más baja fue de 2, obtenida por EP6 [10] que no define sus objetivos o preguntas de investigación de forma clara y no se encontró alguna cita por otro estudio o autor. Se puede observar que solo 3 estudios no definían objetivos o preguntas de investigación de forma clara. Por otro lado, se puede observar que en 8 estudios no se detectaban limitantes importantes. Por último, el promedio obtenido de todos los estudios fue de 3.91, por lo que se puede observar que los estudios que cumplían con más de la mitad de los criterios de calidad eran muy pocos (5). En la siguiente página, en la Figura 1, se muestra la gráfica con las puntuaciones de cada estudio.

 ISSN 2007-8102

Tabla 5.- Evaluación de la calidad de los estudios primarios

ID	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	Total
EP1	1	0.5	0.5	1	1	0	1	5
EP2	1	0.5	1	0.5	0	0	0	3
EP3	1	0	1	1	0.5	0	0	3.5
EP4	1	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0	3.5
EP5	1	1	1	1	0.5	0	0	4.5
EP6	1	0	0	0	0.5	0.5	0	2
EP7	1	1	1	1	1	0	1	6
EP8	1	0	0	0	0.5	1	0	2.5
EP9	1	1	1	1	1	0	1	6
EP10	1	0	1	0.5	0.5	0	1	4
EP11	1	0.5	0	0.5	0.5	1	0	3.5
EP12	1	0.5	1	0.5	0.5	0	0	3.5

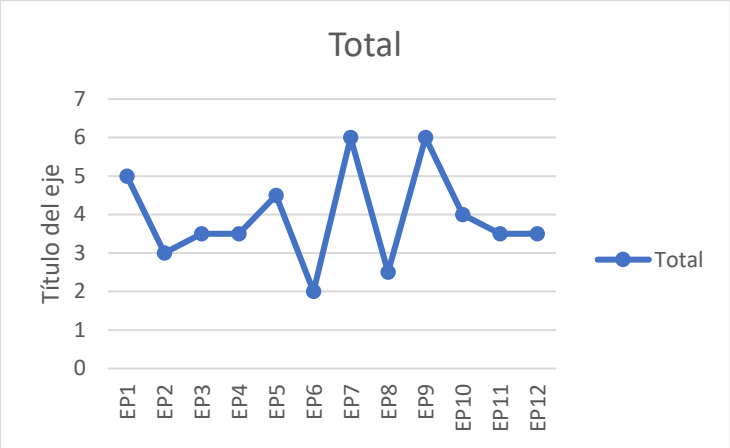


Figura 1. Gráfica de puntuaciones obtenidas de cada estudio primario.

Por último, se realizó un *backward snowballing* [17] de los estudios primarios. En este tipo de *snowballing* se buscan las referencias que tienen los estudios primarios y se aplican los criterios de selección para su lectura. De este paso de *backward snowballing* se encontraron 15 estudios, de los cuales se pudieron analizar 8 estudios que cumplen con los criterios definidos y que se leyeron para responder alguna pregunta de investigación. Estos estudios se muestran en la Tabla 6.

Tabla 6.-Estudios resultantes de *snowballing*.

ID	Autor	Año
ES1	Collet and Lahire [2]	2013
ES2	Oshher and Tarr [17]	2001
ES3	Turner et al. [18]	1998
ES4	Lai and Murphy [19]	1999
ES5	Bogdan and Serbanati [20]	2006
ES6	Sutton, S [21]	2002
ES7	Sutton and Rouvellou [22]	2001
ES8	Oshher and Tarr [23]	2001

El proceso de la síntesis de los estudios primarios se basó en Kitchenham y Charters [4]. Se registró la etapa de desarrollo que aborda el artículo, la propuesta de modelado de los intereses y, por último, se analizó el contenido a la par que se redactaba la síntesis de estos elementos en un procesador de texto. De esta forma se tenía un mejor y más rápido acceso a la información.

Resultados y discusión

En este apartado se discuten los resultados de la RSL, a partir de las respuestas a las preguntas de investigación.

PI1. ¿Qué es un asunto (*concern*)?

IEEE [24] se define un interés o asunto como necesidades de los *stakeholders* para el desarrollo del software. Por otro lado, Schöttle et al. [5] definen un asunto como cualquier dominio de utilidad para un desarrollador. Por su parte, Turner et al. [18], Lai y Murphy [19] mencionan que un asunto es una propiedad funcional del software. Por último, Bogdan y Serbanati [20] definen un interés como una inquietud originada por problemas de uno o más *stakeholders.* Por lo tanto, se considera un interés a toda aquella necesidad de los *stakeholders,* lo cual incluye las propiedades no funcionales del software.

PI2. ¿Cómo se hace uso de los intereses en la etapa de gestión de proyectos?

Sólo se encontró el trabajo de Noorwali [6], el cual aborda las métricas asociadas con los asuntos de los *stakeholders*. En este trabajo, se propone un prototipo tipo tablero con el nombre del *stakeholder*, el asunto del stakeholder y la métrica asociada. Las métricas son definidas por el *stakeholder* de cada asunto. Es importante mencionar que no ha sido validado. La etapa de gestión de proyectos es una actividad importante en la Ingeniería de Software; sin embargo, no se encontraron estudios relacionados a esta etapa que aborden el tema de los asuntos o intereses.

PI3. ¿Cómo se manejan los intereses en la etapa de requerimientos?

Se encontró el trabajo de Takoshima et al. [7] que se define un modelo de elementos de requerimientos basados en los asuntos de los stakeholders para revelar las relaciones entre los requerimientos. Busca encontrar las relaciones por medio de una tabla definiendo ahí los requerimientos y cuáles son las relaciones de los asuntos entre sí, ya que al ver las relaciones de los requerimientos se pueden ver claramente cuantos requerimientos se agrupan en un asunto y se obtiene la matriz de intereses resultantes.

PI4. ¿Cómo se modela la arquitectura orientada a intereses?

Para esta etapa se encontraron diferentes trabajos. Uno de ellos es el de Tekinerdogan et al. [8], en el que se propone el modelo de trazabilidad de asuntos (CTM, por sus siglas en inglés), dentro de vistas arquitectónicas. El CTM puede ser utilizado para modelar los asuntos, los elementos de la arquitectura y los enlaces. El modelo de asunto puede variar desde una sola descripción de su nombre hasta un modelo completo incluyendo atributos, el dominio, la fecha que se planteó. Cada elemento de la arquitectura puede implementar uno o más asuntos. Se definen dos tipos de trazabilidad: intra-asunto por la trazabilidad del elemento e intra-elemento por la trazabilidad del interés. Cada elemento de arquitectura es visto como una abstracción de primera clase. Intra-asunto es aquel elemento que va dentro del asunto y viceversa.

Link et al. [9] abordan RELAX, una herramienta que propone un método para el modelado para la recomposición de arquitecturas. RELAX se basa en código fuente para la realización del modelado, se elige dentro del código cuales serían los asuntos por modelar y se categorizan: asuntos de alto nivel (bases de datos o gráficos) y asuntos no funcionales (seguridad, interoperabilidad). Para la recomposición (*refactoring*) en RELAX primero se debe hacer la selección de asuntos y posteriormente se selecciona un clasificador ya sea de los incluidos en RELAX o proporcionado por un *stakeholder*.

Por otro lado, Dagenais et al. [10] hablan sobre la técnica de guías para asuntos para la recomposición de las arquitecturas desde el código de algún tercero. Esta guía propone 3 vistas: (1) la vista del asunto para representar los diferentes asuntos en el espacio de trabajo; (2) la vista de relaciones que muestra la vista entre los elementos con los asuntos y las relaciones entre ellos; por

último (3) la vista de referencias que muestra información de los elementos dentro de un asunto. [10] muestra la manera en la que el desarrollador podría usar el conjunto de herramientas para explorar un sistema y crear documentación utilizable que guíe a otros usuarios o desarrolladores en el uso, modificación o extensión de artefactos de software.
Sutton y Rouvellou [11][21] presentan Cosmos, un esquema de modelado de espacios de asuntos, que permite representar asuntos y sus relaciones. El esquema clasifica los intereses en lógicos y físicos. Los lógicos son aquellos que representan conceptos en los cuales se tiene interés. Los asuntos lógicos tienen cinco categorías: clasificaciones, clases, instancias, propiedades y tópicos. Los intereses físicos son aquellos que representan elementos del sistema o artefactos de software. Se clasifican en instancias, colecciones y atributos. En Cosmos se indican las relaciones entre asuntos y estas pueden ser: categórica, interpretativa, trazado y física. El área más amplia del esquema son los predicados, Cosmos no define un tipo predicado, sino que admite agregar tipos de predicados, especificaciones o condiciones extras. Cabe mencionar que Cosmos es lo suficientemente general para aplicarse en cualquier etapa del proceso de desarrollo.
Zhang et al. [12] y Ossher H. [13] describen el ambiente de manipulación de asuntos (CME, por sus siglas en inglés) y comprende prototipos de herramientas así como componentes para el modelado de intereses en diversas etapas.
Harrison et al. [14] describen ConMan como un esquema general de asuntos para el modelado de intereses. ConMan permite modelar software empleando los asuntos como entidades de primera clase. Así, se permite la definición, encapsulación, extracción y composición de asuntos. Sin embargo, ConMan ya no está disponible.
Por otro último, Bogdan C. [15] presenta un enfoque modular de diseño de arquitecturas, usando el patrón MVC (*Model-View-Controller*). Se construye un módulo para cada asunto, cada asunto con un *controller* y estos se pueden relacionar con clases o con asuntos.
De los trabajos encontrados el más completo para modelar los intereses y del cual se encontró más información para poder realizar el modelado fue de Cosmos, el cual es un modelado que permite mapear los asuntos a una etapa de implementación a Hyper/J [12], del cual se hablará más adelante.

PI5. ¿Cómo se ve reflejado el modelado de intereses en la etapa de diseño de software?
Para esta fase se encontraron distintos modelados. El modelo RAM propuesto por Schöttle et al. [25], integra los diagramas de clase, secuencia y estado. El modelo RAM solo lo puede hace un experto en el dominio, que comprenda la naturaleza del asunto. Cada modelado RAM tiene un asunto, es por eso por lo que se debe crear la entidad asunto con su nombre y sus características. Estas características pueden asociarse a varios modelos RAM para su diseño detallado. Sin embargo, este modelo tiene aún algunas limitaciones como la imposibilidad de especificar el impacto de los asuntos y las restricciones entre características. Para el modelo RAM se puede ocupar la herramienta TouchRAM [14].
El trabajo de Zhang et al. [12] propone una nueva técnica de modelado de asuntos desde la fase del diseño usando XML. Esta técnica se compone de 3 submodelos: genérico, dominio y específico. El genérico se encarga de las dimensiones de las metas de los asuntos, el del dominio se enfoca encapsular las funciones y por último el específico es la tarea central del asunto. Este último modelo, ayuda a los desarrolladores a diseñar un sistema de software fácil y rápidamente. SA-CDL [12] describe la información principal de los asuntos y crea relaciones con los asuntos enredados (*entangled*) y los no enredados (*untangled*). El resultado es que la técnica es útil desde la fase de diseño porque va separando los asuntos primarios, asuntos *crosscutting* y sus relaciones para pasar la siguiente fase.

PI6. ¿Cómo se manejan los intereses en la etapa de implementación de software?
Sutton and Rouvellou [11] proponen hacer uso de programación orientada a aspectos e hiperespacios y se propone Hyper/J que es una herramienta desarrollada en IBM TJ [22], para el modelado de asuntos en el lenguaje de Java. Hyper/J permite la separación multidimensional de asuntos y estos se pueden modelar en clases [17]. Hyper/J funciona con archivos de clase Java, admite la descomposición de intereses y su composición, debido a que al tomarlos como clases es fácil agruparlos o separarlos. En la composición de un asunto se define el espacio (clases y paquetes), después se hace un mapeo de las clases con los asuntos y por último se define un módulo compuesto que comprende múltiples asuntos. Para la definición del módulo compuesto se realiza un

listado de asuntos involucrados en el módulo, posteriormente una especificación de reglas de composición (la combinación de asuntos). Las reglas pueden incluir clases, interfaces, operaciones o métodos, y campos. Las reglas de composición se especifican en términos generales, mientras que las reglas específicas permiten el manejo de excepciones. Por último, Robillard et al. [16] proponen FEAT, una herramienta para localizar, describir y analizar asuntos *crosscutting* en código fuente de Java. FEAT maneja un asunto como un contenedor para un elemento del código fuente y permite la localización de asuntos dispersos en código fuente. FEAT no necesita que se definan los asuntos antes de programar, sino que se programa y una vez que se ha codificado se definen cuáles son las áreas de importantes para definir los asuntos y crea los modelos de los asuntos.

PI7. ¿Cuál es la forma de probar asuntos en la etapa de pruebas de software?
En esta revisión sistemática, no se encontraron estudios primarios relacionados a las pruebas de asuntos. Por ello, no se puede responder esta pregunta de investigación. Sin embargo, el no encontrar estudios abre un área de oportunidad para desarrollar líneas de investigación.

PI8. ¿Cómo se verifican los intereses en la etapa de verificación de software?
Tampoco se encontraron estudios primarios relacionados a la verificación de software empleando asuntos; por lo que no se puede responder esta pregunta. Sin embargo, al igual que en el caso anterior, esto abre un área de oportunidad para desarrollar líneas de investigación relacionadas.

PI9. ¿Cómo se validan los intereses en la etapa de validación de software?
Al igual que en los dos casos anteriores, no se encontraron estudios primarios acerca de la validación de software empleando asuntos. También constituye un área de oportunidad.

Respecto a amenazas de validez una de ellas fue que no se contó con acceso a 7 de los artículos encontrados al realizar *snowballing.* Estos se listan en la Tabla 7. No se encontraron en las bases de datos seleccionadas debido a que los enlaces ya no estaban disponibles, Se buscó además en Google Scholar; sin embargo, la situación fue la misma. Se contactó entonces a los autores Sutton, Tarr and Alam para ver si nos podían proporcionar sus respectivos artículos, hasta el momento no se ha tenido respuesta. Dado el análisis realizado a los estudios que corresponden a los autores Sutton y Rouvellou, se observa que en lo general presentan experiencias con Cosmos (reportado en la sección de Resultados y discusión), por lo que podría asumirse que los artículos no encontrados abordan experiencias similares. De igual forma, el artículo de Schöttle et al. pareciera tratarse de una experiencia empleando la herramienta TouchRAM[14], que se basa en el modelo RAM abordado previamente (en la sección de Resultados y discusión). Lo anterior nos indica una revisión detallada de Cosmos y RAM. La segunda amenaza consiste en que solo se seleccionaron las bibliotecas a las que se tiene acceso por parte de CONRICyT (a través de las IES1). Sin embargo, según [26] estas bibliotecas son las recomendadas para el área de Computación.

Tabla 7.-Estudios no encontrados.

Titulo	Autor(es)	Año
Pervasive Query Support in the Concern Manipulation Environment	Peri Tarr, William Harrison, and Harold Ossher	2005
Concern-oriented software design with touchram	Schöttle, M., Alam, O., Ayed, A., and Kienzle, J.	2013
Concern-oriented software design	Alam, O., Kienzle, J., and Mussbacher, G.	2013
Multi-dimensional Separation of Concerns in Middleware	Isabelle Rouvellou, Stanley M. Sutton Jr., and Stefan Tai.	2000
Multidimensional Separation of Concerns in Testing	Sutton Jr., S. M	1999
Survey of Concerns in Embedded Systems Requirements Engineering	Aceituna, D.	2013
Advanced Separation of Concerns for Component Evolution	Sutton Jr., S. M. and Rouvellou, I.	2001

Conclusiones y trabajo futuro

Se presentó el desarrollo de una Revisión Sistemática de la Literatura acerca de Ingeniería de Software Orientada a Asuntos; la motivación de este trabajo fue encontrar áreas para establecer nuevas líneas de investigación. La separación de intereses o asuntos es un principio ampliamente usado en el desarrollo de software. Sin embargo, los asuntos no son considerados como entidades de primera clase. Dado que los diversos métodos que han surgido se centran en un tipo de asunto específico (por ejemplo: entidades, objetos o funciones), los métodos desarrollan los formalismos correspondientes al asunto en específico, sin considerar otro tipo de asuntos. Si se tuviesen métodos, técnicas y herramientas que consideraran los asuntos como entidades de primera clase, se podría obtener software fácil de adaptar, reutilizar y evolucionar. Es así como la RSL permitió conocer el estado del arte de la Ingeniería de Software Orientada a Asuntos. En las etapas de desarrollo se encontraron diferentes propuestas y esquemas para cada una de las etapas. En la etapa de gestión de proyectos se encontró un prototipo que no ha sido validado, el cual se basa en métricas asociadas con asuntos de los stakeholders. En la etapa de requerimientos se encontró un modelo de elementos de requerimientos, este modelo aún no es conocido en la Ingeniería de Software. En cuanto a la arquitectura se encontraron diferentes trabajos como CTM una propuesta de modelo de trazabilidad de asuntos, RELAX una herramienta que propone un método para el modelado para la recomposición de arquitecturas, CME que es un ambiente de manipulación de asuntos, ConMan una herramienta que ya no está disponible y el más conocido Cosmos, un esquema de modelado de espacios de asuntos que es el más usado y completo, permite modelar los asuntos de manera sencilla y es general por lo que posible mapearlo en la etapa de implementación con Hyper/J. En la etapa de diseño se encontraron los modelados de RAM y una nueva técnica utilizando XML, en el modelado RAM se integran los diagramas de clase, secuencia y estado. Para el modelado RAM se hace uso de la herramienta TouchRAM. Para la técnica de XML no es aún de dominio público. En la etapa de implementación se encontraron las herramientas Hyper/J y FEAT, sin embargo, Hyper/J ya ha sido implementada en proyectos. Para las etapas de pruebas, verificación y validación no se encontraron estudios.

Como trabajo futuro se tiene: (1) La inclusión de bases de datos distintas a las que se incluyeron en este trabajo. Se trabajó con las bases de datos a las que se tenía acceso. Se podría trabajar en obtener acceso a las bases de datos de Springer o Elsevier, por ejemplo. (2) A fin de tener un marco de trabajo orientado a asuntos, revisar detalladamente los métodos encontrados para intentar integrarlos. Durante este trabajo se encontraron métodos y herramientas como RELAX, Cosmos, ConMan, CME, FEA y Hyper/J por lo que sería interesante y provechoso intentar la integración de algunos de ellos y tener un marco de trabajo con el cual se pueda hacer desarrollo orientado a asuntos (3) Relacionado con lo anterior, buscar en la literatura estrategias específicas de modelado de intereses para las etapas iniciales del proceso de desarrollo. (4) Analizar resultados obtenidos en esta RSL para hacer propuestas específicas de investigación.

Agradecimientos

Agradecemos a la Universidad Veracruzana y al Instituto Tecnológico de Orizaba por el apoyo para la realización de este trabajo.

Referencias

[1] Institute of Electrical and Electronics Engineers. Software Engineering. 1993.
[2] P. Collet and P. Lahire, “Feature Modeling and Separation of Concerns” in 2013 3rd International Workshop on Comparing Requirements Modeling Approaches, Río de Janeiro, Brasil, 2013, pp. 6.
[3] H. Ossher and P. Tarr, “Using multidimensional separation of concerns to (re) shape evolving software” in Communications of the ACM, 2001, pp. 8.
[4] B. Kitchenham and S. Charters, “Guidelines for performing systematic literature reviews in software engineering”, Department of Computer Science University of Durham, Durham, UK, 2007.
[5] M. Schöttle, O. Alam, F. Garcia, G. Mussbacher, & J. Kienzle, “TouchRAM: a multitouch-enabled software design tool supporting concern-oriented reuse” in Proceedings of the

companion publication of the 13th international conference on Modularity (MODULARITY '14). New York, USA, 2014, pp. 25–28.

[6] I. Noorwali, "Stakeholder Concern-Driven Requirements Analytics" SIGSOFT Softw. Eng. Notes, vol 43 1, pp. 1-6, January 2018.

[7] A. Takoshima and M. Aoyama, "A Design Method for Domain-Specific Models of Software Requirements Specification Based on Stakeholders' Concerns," in 2018 25th Asia-Pacific Software Engineering Conference (APSEC), Nara, Japan, 2018, pp. 542-550.

[8] B. Tekinerdogan, C. Hofmann and M. Aksit, "Modeling traceability of concerns in architectural views" in Proceedings of the 10th international workshop on Aspect-oriented modeling (AOM '07). Association for Computing Machinery, New York, NY, USA, 2007, pp. 49–56.

[9] D. Link, P. Behnamghader, R. Moazeni and B. Boehm, "Recover and RELAX: concern-oriented software architecture recovery for systems development and maintenance" in Proceedings of the International Conference on Software and System Processes (ICSSP '19). IEEE Press, 2019, pp. 64–73.

[10] B. Dagenais and H. Ossher, "Guidance through active concerns" in Proceedings of the 2006 OOPSLA workshop on eclipse technology eXchange (eclipse '06). Association for Computing Machinery, New York, NY, USA, 2006, pp. 60–64.

[11] S. Sutton and I. Rouvellou, "Modeling of software concerns in Cosmos" in Proceedings of the 1st international conference on Aspect-oriented software development (AOSD '02). Association for Computing Machinery, New York, NY, USA, pp. 127–133, 2002.

[12] L. Zhang, K. Zhao, Z. Jia and Y. Ni, "Modeling Concern of Online Auction System with SA-CDL," in 2013 IEEE International Conference on Green Computing and Communications and IEEE Internet of Things and IEEE Cyber, Physical and Social Computing, Beijing, pp. 2063-2066, 2013.

[13] H. Ossher, "Fundamentals of concern manipulation" in Proceedings of the 6th workshop on Foundations of aspect-oriented languages (FOAL '07). Association for Computing Machinery, New York, NY, USA, 2007, pp. 1–4.

[14] W. Harrison, H. Ossher, S. Sutton and P. Tarr, "Concern modeling in the concern manipulation environment" in Proceedings of the 2005 workshop on Modeling and analysis of concerns in software (MACS '05). Association for Computing Machinery, New York, NY, USA, 2005, pp. 1–5.

[15] C, Bogdan, "Concern-Oriented and Ontology-Based Design Approach of Software Architectures" in 10th International Symposium on Symbolic and Numeric Algorithms for Scientific Computing, Timisoara, 2008, pp. 249-252.

[16] M. Robillard and G. Murphy, "Just-in-time concern modeling" in Proceedings of the 2005 workshop on Modeling and analysis of concerns in software (MACS '05). Association for Computing Machinery, New York, NY, USA, 2005, pp. 1–3.

[17] C. Wohlin, "Guidelines for snowballing in systematic literature studies and a replication in software engineering" in Proceedings of the 18th International Conference on Evaluation and Assessment in Software Engineering (EASE '14). Association for Computing Machinery, New York, NY, USA, Article 38, 2014, pp. 1–10.

[18] C. Turner, A. Fuggetta, L. Lavazza and A. Wolf, "Feature engineering" in Proceedings of the 9th international workshop on software specification and design, 1998, pp. 162–164.

[19] A. Lai and G. Murphy, "The structure of features in java code: An exploratory investigation" in OOPSLA '99 Workshop on Multi-Dimensional Separation of Concerns, November 1999.

[20] C. Bogdan and L. Serbanati, "Toward a Concern-Oriented Analysis Method for Enterprise Information Systems" in IEEE International Multi-Conference on Computing in the Global Information Technology, Bucharest, Romania, 2006.

[21] S. Sutton, "Early-Stage Concern Modeling. Computer Science". 2002.

[22] S, Sutton, and I. Rouvellou, "Advanced Separation of Concerns for Component Evolution" in Workshop on Engineering Complex Object Oriented Systems for Evolution. Conf. on Object-Oriented Programming. Systems, Languages, and Appfications, Tampa, Florida, 2001.

[23] H. Ossher and P. Tarr, “Hyper/J (TM): Multi-dimensional separation of concerns for Java (TM)” in Proceedings - International Conference on Software Engineering. 2001, pp.821 - 822.
[24] Institute of Electrical and Electronics Engineers. Software Engineering. 1993.
[25] M. Schöttle, O. Alam, F. Garcia, G. Mussbacher and J. Kienzle, “TouchRAM: a multitouch-enabled software design tool supporting concern-oriented reuse” in Proceedings of the companion publication of the 13th international conference on Modularity (MODULARITY ’14). New York, USA, 2014, pp. 25–28.
[26] M. Kuhrmann, D. M. Fernández, and M. Daneva, “On the pragmatic design of literature studies in software engineering: an experience-based guideline,” Empir. Softw. Eng., vol. 22, no. 6, pp. 2852–2891, 2017.

Algoritmo de predicción para radiación ultravioleta: caso Nogales, Sonora, México.

S. García-Alva[1], J. Arreola-Valle [2], G. Muñoz-Zamora[1], J. Cruz–Rentería[1], Z. Sánchez-Hernández[1]*

[1]TecNM campus Nogales, Ave. Instituto Tecnológico # 911 Col. Granja CP. 84065, Nogales Sonora, México. División de Estudios de Posgrado e Investigación (DEPI).

[2]Universidad Estatal de Sonora, Unidad académica, Av. Niños Héroes, San Javier, 84160 Magdalena de Kino, Sonora, México. Departamento de ingeniería de software unidad académica Magdalena Sonora, México.
sigifredo.ga@nogales.tecnm.mx *

Área de participación: Sistemas Computacionales

Resumen

Debido a que la radiación ultravioleta (UV) tiene un fuerte impacto en la población a nivel mundial, esta investigación se enfoca en el desarrollo de un algoritmo para pronóstico de la radiación ultravioleta generada por el sol. Se utilizaron los datos de los años 2017 al 2020 obtenidos por la estación meteorológica automatizada del TecNM campus Nogales. México, por su ubicación geográfica, presenta niveles altos de radiación ultravioleta, por ello la importancia de desarrollar un algoritmo para el pronóstico de este tipo de radiación, para la ciudad de Nogales, Sonora, México. Debido a que los niveles de radiación ultravioleta varían con base en su ubicación geográfica, altitud de la zona, hora del día, época del año, entre otros factores, estos fueron tomados en cuenta para el desarrollo del algoritmo que permite predecir la radiación ultravioleta en cualquier época del año y a cualquier hora del día, con cielo despejado.

Keywords: Pronóstico, radiación ultravioleta, algoritmo, meteorología.

Abstract

Known that ultraviolet (UV) radiation has a strong impact on the global population, this research focuses on developing an algorithm to forecast ultraviolet radiation generated by the sun. Data from the last three years were collected from the automated weather station of TecNM Capus Nogales, and used afterwards. Due to its geographical location, Mexico presents high levels of ultraviolet radiation worldwide, it is important to develop an algorithm for the forecast of this type of radiation, for the city of Nogales, Sonora, Mexico. Since ultraviolet radiation levels vary based on its geographical location, altitude of the area, time of day, season of year, among other factors, these were taken into account for the development of an algorithm that allows predicting solar radiation at any time of the year and at any time of the day, as long as the sky is clear.

Keywords: Forecast, ultraviolet radiation, algorithm, meteorology

Introducción

Para el desarrollo de un algoritmo de predicción es necesario un repositorio de datos, que para el presente caso está en un Sitio Web que contiene información de dos estaciones meteorológicas Vantage pro2, donde cada una cuenta con un módulo de sensores integrados (ISS) equipado con la tecnología necesaria para la recolección y adquisición de datos meteorológicos y también cuenta con una consola que es la unidad donde se registran los datos recolectados, la transmisión entre la consola y el ISS se realiza de forma inalámbrica. La descarga de los datos de la consola a la computadora local se realiza mediante el data logger Weatherlink, a través del protocolo de comunicaciones de forma alámbrica por el puerto USB, los datos almacenados en una computadora local son enviados a un servidor web a través del software incluido con la estación meteorológica,

así mismo el servidor cuenta con las aplicaciones web creadas para cumplir con la extracción, almacenamiento y presentación de los datos. Aunque el sitio Web permite acceder a más de 20 datos meteorológicos, solo se extraen los datos de índice UV de la ciudad de Nogales Sonora México, la fecha y la hora de los años 2017, 2018 y 2019 y 7 meses del 2020, dando un total de 62,994 registros obtenidos para realizar y probar el algoritmo para pronóstico [1].

Tabla 1. Bandas de radiación UV [2].

UVA	Desde los 315 a los 400 nm
UVB	Desde los 280 hasta los 315 nm
UVC	Desde los 100 hasta los 280 nm

Desde que el físico alemán Johann Wilhelm Ritter descubrió la luz ultravioleta en 1801, ahora se sabe que el sol emite luz, calor y radiación ultravioleta (UV), el intervalo de longitudes de onda de 100 a 400 nm (nanómetros, 1×10^{-9} metros) es la región UV, esta se divide en tres bandas como se muestra en la Tabla 1 [12]:

Cuando la luz solar atraviesa la atmósfera, el ozono, el vapor de agua, el oxígeno y el dióxido de carbono absorben toda la radiación UVC, aproximadamente el 90% de la radiación UVB y en menor medida la radiación UVA, por consecuencia gran parte de esta llega a la superficie terrestre y en menor medida la radiación UVB.

La radiación UV tiene algunas variantes a tomarse en cuenta:

- La hora del día (entre más alto el sol, más intensa es la radiación UV)
- La época del año (más intensa en verano)
- La cercanía con el ecuador (cuanto más cerca del ecuador, mayor intensidad)
- El tipo de nublado (la intensidad es mayor cuando no hay nubes)
- La altitud de la zona terrestre (más altura mayor índice UV)
- La concentración de ozono (varía durante todo el año)
- El tipo de superficie (estos reflejan la intensidad UV como la nieve, la arena de la playa y la espuma del mar)

Con el objeto de facilitar su comprensión, la Organización Mundial de la Salud (OMS) definió el índice UV solar mundial (IUV) como una medida de la intensidad de la radiación UV solar en la superficie terrestre [3] [4].

En países como España, Chile y Ecuador, entre otros, donde se presenta un alto nivel de radiación ultra violeta se utilizan semáforos del sol que son los colores y niveles del índice de luz ultravioleta desarrollado por la OMS para alertar a la población del nivel de exposición debido a los problemas de salud que esto representa [5].

Debido a que la radiación UV terrestre se reduce aproximadamente 3% por cada grado de latitud norte y se incrementa 10% por cada 1000 metros sobre el nivel del mar, por la ubicación y topografía que tiene México, presenta altos niveles de radiación ultra violeta y radiación solar. Para el caso del estado de Sonora y específicamente la ciudad de Nogales, se registraron niveles máximos mayores a 9, del 2017 al 2020 en los meses de mayor radiación [6].

 ISSN 2007-8102

A nivel internacional, los valores del IUV se dividen en categorías de exposición, con colores como se muestra en la Tabla 2. De los niveles 3 al 7 se necesita protección y del 8 en adelante se necesita protección extra y dependiendo del tipo de piel, se recomienda exponerse de 9 minutos a 60 minutos en estos niveles [7] [8].

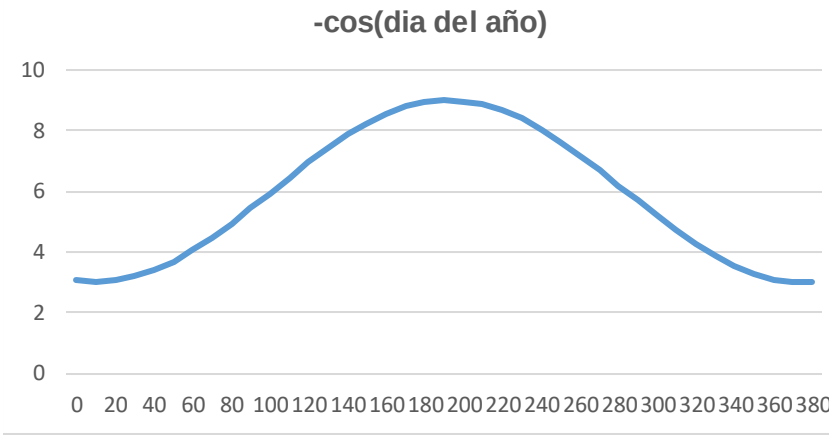
Tabla 2. Categorías de exposición.

Categoría de exposición	Intervalos de valores IUV
Baja	< 2
Moderada	3 a 5
Alta	6 a 7
Muy alta	8 a 10
Extremadamente alta	11 +

En la ciudad de Nogales, Sonora, México, dentro de las instalaciones del TecNM Campus Nogales se cuenta con una estación meteorológica automatizada que monitorea las siguientes variables: temperatura, humedad, velocidad y dirección del viento, presión barométrica, lluvia, índice de calor, sensación térmica radiación solar y ultra violeta (UV). La ciudad se encuentra a una altura de 1200 metros, con una topografía accidentada donde predominan las cañadas y los arroyos, cuenta con más de 220,000 habitantes de acuerdo al censo del 2010 [9].

Metodología

Para el desarrollo del algoritmo se tomó en cuenta el movimiento de translación de nuestro planeta ya que se presentan dos acontecimientos importantes, estos son: el solsticio de invierno, que se presenta el 21 de diciembre y en este punto se recibe el menor índice UV en el hemisferio norte, mientras que el solsticio de verano ocurre el 20 de junio y recibe un mayor índice UV el hemisferio norte, lo anterior es fundamental en el desarrollo de la fórmula ya que se obtiene el rango de variación de incidencias máximas de los índices UV como se muestra en la Gráfica 1 [10].



Gráfica 1. Máximos UV anuales en función del día del año.

El otro movimiento que interviene en la incidencia de radiación UV es el movimiento de rotación, el cual, combinado con el de translación, resultará una fórmula que calcula los índices UV esperados para cualquier día del año y a cualquier hora del día.

Se analizó además de los movimientos de rotación y traslación, la posición en el plano terrestre de la ciudad de Nogales, esto para detectar la hora del día en la que el sol incidirá directamente (mediodía), el cual se da a las 12.3982214, que expresado en horas, minutos y segundos (HMS) es 12:23:53.59704.

.

 ISSN 2007-8102

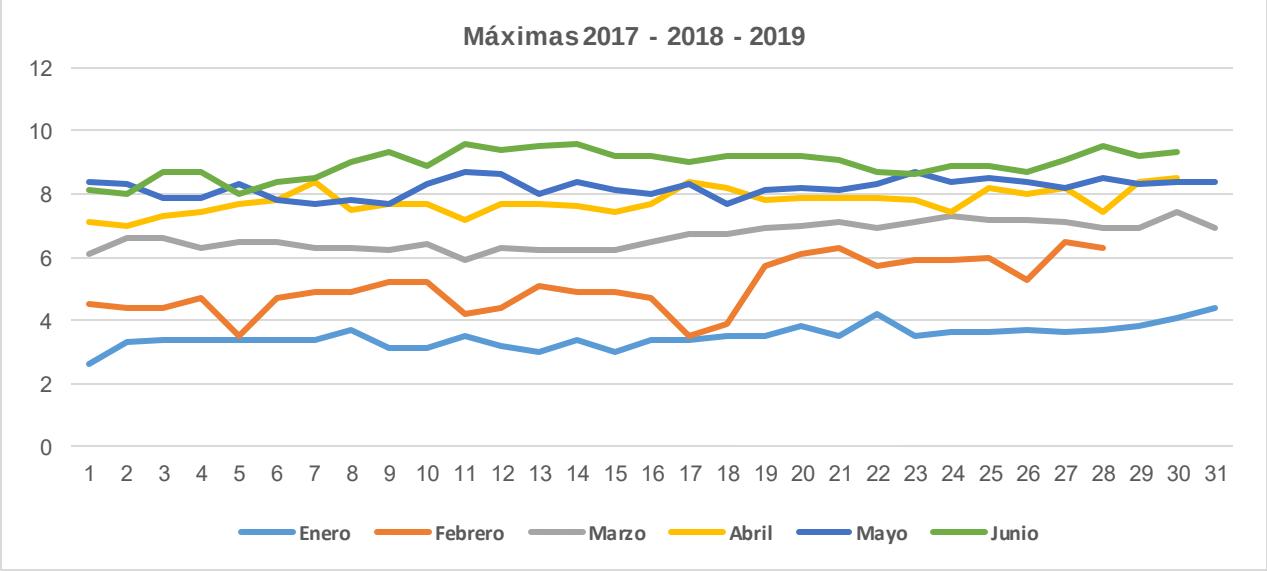
Los datos capturados por la estación se pueden utilizar para la elaboración de predicciones meteorológicas a través de modelos numéricos o para estudios climáticos. Los estudios e investigaciones meteorológicos son complejos debido a la diversidad de variables que interactúan, por lo tanto, es importante el uso de herramientas que faciliten el acceso y procesamiento de los datos con el propósito de generar información importante con un mínimo grado de error.

Tabla 3. Índices en Nogales de UV (IUV).

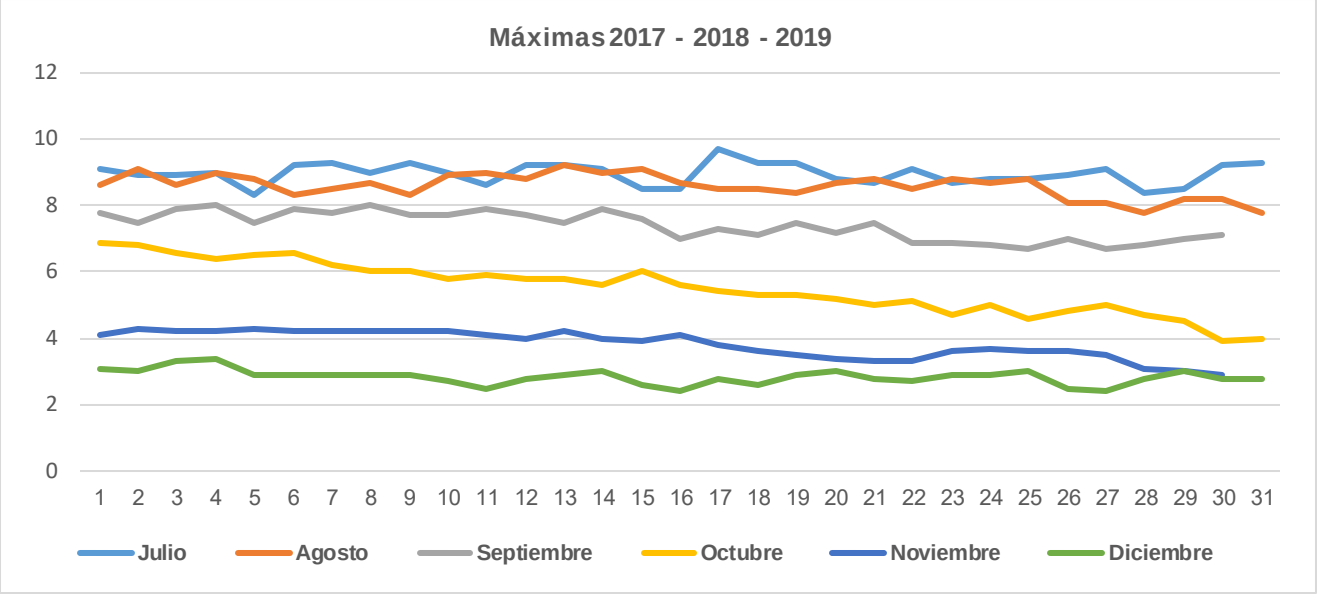
Año	Mínimo	Promedio	Máximo
2017	0	1.5	9.7
2018	0	1.4	9.2
2019	0	1.3	9.5

La estación meteorológica contiene una base de datos con una gran cantidad de variables meteorológicas. Para encontrar el algoritmo que ayude a predecir los índices UV en cualquier día del año y a cualquier hora se hizo un análisis de las 52,560 lecturas almacenadas cada media hora desde el 1 de enero de 2017 hasta el 31 de diciembre de 2019. Se obtuvieron los siguientes datos que indican las lecturas máximas por día en los 3 años analizados, como se muestra en la Tabla 3 [11].

Se analizaron las bases de datos que se tienen para buscar patrones utilizando herramientas matemáticas, obtener tendencias como se muestra en las gráficas 2 y 3 para generar fórmulas o algoritmos y obtener predicciones a corto plazo de los índices UV, así como patrones que indiquen los niveles que se percibirán en cualquier momento.



Gráfica 2. Índices UV máximos durante los meses de enero a junio.



Gráfica 3. Índices UV máximos durante los meses de julio a diciembre.

Por lo anterior se analizaron las lecturas de cada hora obtenidas por la estación de Nogales los años 2016, 2017, 2018 y 2019, se diseñó la fórmula tomando en cuenta estos datos y a la vez los movimientos de rotación, traslación, inclinación de planeta y la ubicación geográfica, por lo anterior resultó una fórmula más exacta, donde se consideran dos variables que son el día del año (d) y la hora del día (h):

$$IMA = -3cos\left(\frac{2\pi(d+10)}{365}\right) - 3$$

Donde "IMA" es el índice Máximo anual y "d" es el día del año.

A lo largo del día los índices UV varían según la hora, para este efecto se diseñó la siguiente ecuación en función de la hora del día:

$$UVH = -9\cos(\frac{2\pi(h-0.3982214)}{24})$$

Acoplando y ajustando ambas ecuaciones en una sola, se tiene la función IUV_i que calcula los valores de IUV intermedios (valores sin depurar)

La fórmula resultante es que a la función UVH se le resta la función IMA, sacando como factor común el -3 y queda la siguiente función que da los datos de IUV sin depurar (positivos y negativos).

$$IUV_i = -3\left(3cos\left(\frac{2\pi(h-0.3982214)}{24}\right) + cos\left(\frac{2\pi(d+10)}{365}\right) + 1\right)$$

Para depurar y obtener los valores reales de IUV, se utiliza la función

$$IUV = \begin{cases} 0 & si\ IUV_i \leq 0 \\ redondearAunDecimal(IUV_i) & si\ IUV_i > 0 \end{cases}$$

Donde:

IUV es Índice de radiación ultravioleta.
h = hora del día expresada en decimal.
d = día del año, desde 1 a 365.

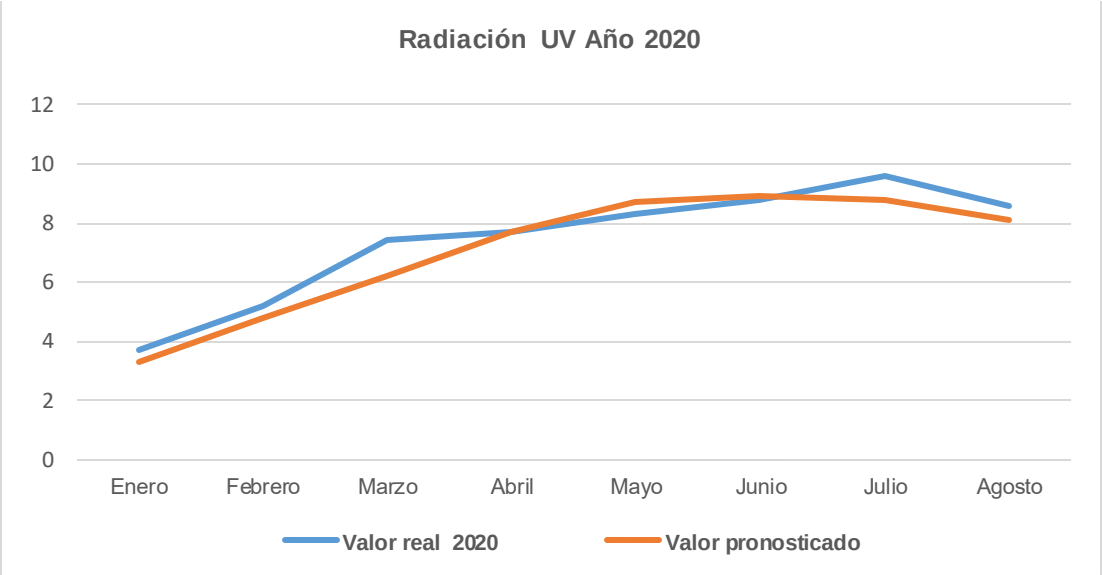
 ISSN 2007-8102

Resultados

Se analizaron 10,434 registros de los valores de UV del 1 de enero al 31 de julio del 2020. Dado que se cuenta con datos por cada media hora y se buscó por el mes con el día y la media hora que se presentó un valor real máximo para compararlo con el valor pronosticado buscando más exactitud se ubicó el día y la media hora del valor máximo de UV de cada mes, se incluyó el mes de agosto porque sus valores más altos serán a principios del mes como se muestran los datos en la Tabla 4 y en la Gráfica 4 se presentan las columnas de mes, valor real y valor calculado de valores máximos de UV.

Tabla 4. Valores de IUV del año 2020 para la ciudad de Nogales Sonora México.

Mes	Valor real 2020	Valor calculado	Día	Hora
Enero	3.7	3.3	20	12:00
Febrero	5.2	4.8	28	12:00
Marzo	7.4	6.2	25	12:30
Abril	7.7	7.7	26	12:30
Mayo	8.3	8.7	30	13:00
Junio	8.8	8.9	6	12:30
Julio	9.6	8.8	3	13:00
Agosto	8.6	8.1	2	13:30



Gráfica 4. Comparativo de niveles IUV para el año 2020 para la ciudad de Nogales Sonora México.

En el desarrollo de este algoritmo para pronósticos de radiación UV se utilizó como base la información meteorológica de los 3 últimos años de la ciudad de Nogales, Sonora, México donde se encontraron valores máximos de índices UV de 9.7 para el 2017, de 9.2 para el 2018 y de 9.5 para el 2019. Se analizaron 52,560 datos registrados y debido a que la estación meteorológica guarda información del clima cada media hora y tomando en cuenta la ubicación de la ciudad, se logró un algoritmo robusto con la capacidad de pronosticar los valores de índice UV para cualquier día del año y a cualquier hora del día o hasta media hora.

Este algoritmo presenta datos menos exactos cuando el clima está nublado, está lloviendo o hay neblina, polvo o humo en el ambiente, debido a que se bloquea o disminuye la radiación del sol. Así mismo, no se tomó en cuenta la contaminación, factor que afecta a la radiación solar y a los resultados del algoritmo.

Al hacer un análisis de los datos por mes se encontró que, en los meses de enero, febrero, noviembre y diciembre, la radiación UV es baja. Para los meses de marzo, abril, agosto y septiembre los niveles de radiación solar son medios y para los meses de mayo, junio, julio y agosto se presentan niveles altos de índice UV.

Trabajos futuros

Implementación de la fórmula en un sitio Web de datos meteorológicos para poder para conocer los valores de UV que se esperan a futuro en un día en especial y a una hora en específico. Esto puede ser útil, por ejemplo, para alertar cuando se tenga un evento al aire libre, como un desfile, un juego de futbol, hacer ejercicio, los recreos en las escuelas o salidas de compras en las horas de alta radiación y saber por el tiempo de exposición si hay sobreexposición a este tipo de radiación.

Modificaciones de la fórmula al tomar en cuenta otras variables no favorables como el índice de contaminación atmosférica por material particulado menor a 10 micras (MP_{10}) o menor a 2.5 micras ($PM_{2.5}$).

Uso de minería de datos para el pronóstico de radiación UV por medio de redes neuronales para entrenar el algoritmo con la información de los años 2017, 2018 y 2019 para comparar los resultados obtenidos de la red neuronal con los datos del año 2020.

Conclusiones

Se comprobó con datos reales el desempeño del algoritmo para Índice UV donde se encontró, para el caso de Nogales, Sonora, que los datos en las temporadas de primavera y verano fueron más estables y en las temporadas de otoño e invierno menos exactos, debido a las variaciones climáticas y al no ser tomados en cuenta en la fórmula los niveles de contaminación atmosférica. También se pueden hacer pruebas con estos datos en otros algoritmos para buscar mejorar su exactitud.

Agradecimiento

Se agradece al Tecnológico Nacional de México (TecNM) porque el desarrollo del presente artículo es uno de los productos académicos del proyecto financiado y realizado en el TecNM campus Nogales, el cual se tituló “Desarrollo de Sitio Web para red de estaciones meteorológicas automatizadas de 3 instituciones de educación superior en el estado de sonora”, con número de proyecto 6358.19-P, de la convocatoria 2019: Apoyo a la investigación Científica y Tecnológica de los Programas Educativos de los Institutos Tecnológicos Federales, Descentralizados y Centros. También se agradece a la Universidad Estatal de Sonora (UES) campus Magdalena, así mismo al TecNM campus Hermosillo por su participación activa en el desarrollo de este proyecto.

Referencias

[1] J. Miranda, INSTALACIÓN DE UNA ESTACIÓN METEOROLÓGICA AUTOMATIZADA Y DISEÑO DE UNA APLICACIÓN WEB PARA SU MONITOREO (Tesis de Maestría), Nogales Sonora, México: TecNM campus Nogales, 2018.

[2] WHO, «Health topics/Ultraviolet radiation,» World Health Organization, 24 05 2020. [En línea]. Available: https://www.who.int/health-topics/ultraviolet-radiation#tab=tab_1. [Último acceso: 08 09 2020].

[3] ScienceDirect, «Efectos de la radiación solar y actualización en fotoprotección,» *Anales de Pediatría ,* vol. Volume 92, nº 6, pp. 377-385, 06 06 2020.

[4] OMS, Indice UV solar mundial : guía práctica (Libro), Ginebra, Suiza: WHO International, 2012.

[5] LaVozdelaPalma, «http://lavozdelapalma.com,» 28 08 2015. [En línea]. Available: http://lavozdelapalma.com/2015/08/28/el-semaforo-del-sol/. [Último acceso: 08 08 2020].

[6] Castanedo-Cazares JP et al, «Análisis de la radiación solar ultravioleta acumulada en México,» *medigraphic,* vol. 1, nº 1, pp. 26-31, 2015.

[7] CENAPRED, «https://www.gob.mx/cenapred,» 08 11 2019. [En línea]. Available: https://www.gob.mx/cenapred/articulos/protegete-de-la-radiacion-ultravioleta. [Último acceso: 08 08 2020].

[8] CDMX, «http://www.aire.cdmx.gob.mx/,» 11 05 2015. [En línea]. Available: http://www.aire.cdmx.gob.mx/default.php?opc=%27ZaBhnmI=&dc=%27aA==#:~:text=La%20OMS%20define%20una%20escala,%C3%ADndice%20de%2011%20o%20superior.. [Último acceso: 08 08 2020].

[9] INEGI, «Inegi datos,» Instituto Nacional de Estadística y Geografía, 20 09 2017. [En línea]. Available: https://www.inegi.org.mx/datos/. [Último acceso: 01 09 2020].

[10] OMS, «Organizacion Mundial de la Salud,» 27 09 2016. [En línea]. Available: https://cfpub.epa.gov/airnow/index.cfm?action=aqibasics.particle.

[11] Globalweathersystems, «Globalweathersystems,» 24 09 2010. [En línea]. Available: http://www.globalweathersystems.com/space_weather.htm.

[12] CIT, «Legacy Spitzer,» caltech (California Institute of Technology), 15 06 2010. [En línea]. Available: http://legacy.spitzer.caltech.edu/espanol/edu/ritter/ritter_bio.html. [Último acceso: 2020 09 08].

Sitio web para red de EMA´s de IES en el Estado de Sonora, México.

García-Alva- S.[1*], Miranda-Mirasol- J.[2], Muñoz-Zamora- G.[1], Cruz–Rentería- J.[1], O. Velarde Anaya. [3]

[1]*TecNM campus Nogales, Ave. Instituto Tecnológico # 911 Col. Granja CP. 84065, Nogales Sonora, México. División de Estudios de Posgrado e Investigación (DEPI).*

[2]*Universidad Estatal de Sonora, Unidad académica, Av. Niños Héroes, San Javier, 84160 Magdalena de Kino, Sonora, México. Departamento de ingeniería de software unidad académica Magdalena Sonora, México.*

[3]*Universidad Tecnológica de Nogales,* Ave. universidad #271, Colonia Universitaria*, 84093, Nogales, Sonora, México. Departamento de mecatrónica.*
sigifredo.ga@nogales.tecnm.mx *

Área de participación: Sistemas Computacionales

Resumen

El presente trabajo, se enfoca en la implementación de un Sitio Web para alojar Estaciones Meteorológicas Automatizadas (EMAs) de Instituciones de Educación Superior (IES) en el estado de Sonora debido a la importancia de obtener y compartir datos reales y locales de información meteorológica (lluvia, temperatura, humedad, presión barométrica, dirección y velocidad del viento, entre otra, además de radiación solar y ultra violeta) a la población de las ciudades de Nogales y Magdalena. El sitio Web permite el análisis de las condiciones climáticas que se presentan y tiene capacidad para anexar nuevas EMAs de IES del estado de Sonora. También muestra datos actuales, estadísticos e históricos para su monitoreo y hacerlos del dominio público. El acceso a la información del sitio Web es a través de computadora o celular y servirá de apoyo a otras investigaciones que requieran datos climáticos.

Keywords: Estación meteorológica, Clima, Aplicación Web, Monitoreo.

Abstract

This work focuses on the implementation of a responsive Website to host Automated Weather Stations (AWS) of Higher Education Institutions (HEI) in the state of Sonora, due to the importance of obtaining and sharing real and local data of meteorological information (rain, temperature, humidity, barometric pressure, wind direction and speed, among others, in addition to solar and ultra violet radiation) to the population in the cities of Nogales and Magdalena. The Website allows the analysis of the climatic conditions that occur and has the capacity to attach new EMAs from IES in the state of Sonora. It also displays current, statistical, and historical data for monitoring and making it public. Access to the information on the Website is through computer or cell phone, and it will serve to support other investigations that require climate data.

Keywords: Weather station, Weather, Web application, Monitoring.

Introducción

Los fenómenos relacionados con el clima inciden de diversas maneras en el desarrollo y resultado de las actividades humanas y juegan un papel relevante en muchos aspectos de nuestra vida. Debido a su importancia, la Organización de las Naciones Unidas (ONU) creó La Organización Meteorológica Mundial (OMM) para promover e impulsar la meteorología, la hidrología y las ciencias geofísicas afines, así como facilitar la cooperación a nivel mundial. Para estudiar la atmósfera nos valemos del elemento meteorológico y que se define como aquella

variable atmosférica o fenómeno (temperatura del aire, presión, viento, humedad, tormentas, nieblas, ciclones o anticiclones, etc.) que caracteriza el estado del tiempo en un lugar específico y en un periodo de tiempo determinado, con los cuales se pueden desarrollar cálculos y predicciones [1].

La observación meteorológica consiste en la medición y determinación de todos los elementos que en su conjunto representan las condiciones del estado de la atmósfera en un momento dado y en un determinado lugar utilizando los instrumentos adecuados, dichas observaciones se realizan a través de métodos y en forma sistemática, uniforme, continua y a horas establecidas permitiendo conocer las características y variaciones de los elementos atmosféricos, los cuales constituyen los datos básicos que utilizan los servicios meteorológicos, tanto en tiempo real como diferido [2].

Estado del arte

A nivel internacional existen muchas Páginas Web especializadas del clima como son el Weather Chanel, Weather Underground, AccuWeather entre otros, para ello utilizan grandes equipos de cómputo y sofisticados algoritmos para procesar fotos satelitales, información de radares y enlaces con estaciones meteorológicas entre otros, para dar el pronóstico de un rango de valores, pero tienen la desventaja de no poder dar datos reales y aquí es donde obtienen su ventaja las estaciones meteorológicas [4].

Para el monitoreo del clima se utilizan desde satélites, radares, sondas, hasta estaciones meteorológicas. En México existe el Servicio Meteorológico Nacional (SMN) que es el organismo encargado de proporcionar información sobre el estado del tiempo a nivel nacional y local. El servicio Meteorológico Nacional depende de la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA), la cual forma parte de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) [5].

La Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) cuenta con una Red Universitaria de Observatorios Atmosféricos (RUOA), para impulsar la investigación y la docencia de las ciencias atmosféricas en el país. La cual busca proveer de información atmosférica relevante y confiable para estudiar los problemas emergentes en materia de contaminación atmosférica, cambio climático, recursos hídricos y seguridad alimentaria, entre otros [6].

En Baja California Norte el Centro de Investigación Científica y Educación Superior de Ensenada (CICESE) cuenta con una red de estaciones meteorológicas que cubre todo el estado, tanto en predicción del clima como en la publicación en vivo de las condiciones actuales y cuenta con una base de datos con información histórica de todo el noroeste de México, la información se genera desde el año 1983 [7].

En el estado de Sonora, México existe una Red de Estaciones Meteorológicas Automatizadas de Sonora (REMAS) enfocado para los ganaderos y agricultores de Sonora, por lo tanto sus estaciones no están en las ciudades sino en los campos de cultivo o ganaderos. [9]

La empresa Davis que fabrica estas estaciones meteorológicas automatizadas tiene un servicio en la nube para lo cual requiere una interfaz diferente y planes de pago mensual de datos propios para tener acceso a algunos de ellos, con nuestra propuesta tendremos el control de la totalidad de los datos organizados y mostrados de acuerdo a nuestras necesidades requeridas sin tener que pagar por ellos [3].

Antecedentes

El estado de Sonora, México es el segundo estado más grande del país con una superficie de 175,355 Km^2, el cual tiene playas, desierto y parte de la sierra madre occidental, teniendo elevaciones desde 0 hasta 2,620 metros sobre el nivel del mar, como el cerro Pico Guacamayas, por lo que se tiene un clima muy variado que va desde clima muy seco hasta cálido subhúmedo, con temperaturas que van desde -4 ^0C en diciembre y enero, a más de 43 ^0C en junio y julio [8].

En la División de Estudios de Posgrado, dentro de su Programa de Maestría en Sistemas Computacionales, se propuso un Sitio Web para alojar una red de estaciones meteorológicas para Instituciones de Educación Superior (IES) para el Estado de Sonora, iniciando con dos estaciones Davis Vantage Pro2: la primera en el TecNM campus Nogales y la segunda en la universidad Estatal de Sonora campus Magdalena. La información meteorológica de las 2 EMAs es particularmente importante para la población que vive en las ciudades en la que se encuentran ubicadas. Cada EMA utiliza el software WeatherLink para comunicar la

Estación Meteorológica Davis con la computadora. Con este software se puede recopilar, almacenar, ver, trazar, analizar, exportar e imprimir los datos meteorológicos, configurar la estación meteorológica y vigilar sus alarmas.

La consola de la estación meteorológica recibe de forma inalámbrica los datos de los sensores, los almacena y muestra de forma simultánea en su pantalla. El software WeatherLink se compone del datalogger para el almacenamiento y descarga de datos meteorológicos y un potente software de monitorización de estos datos. Permite almacenar toda la información registrada por la estación en una base de datos, visualizarla en tiempo real en una computadora elaborando gráficos e informes detallados, ya sea de manera local o a través del Sitio Web. Parte de las prestaciones que da el software es generar páginas HTML o PHP propias, para mostrar los datos meteorológicos en la Web, mismas que son enviadas al servidor a través de la opción de "subida de datos" que permite seleccionar la información meteorológica, la forma en que se debe mostrar y con qué frecuencia se actualiza, que puede ser de 1 a 30 minutos, de 1 a 12 horas o de 1 día. El funcionamiento de una estación meteorológica se muestra en la Figura 1.



Figura 1. Diagrama del funcionamiento de una estación meteorológica Davis Vantage Pro2.

Metodología

Para el desarrollo del proyecto se trabajó bajo la metodología en cascada, este modelo es muy útil debido a que permite la iteración entre las fases, es decir, si en alguna de las fases es necesario hacer un ajuste, es permitido devolverse y realizar los cambios necesarios.

La obtención de datos sin un sistema de información adecuado, es una restricción que complica el desarrollo de investigaciones. Debido al alto volumen de información que se manejan en este tipo de estudios, este trabajo presenta una solución mediante el diseño, implementación de un sistema para gestión de información, manejo flexible de registros de datos y consultas históricas.

Un sistema de información realiza cuatro actividades básicas: entrada, almacenamiento, procesamiento y salida de información. En un sistema de información Web meteorológica se utiliza como mecanismo de entrada, el registro de parámetros a través de una estación meteorológica, la cual se almacena en una base de datos, para posteriormente ser procesada y consultada por el usuario final.

Sistema propuesto

El sistema propuesto está formado por una estación meteorológica con un módulo de sensores integrados (ISS) equipado con la tecnología para recolección y adquisición de datos, además de una consola que es la unidad donde se registran los datos recolectados, la transmisión entre estas dos unidades se realiza de forma inalámbrica. El almacenamiento de datos es en una computadora personal y enviados a un servidor Web a través del software Weatherlink que viene incluido con la estación meteorológica Vantage Pro2. Las aplicaciones Web creadas para cumplir con los objetivos planteados están en el servidor, la descarga de los datos de la consola se realiza mediante una data logger Weatherlink, a través del protocolo de comunicaciones de puerto USB. Tomando en cuenta lo anterior se realizó la arquitectura lógica del sistema propuesto, como se muestra en la Figura 2 [10].

 ISSN 2007-8102

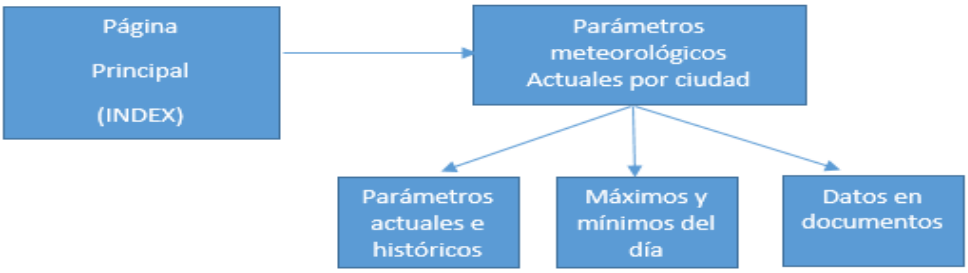


Figura 2. Arquitectura lógica del sistema propuesto.

El Sitio Web está conformado por varias páginas Web accesibles a través de la página principal (index.html), como se muestra en el modelo conceptual de la Figura 3.

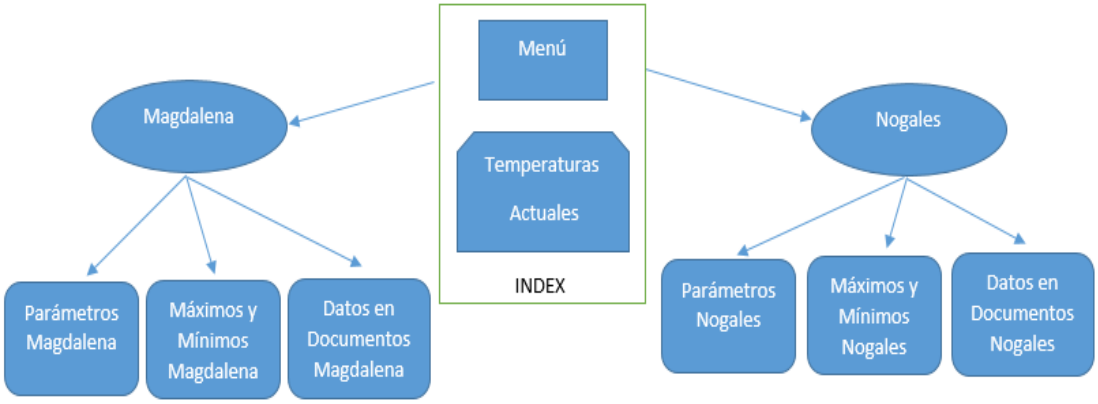


Figura 3. Modelo conceptual del sitio Web.

Para el desarrollo se utilizó software libre y se escogió el Modelo Vista Controlador (MVC), como se muestra en la Figura 4, ya que separa los datos de una aplicación, la interfaz de usuario y la lógica de negocio en tres componentes distintos. Para el Modelo se optó por: MySQL para la administración de datos. El Controlador, que es la parte Back-End, donde se encuentra la arquitectura interna del sitio que asegura que todos los elementos desarrollen la función correcta y no está visible al usuario, fue diseñado en los lenguajes PHP, AJAX y JavaScript. Finalmente la Vista, que es la parte Front-End en la cual los usuarios interactúan con la aplicación, se realizó en HTML y CSS [11].

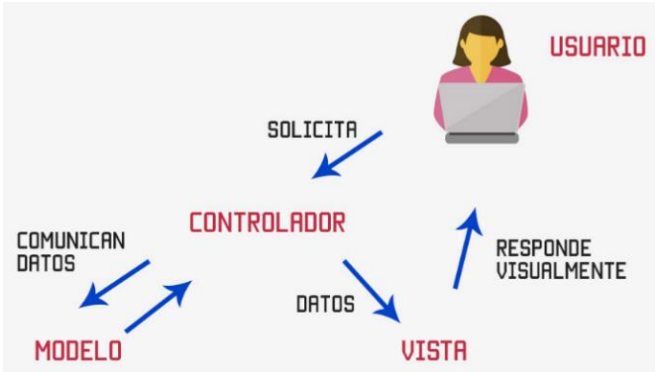


Figura 4. Modelo Vista Controlador.

 ISSN 2007-8102

Como servidor Web se optó por Apache Server. Como lenguaje de programación para las aplicaciones del lado del servidor se elige PHP, que es especialmente adecuado para desarrollo Web. Como servidor de base de datos se utilizó MySQL, el cual tiene una amplia compatibilidad con el servidor Apache y el lenguaje de programación PHP.

Se desarrolló la base de datos denominada *datos_estaciones*, que permite almacenar la información general de la estación para ser publicada en el Sitio Web, aquí se establecen las tablas correspondientes al manejo de estaciones, datos actuales y datos históricos. Los campos de las tablas se definieron en base a los parámetros meteorológicos establecidos para los datos históricos y para los datos actuales en base a los parámetros en línea que genera el sistema Weatherlink, la tabla de estaciones contiene los campos *id* y *nombre_estación*.

Resultados

Para mostrar los parámetros meteorológicos actuales más usuales como: temperatura, punto rocío, humedad, sensación térmica, viento, índice THW, presión barométrica, índice de calor, lluvia del día, lluvia anual, radiación ultravioleta actual y máxima, radiación solar actual y máxima, el amanecer y la puesta del sol, se implementó el Sitio Web http://www.sistemauesitn.com/index.html con una página HTML para cada ciudad como se muestra en la Figura 5.



Figura 5. Condiciones del clima en Magdalena, Sonora.

En la Figura 6 se muestra información de la temperatura actual, un promedio diario, las máximas y mínimas del día y su hora, del mes y año, acompañada de una gráfica de la temperatura actual y de su comportamiento en las últimas 24 horas.

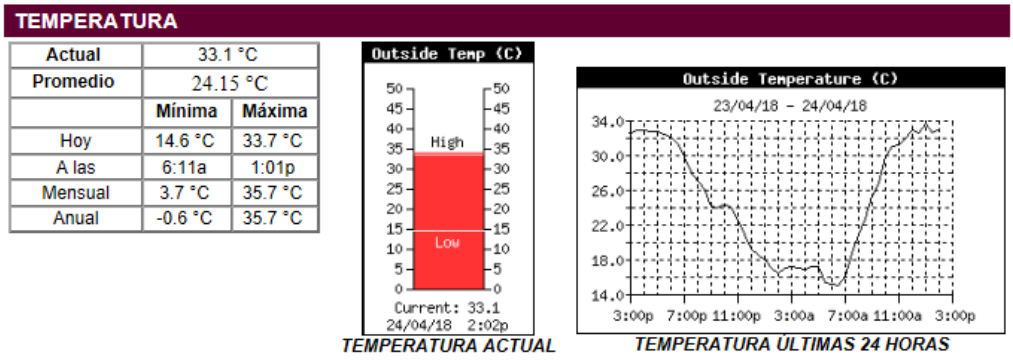


Figura 6. Información de la temperatura.

 ISSN 2007-8102

La Figura 7 presenta la sección que muestra información de la sensación térmica actual, dividido en temperatura - viento y temperatura - humedad, las máximas y mínimas del día, su hora, mes y año, acompañada con su gráfica respectiva.

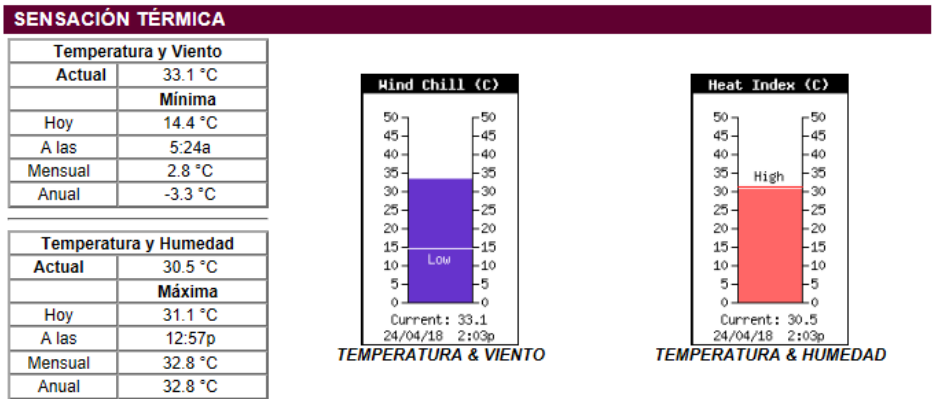


Figura 7. Información de la Sensación térmica.

También se puede obtener la información de la cantidad de lluvia por día, en milímetros cúbicos, en los últimos 30 días, como se muestra en la Figura 8.

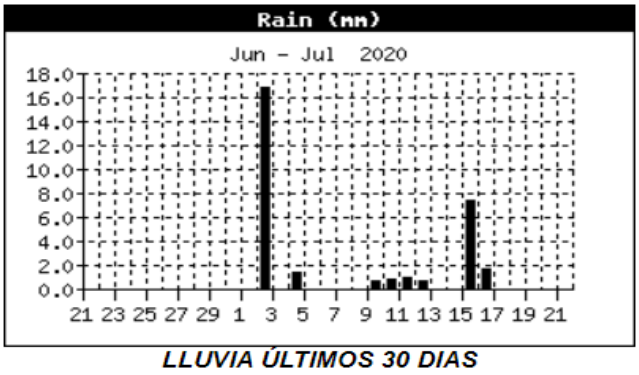


Figura 8. Información de lluvia.

Se implementó un Sitio Web que contiene páginas para cada ciudad, donde se muestra información que puede verse en pantalla o mandarse imprimir sobre los datos históricos y/o actuales de los diferentes parámetros meteorológicos, así como informes anuales, mensuales y semanales. Los informes anuales y mensuales son generados directamente por el software Weatherlink, con esta implementación, ahora se cuenta con la opción de bajar información semanal o de un rango de fechas en un formato Excel a través de la librería PHPExcel.

Trabajos futuros

La metodología aquí desarrollada, al igual que los componentes y datos recabados servirán para integrar a alumnos y maestros de diferentes instituciones interesados en comprender su funcionamiento y poder proponer mejoras a la aplicación Web responsiva en las siguientes versiones. Se podrán agregar nuevas funcionalidades como alertas o nuevas interfaces gráficas de acuerdo a las necesidades de información.

Se pueden incorporar nuevas estaciones meteorológicas de otras IES. Hasta al momento se han detectado 4 estaciones meteorológicas similares en IES del estado de Sonora: en la Universidad de Sonora en campus Hermosillo, en el caso del TecNM, en los campus Huatabampo, Guaymas y Hermosillo, con este último ya se está trabajando en su integración al presente proyecto.

Desarrollar una App para datos actuales y pronósticos que permita ser consultado en cualquier dispositivo móvil y contenga gráficos con rangos de valores y colores para facilitar su comprensión.

Realizar una evaluación al sistema para detectar fallas o sobrecarga de información y retroalimentación de los usuarios finales para medir la utilidad de la información o posibles mejoras al sistema.

Conclusiones

En base al mantenimiento y las pruebas realizadas, se observó que los componentes de las estaciones meteorológicas automatizadas de ambas instituciones funcionan correctamente y cumplen de manera satisfactoria, integrándose en el Sitio Web http://www.sistemauesitn.com/index.html con el nombre de cada ciudad. Es importante conocer bien el funcionamiento del equipo para obtener el mayor provecho posible al utilizar todas las funciones con las que estas estaciones cuentan. La recopilación de los datos que se obtengan con la correcta instalación y operación de este equipo serán de gran utilidad para complementar aquellos proyectos donde se requiera correlacionar parámetros meteorológicos con variables de estudio.

No fue fácil el trabajo colaborativo y a distancia de alumnos y docentes de las 3 IES del Estado de Sonora (TecNM campus Nogales (ITN), Universidad Tecnológica de Nogales (UTN) y Universidad Estatal de Sonora (UES) campus Magdalena) involucradas en el proyecto por el problema de la pandemia (COVID-19).

Se comprobó que el Sitio Web funciona de manera óptima, cumpliendo con enviar los datos en forma constante. Además, se logró reducir la pérdida en la comunicación de los datos entre la estación meteorológica y la consola, así como entre el datalogger y la computadora local, ocasionada por problemas en la conexión a Internet.

Agradecimiento

Se agradece al Tecnológico Nacional de México (TecNM) porque el desarrollo del presente artículo es uno de los productos académicos del proyecto financiado y realizado en el TecNM campus Nogales, el cual se tituló “Desarrollo de Sitio Web para red de estaciones meteorológicas automatizadas de 3 instituciones de educación superior en el estado de Sonora”, con número de proyecto 6358.19-P, de la convocatoria 2019: Apoyo a la investigación Científica y Tecnológica de los Programas Educativos de los Institutos Tecnológicos Federales, Descentralizados y Centros. También se agradece a la Universidad Estatal de Sonora (UES) campus Magdalena, así mismo al TecNM campus Hermosillo por su participación activa en el desarrollo de este proyecto.

Referencias

[1] OMM (Organización Meteorológica Mundial), «http://www.exteriores.gob.es/RepresentacionesPermanentes/OficinadelasNacionesUnidas/es/,» World Meteorological Organization, 15 07 2015. [En línea]. Available: http://www.exteriores.gob.es/RepresentacionesPermanentes/OficinadelasNacionesUnidas/es/quees2/Paginas/Organismos%20Especializados/OMM.aspx. [Último acceso: 08 08 2020].

[2] SMN (Servicio Meteorológico Nacional), «La Observación Meteorológica,» 24 10 2015. [En línea]. Available: http://ecaths1.s3.amazonaws.com/clima/observacion%20meteorologica.pdf. [Último acceso: 05 09 2020].

[3] D. Instruments, «https://www.davisinstruments.com/,» Davis Instruments, 14 05 2017. [En línea]. Available: https://www.davisinstruments.com/weatherlinklive/. [Último acceso: 08 08 2020].

[4] Weather, «weather.com,» The Weather Channel, 27 08 2013. [En línea]. Available: https://weather.com/es-US/tiempo/10dias/l/Nogales+Mxico+MXSR0095:1:MX. [Último acceso: 10 09 2020].

[5] CONAGUA, «Servicio Meteorologico Nacional,» Comsión Nacional del Agua, 11 01 2016. [En línea]. Available: http://smn.cna.gob.mx/index.php?option=com_content&view=article&id=18&Itemid=21. [Último acceso: 10 09 2020].

[6] UNAM, «Red Universitaria de Observatorios Atmosféricos (RUOA),» Universidad Nacional Autonoma de México, 10 09 2018. [En línea]. Available: https://www.ruoa.unam.mx/#. [Último acceso: 12 09 2020].

[7] CICESE, «http://pronostico.cicese.mx/,» CICESE, 28 04 2010. [En línea]. Available: http://pronostico.cicese.mx/. [Último acceso: 08 08 2020].

[8] INEGI, «http://www.cuentame.inegi.org.mx/,» INEGI, 15 08 2009. [En línea]. Available: http://www.cuentame.inegi.org.mx/monografias/informacion/son/territorio/relieve.aspx?tema=me&e=26. [Último acceso: 08 08 2020].

[9] REMAS, «Red de Estaciones Meterológicas Automatizada de Sonora,» El Sistema de Alerta Fitosanitaria del Estado de Sonora (SIAFESON), 12 01 2018. [En línea]. Available: http://www.siafeson.com/remas/. [Último acceso: 15 09 2020].

[10] J. Miranda, INSTALACIÓN DE UNA ESTACIÓN METEOROLÓGICA AUTOMATIZADA Y DISEÑO DE UNA APLICACIÓN WEB PARA SU MONITOREO (Tesis Maestría), Nogales Sonora, México: TecNM campus Nogales, 2018.

[11] E. Bahit, PHP 5: Taller de Aplicaciones MVC (Libro), Malaga, España: Creative Commons AtribuciónNoComercial, 2012.

Predicción de Robo con Redes Neuronales Recurrentes LSTM

J. U. Teyechea Peralta, M. T. Serna Encinas, C. E. Rose Gómez, R. A. Galaz Bustamante*
Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Hermosillo,
División de Estudios de Posgrado e Investigación, Ave. Tecnológico y Periférico Poniente S/N, C.P. 83170
Colonia Sahuaro, Hermosillo Sonora, México
*Correos electrónicos: uteyechea@gmail.com, *maria.sernae@hermosillo.tecnm.mx,*
cesar.roseg@hermosillo.tecnm.mx, rafael.galazb@hermosillo.tecnm.mx

***Área de participación**: Sistemas Computacionales*

Resumen
El Índice de Paz Global posiciona a México en el lugar dieciséis en términos de inseguridad. Las pérdidas anuales debido al crimen son aproximadamente el 10% del PIB mexicano. Recientemente, la inseguridad en México ha disminuido, principalmente por las políticas de prevención por el COVID-19; desafortunadamente, éste es un efecto transitorio. Por otro lado, la modernización tecnológica en los departamentos de policía ha generado grandes conjuntos de datos, que pueden ser utilizados en la predicción de crímenes, con el objetivo de disminuirlos. Este artículo describe una propuesta de identificación del patrón en la distribución espacio-temporal, de la cantidad de crímenes por unidad de tiempo. El modelo propuesto, una red neuronal recurrente LSTM apilada, predice la ocurrencia de un crimen con una correlación positiva promedio de 0.599, para una ventana de tiempo en el futuro de nueve días, a partir de la última fecha que se haya registrado algún crimen.

***Palabras clave:** Red neuronal recurrente, Predicción de crimen, LSTM.*

Abstract
The Global Peace Index ranks Mexico 16th in terms of insecurity. Annual losses due to crime are approximately 10% of Mexico GDP. Recently, insecurity in Mexico has decreased, mainly due to prevention policies for COVID-19; unfortunately, this is a transitory effect. On the other hand, technological modernization in police departments has generated large data sets, which can be used in the prediction of crimes, with the aim of reducing them. This article describes a proposal to identify the pattern in the spatio-temporal distribution of the amount of crimes per unit of time. The proposed model, a stacked LSTM recurrent neural network, predicts the occurrence of a crime with an average positive correlation of 0.599, for a future time window of nine days, starting from the last date that a crime was recorded.

***Key words:** Recurrent neural network, Crime prediction, LSTM.*

Introducción
El Índice de Paz Global (GPI, Global Peace Index, por sus siglas en inglés) se ha deteriorado en cuatro de los últimos cinco años. México se encuentra en el lugar 137 de 163 países incluídos en el GPI. El valor total de pérdidas debidas a la violencia en México se estima que alcanzó el 10% del PIB en el año 2019 [1]. Sin embargo, en 2020 México es más seguro con respecto al mismo periodo del año pasado. En el primer trimestre del año, el robo a negocios, casas y autos ha disminuido un 16%, 8% y 15%, respectivamente, mientras que la violación y la violencia intrafamiliar muestran un aumento del 14% y 16% [2].

Un factor causal importante, en este efecto transitorio de baja criminalidad, es la política de distanciamiento social implementada como medida preventiva al contagio por COVID-19. La disminución en los delitos como, por ejemplo, el robo residencial, puede ser explicada como consecuencia del aumento en la tutela sobre el espacio personal y la propiedad. El aumento en los delitos como la violencia doméstica pueden ser explicados como consecuencia de períodos prolongados de contacto, entre posibles delincuentes y víctimas. Por lo tanto, la disminución del crimen en México no es un evento aislado [3].

La modernización tecnológica, en los departamentos de policía, ha permitido la recopilación de grandes conjuntos de datos acerca de la actividad delictiva a nivel local. Al contar con grandes conjuntos de datos, acerca de incidencias delictivas, es necesario implementar técnicas de análisis que permitan obtener información accionable acerca de los patrones de comportamiento criminal [4].

Experimentalmente se observa que ciertos tipos de delitos, tales como el robo y la violencia, forman secuencias de eventos altamente agrupados. Es decir, la distribución espacio-temporal de una secuencia de crímenes subsecuentes, a partir de la ocurrencia de un primer crimen, se concentra alrededor de la vecindad espacial y dentro de un intervalo de tiempo de aproximadamente algunos días, después de la ocurrencia de dicho primer crimen [5]. Así mismo, se observa el patrón criminal llamado victimización repetida. Este patrón se forma cuando la misma víctima de algún crimen continúa siendo víctima de crímenes subsecuentes. También se tiene la victimización cuasi-repetida, este patrón criminal se forma cuando personas o bienes con características similares se convierten en víctimas de la actividad delictiva. Este tipo de observaciones proporcionan a los departamentos de policía una técnica predictiva para la prevención del crimen, si y sólo si, la policía tiene la capacidad de capitalizar el conocimiento de estos patrones identificados [6].

En respuesta a esta problemática, diversos grupos de investigación han implementado diferentes técnicas de análisis para grandes conjuntos de datos de incidencias delictivas. Las máquinas de soporte vectorial (SVM, por sus siglas en inglés) han demostrado ser efectivas para la predicción en la reincidencia criminal de un individuo [7], y la predicción de puntos calientes donde la probabilidad de incidencia delictiva es significativa [8]. Algoritmos basados en lógica difusa han demostrado ser razonablemente eficientes para predecir el lugar más probable dónde ocurrirá un crimen [9]. Modelos basados en agentes han demostrado ser prometedores al simular una ciudad y sus ciudadanos entre los cuales existen ladrones, y así, entender mejor los factores que motivan a este tipo de criminales [10]. Los métodos de análisis para series de tiempo convencionales, tales como agrupamiento por similitud, no han demostrado ser efectivos para encontrar tendencias en conjuntos de datos criminales multidimensionales [11]. Por último, Los modelos de predicción de delitos seriales, utilizando la teoría de aprendizaje bayesiana, han demostrado ser efectivos para predecir el vecindario más probable donde el criminal cometerá el siguiente delito [12].

En este artículo, se describe una propuesta de identificación del patrón en la distribución espacio-temporal de la cantidad de crímenes por unidad de tiempo, y se utiliza una red neuronal recurrente (RNN, por sus siglas en inglés) con capas apiladas tipo “Long Short Term Memory” (LSTM, por sus siglas en inglés). Las experimentaciones realizadas buscan identificar un patrón en la distribución espacio-temporal de la cantidad de robos por unidad de tiempo, para una zona al poniente de la ciudad de Chicago.

Metodología

Esta sección describe la metodología empleada para predecir la secuencia espacio-temporal de robos. Específicamente, se muestra la arquitectura propuesta para el sistema de predicción, compuesta por: las fuentes de datos, el módulo de Preprocesamiento de datos, las series de tiempo, el módulo del Modelo predictivo, y finalmente, la predicción de series de tiempo. La Figura 1 muestra el diseño propuesto de la arquitectura a utilizar para el sistema de predicción de crímenes propuesto.

 ISSN 2007-8102

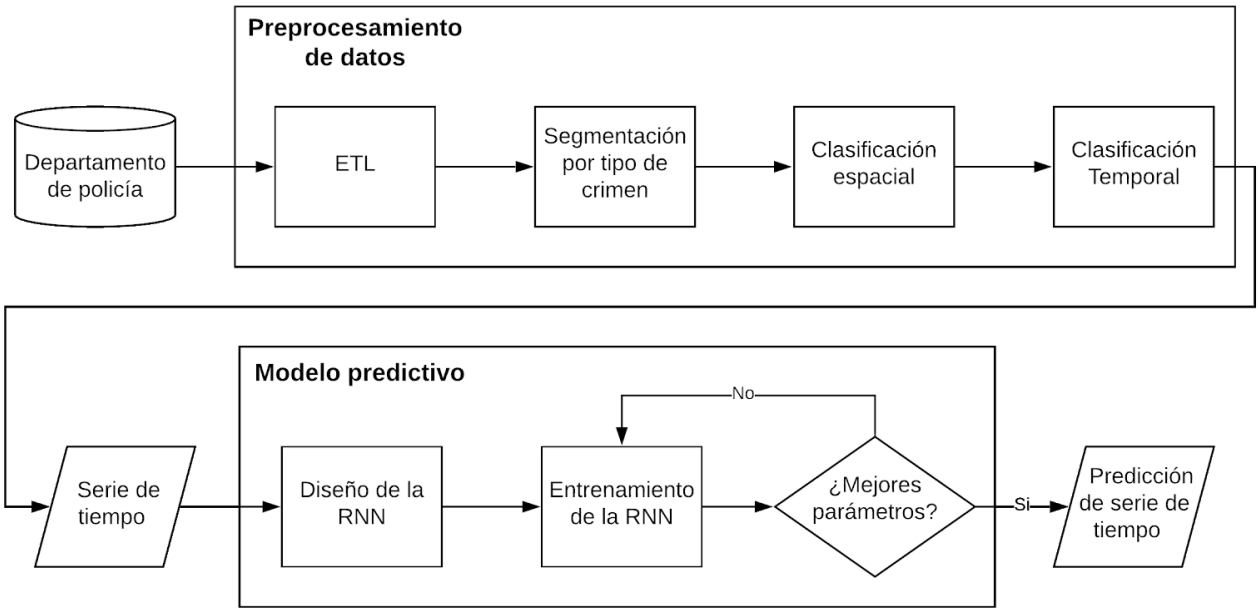


Figura 1. Arquitectura propuesta para el sistema de predicción de crímenes (Elaboración propia).

Se tomó como fuente de datos, el sistema "Citizen Law Enforcement Analysis and Reporting" (CLEAR, por sus siglas en inglés) del Departamento de Policía de Chicago (CPD, por sus siglas en inglés) [13]. Estos datos deberán sufrir un proceso que incluye la extracción, transformación y carga de datos (ETL, por sus siglas en inglés), para convertirlos en un conjunto de datos de calidad, que podrán ser utilizados como soporte a la toma de decisiones. Esta arquitectura está compuesta por dos grandes módulos: Preprocesamiento de datos y Modelo predictivo. A continuación se describe en detalle cada módulo.

Preprocesamiento de datos

Proceso ETL. La base de datos contiene veintidós atributos [13], a partir de los cuales se seleccionaron cuatro, a ser, longitud, latitud, tipo de crimen y fecha. Entre los veintidós atributos en la base de datos CLEAR hay valores nulos, sin embargo, no se encontraron registros nulos en los atributos seleccionados, por lo que no fue necesario implementar alguna técnica de imputación de datos; finalmente, se crea una nueva base de datos y se almacenan los datos obtenidos después de aplicar este proceso ETL.

Proceso Segmentación por tipo de crimen. Se selecciona un tipo de crimen para el cual se ha determinado que existe un patrón en su distribución espacio temporal [5]. De acuerdo a Mohler, et al., el robo se ajusta a una distribución de Poisson, para el número de eventos delictivos que ocurren a una cierta distancia, con respecto a un primer evento dentro de una ventana de tiempo razonable.

Proceso Clasificación espacial. Este proceso mapea longitud y latitud a un número entero, se denota a este número como una zona. Para clasificar la ciudad en zonas, se aplicó el algoritmo k-means logrando 20 zonas, la Figura 2 muestra esta clasificación espacial, obtenida sobre la ciudad de Chicago, Illinois.

 ISSN 2007-8102

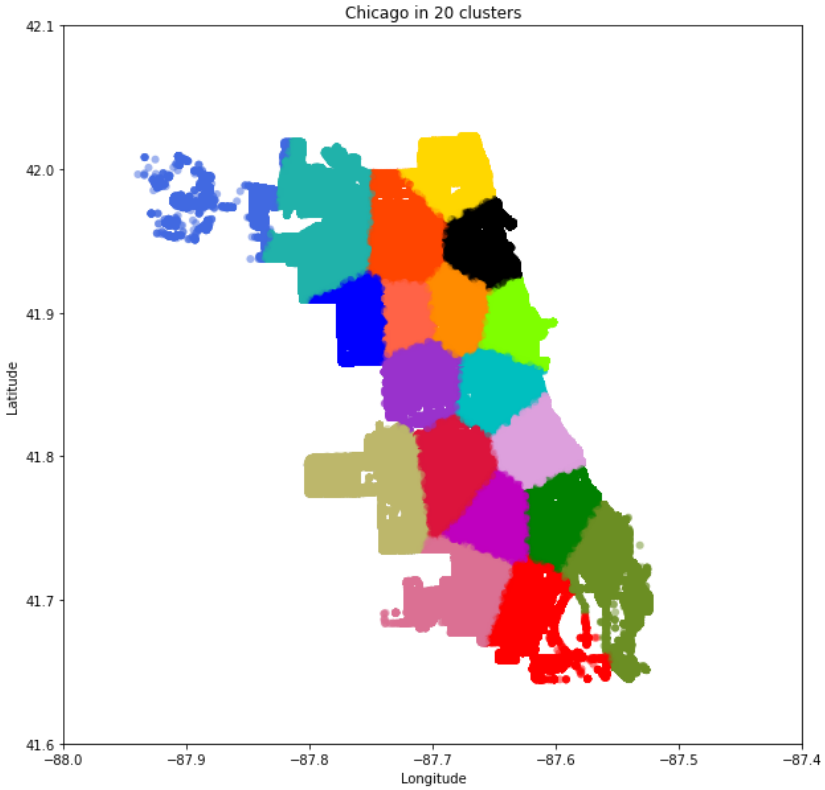


Figura 2. Clasificación espacial de la ciudad de Chicago en 20 zonas (Elaboración propia).

La selección del número de zonas depende del nivel de resolución, *i. e.*, el área geográfica por zona que se desee cubrir al calcular la secuencia del número de robos futuros en dicha área geográfica.

Proceso Clasificación temporal. Consiste en determinar una ventana de tiempo, después se calcula la correlación que existe entre la ventana de tiempo seleccionada y el resto de todas las posibles ventanas de tiempo, dentro de la serie de tiempo para el crimen seleccionado [14]. Se define una correlación mínima que deben satisfacer las nuevas ventanas de tiempo encontradas.

Finalmente, se genera una secuencia de entrada para la RNN, que consiste en múltiples ventanas de tiempo altamente correlacionadas, cada ventana de tiempo es una serie de tiempo. Estas series de tiempo son funciones que reciben como argumento una fecha y regresan una cierta cantidad de crímenes por unidad de tiempo; por cada zona se tiene una serie de tiempo. Se espera que la RNN aprenda a modelar el patrón en las ventanas de tiempo y así obtenga la capacidad de predecir eventos delictivos similares en cada una de las diferentes zonas.

Modelo predictivo

Proceso Diseño de la RNN. El modelo RNN se basa en la arquitectura LSTM, que utiliza un vector de estado para mantener información sobre las relaciones temporales entre caracteres consecutivos. La salida final del LSTM se pasa como entrada a una capa densa completamente conectada. Se aplica la función de activación *softmax* sobre esta capa densa, para generar *logits*, que predicen la probabilidad logarítmica del siguiente caracter en la serie de tiempo a predecir; entre estos caracteres se escoge el más probable para generar la salida de la RNN

En la Figura 3 se muestra el diagrama de la arquitectura de la RNN tipo LSTM. Para definir el modelo RNN, se utilizará la API de Keras, específicamente, tf.keras.Sequential. Se tienen L capas que se utilizan para definir el modelo, donde L es mayor o igual que 3. Las tres capas principales son:
tf.keras.layers.Embedding: ésta es la capa de entrada, que consiste en una tabla de búsqueda entrenable que asigna los números de cada caracter posible en la serie de tiempo, a un vector con dimensiones embedding_dim.

 ISSN 2007-8102

tf.keras.layers.LSTM: es la LSTM con una cantidad de unidades rnn_units y función de activación sigmoide.
tf.keras.layers.Dense: es la capa de salida, con un número de salidas igual a vocab_size.

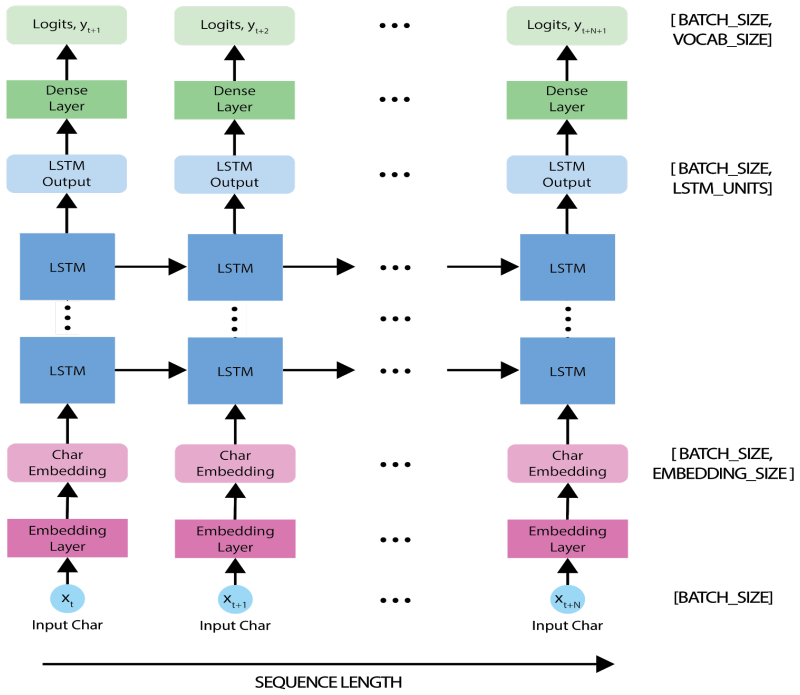


Figura 3. Diagrama de la RNN tipo LSTM apilada. Diagrama modificado para incluir el apilamiento de capas LSTM. Imagen original cortesía de TensorFlow usado con los permisos establecidos por Creative Commons Attribution 4.0 License.

El vocabulario consiste en todos los caracteres únicos que aparecen en la serie de tiempo, el vocabulario está dado por el conjunto denominado vocabulario={0,1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9,.,\n}. La capa densa produce un vector de *logits* de longitud igual a la cantidad de caracteres en el vocabulario, por cada carácter en la secuencia de entrada. A partir de aquí, se mejora el modelo con una arquitectura LSTM apilada [15]. El número de capas LSTM dependerá de la mejora obtenida en la función de pérdida (Loss function) vs el tiempo de entrenamiento requerido.

Proceso Entrenamiento de la RNN. El entrenamiento consiste en darle al modelo la capacidad para responder a la pregunta ¿cuántos robos por unidad de tiempo se esperan en esta zona los siguientes días?
Los parámetros de entrenamiento seleccionados son 3 capas LSTM con función de activación sigmoide, rnn_units=2048, embedding_dim=256, vocabulary_size=12, batch_size=128 y seq_len=256. Esto produce un total de 86,035,468 de parámetros a entrenar.

De acuerdo al diseño del modelo predictivo, la predicción de cantidad de robos por unidad de tiempo es equivalente a una tarea de clasificación, ya que dado el estado previo en la RNN y el caracter en la secuencia de entrada, se busca predecir la clase o etiqueta del siguiente caracter.

Para entrenar el modelo en esta tarea de clasificación, se utiliza una función de pérdida llamada tf.keras.losses.sparse_categorical_crossentropy. En este caso, esta función de pérdida es apropiada, ya que se aplica en la última dimensión correspondiente a las predicciones, el resultado es calcular la pérdida entre los valores reales de los caracteres en las secuencias de entrada, con los caracteres en la secuencia de salida, el valor calculado por la función de error, indica la precisión de predecir correctamente la secuencia de caracteres de entrenamiento. La Figura 4 muestra el entrenamiento de la RNN.

 ISSN 2007-8102

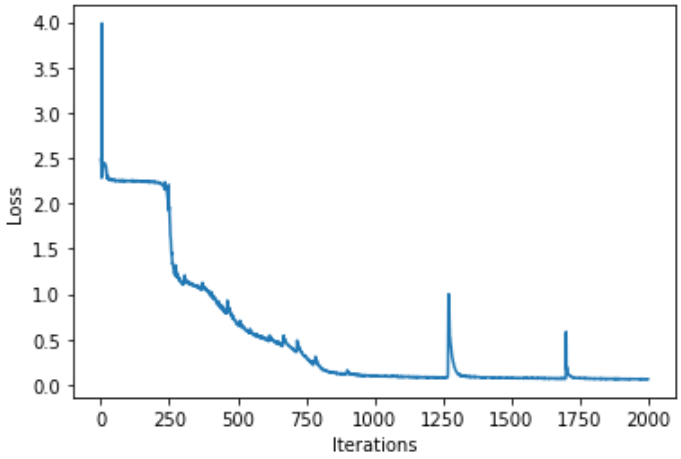


Figura 4. Progreso del entrenamiento de la RNN. Función de pérdida con respecto a la época de entrenamiento.

En la figura 4 se observa el valor calculado por la función de error de entropía cruzada y su evolución temporal con respecto al número de épocas de entrenamiento. Se observa un comportamiento asintótico para una pérdida, Loss = 0.0. Ésta es una imagen representativa del entrenamiento de la RNN para una cierta fecha, siendo las gráficas del resto de las experimentaciones en el entrenamiento de la RNN similares en forma a la observada en la figura 4.

Resultados y discusión

Un valor muy pequeño en la función de pérdida puede indicar un sobreajuste de los datos; sin embargo, debido al diseño en la secuencia de entrenamiento para la RNN, al ser una secuencia de varias ventanas de tiempo altamente correlacionadas, un posible sobreajuste en los datos es probable después de tantas épocas de entrenamiento. Los saltos agudos en la función de error, observados a partir de iteraciones mayores a 1250 se deben a que en ese momento, el modelo recibió una secuencia de caracteres que no habían sido observados previamente, entre los cuales es posible haya habido un valor atípico.

El modelo propuesto en este trabajo de investigación predice el futuro en la actividad criminal, *i. e.*, el número de robos por unidad de tiempo a partir de la última fecha donde se registró un crimen. El número de crímenes deberá ser normalizado y la unidad de tiempo es un día. La validación de los resultados se realiza por medio de un muestreo aleatorio para diferentes fechas, a partir de las cuales se busca predecir el comportamiento criminal. Se llevaron a cabo seis ejecuciones de la RNN y se calcularon dos medidas de desempeño: la correlación y la raíz del error cuadrático medio (RMSE, por sus siglas en inglés).

Los resultados experimentales, en esta muestra de estudio, muestran una correlación promedio de 0.599 y el RMSE obtenido fue de 0.110. El valor de correlación positiva obtenido es significativo, sobretodo tomando en consideración la complejidad del comportamiento humano, en particular el comportamiento criminal futuro de un individuo. El encontrar una correlación positiva con el modelo propuesto, muestra la existencia de un patrón en la mente criminal, que potencialmente puede ser explotado por los departamentos de policía.

En la Figura 5 se observa cómo durante el conjunto de fechas tales que Date es mayor que “Last date known to the system”, el modelo propuesto en este trabajo de investigación está prediciendo el futuro. Las fechas tales que Date es menor que “Last date known to the system”, el modelo busca replicar la cantidad de crímenes observados en los nueve días previos a la fecha “Last date known to the system” que ha registrado el CPD. De acuerdo a la correlación obtenida para la ventana de tiempo previa a la fecha “Last date known to the system”, se implementa un algoritmo que selecciona la ventana de tiempo posterior a la fecha “Last date known to the system”, esta última ventana de tiempo se encuentra en lo que el modelo percibe como el futuro.

Debido a la limitante de espacio, en la figura 5 se incluyen solamente cuatro de las seis gráficas generadas durante la experimentación.

 ISSN 2007-8102

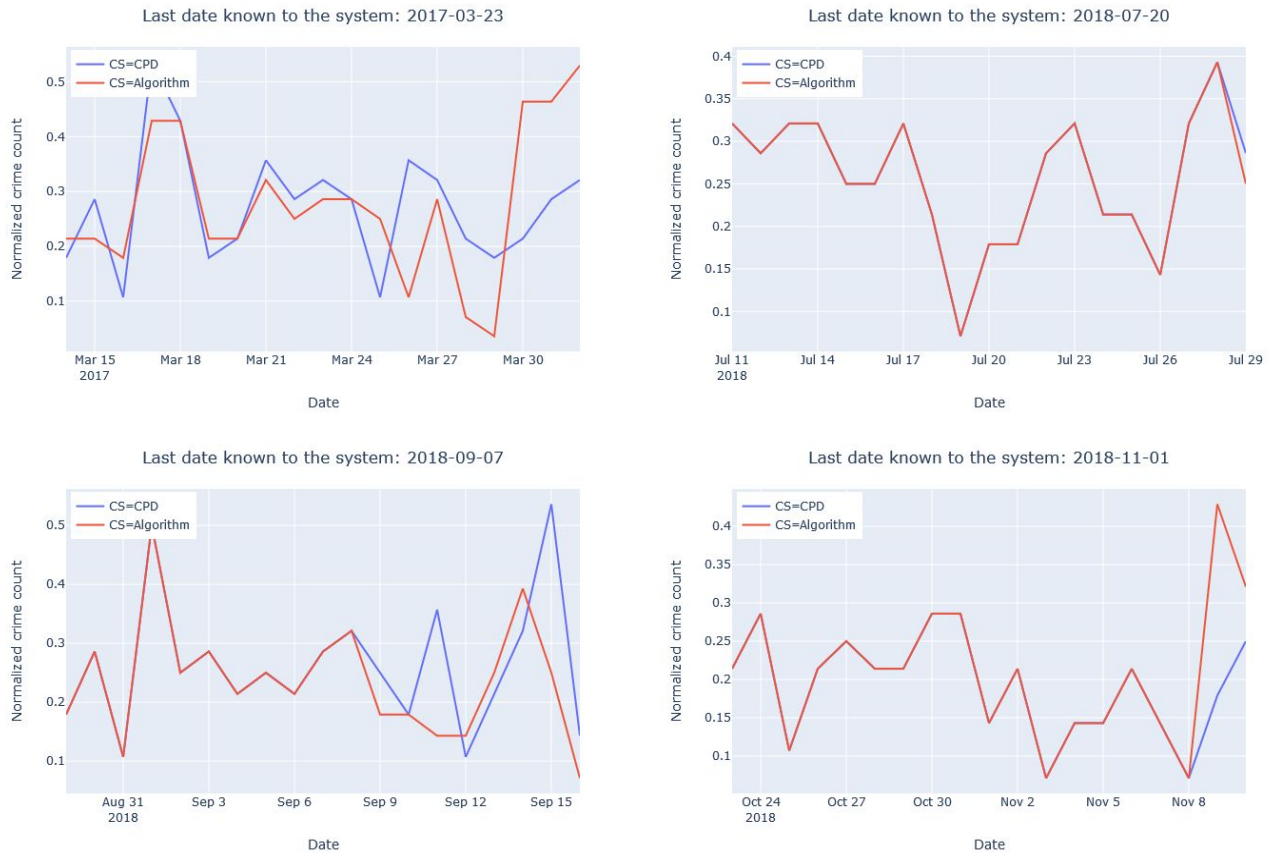


Figura 5. La línea azul muestra la secuencia de crímenes (CS, por sus siglas en inglés) conforme fue registrada por el Departamento de Policía de Chicago (CPD, por sus siglas en inglés), la línea roja muestra la CS predicha por el algoritmo propuesto en este trabajo de investigación.

En la gráfica superior izquierda, se muestran dos ventanas de tiempo de nueve días centradas alrededor del 23 de Marzo del 2017. La línea azul representa la cuenta total de robos normalizados y registrados por día por el CPD. La línea roja representa la cuenta total de robos normalizados predecidos por día por el modelo de RNN tipo LSTM apilado, propuesto en este artículo. Este modelo fue entrenado empleando los datos criminales registrados en la Zona 11 por el CPD, en un período de tiempo del 2001-01-01 al 2017-03-23. Una vez entrenado el modelo se hace la predicción de dos ventanas de tiempo, la primera corresponde al período de tiempo previo al 2017-03-23 y la segunda corresponde al período de tiempo posterior al 2017-03-23.

De acuerdo a la correlación obtenida para la ventana de tiempo previa al 23 de Marzo del 2017, se implementa un algoritmo que selecciona la ventana de tiempo posterior al 23 de Marzo del 2017, esta última ventana de tiempo se encuentra en lo que el modelo percibe como el futuro. Por lo tanto, la ventana de tiempo posterior al 23 de Marzo es la secuencia del total de crímenes normalizados por día que se encuentran en el futuro con respecto a la fecha de referencia 23 de Marzo de 2017, fecha en que el CPD había registrado el crimen más reciente.

Cuando ambas líneas se empalman, *i. e.*, en la gráfica superior e inferior derechas, significa que la RNN fue capaz de predecir con exactitud el número de crímenes registrados por el CPD. De esta manera, estos resultados permitirán coordinar la actividad de patrullaje hacia la zona, en particular para el día donde el sistema ha estimado habrá un pico en la actividad delictiva.

Trabajo a futuro

Desarrollar un modelo predictivo a partir de una RNN capaz de ser entrenada cuando los datos de entrada corresponden a múltiples series de tiempo separadas por columnas, y una unidad de tiempo por renglón.

Conclusiones

Experimentalmente se demostró que el modelo propuesto, una red neuronal recurrente LSTM apilada, predice el futuro con una correlación promedio de 0.599, para una ventana de tiempo en el futuro de nueve días, a partir de la fecha más reciente para la cual se haya registrado algún crimen. Así mismo, se obtuvo un RMSE promedio de 0.110.

El valor de correlación positiva obtenido es significativo, ya que si se considera la complejidad del comportamiento humano, en particular el comportamiento criminal futuro de un individuo, una correlación positiva de 0.599 es una buena aproximación para la predicción del comportamiento criminal. Es notable que el modelo, en general, identifica correctamente el máximo global en actividad delictiva o cantidad de crímenes por día en el futuro, comprendido dentro de la ventana de tiempo de nueve días generada por la RNN.

Las limitaciones en la tecnología actual son un factor tal, que al estar en continuo desarrollo, permiten visualizar un futuro más seguro para México y el mundo. El diseño de la red neuronal presentado es de carácter general, por lo tanto, su aplicación a series de tiempo de cualquier tipo es posible, siempre y cuando el objetivo sea predecir una ventana de tiempo, a partir de algún tiempo de referencia que distinga el pasado del futuro.

Agradecimientos

Se agradece el apoyo otorgado por el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (Conacyt), a través de la beca No. 744632, otorgada al primer autor de este artículo, para realizar los estudios en el programa de Maestría en Ciencias de la Computación del Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Hermosillo.

Referencias

[1] Institute for Economics & Peace. “Global Peace Index 2020: Measuring Peace in a Complex World, Sydney.” Vision of humanity. http://visionofhumanity.org/reports (accesado Junio 1, 2020).
[2] S. Roel. “Semáforo delictivo.” Semáforo. https://www.semaforo.mx (accesado Jul. 1, 2020).
[3] G. O. Mohler, A. L.Bertozzi, J. Carter, M. B. Short, D. Sledge, G. E.Tita, C. D. Uchida, and P. J. Brantingham, “Impact of social distancing during COVID-19 pandemic on crime in Los Angeles and Indianapolis”, *J. Crim. Justice*, vol. 68, Art no. 101692, Jun. 2020, doi: 10.1016/j.jcrimjus.2020.101692.
[4] P. Thongtae, and S. Srisuk, “An Analysis of Data Mining Applications in Crime Domain”, *Proc. 2008 IEEE 8th Int. Conf. Computer and Information Technology Workshops*, pp.122-126.
[5] G. O. Mohler, M. B. Short, P. J. Brantingham, F. P. Schoenberg, and G. E. Tita, “Self-Exciting Point Process Modeling of Crime”, *J Am Stat Assoc,* vol. 106, no. 493, pp. 100-108, Sep. 2009, doi:10.1198/jasa.2011.ap09546.
[6] C. P. Haberman, and J. H. Ratcliffe, “The Predictive Policing Challenges of Near Repeat Armed Street Robberies”, *Policing: A J. of Policy and Practice,* vol. 6, no. 2, pp.151-166, Jun. 2012, doi: 10.1093/police/pas012
[7] P. Wang, R. Mathieu, J. Ke, and H. J. Cai, "Predicting Criminal Recidivism with Support Vector Machine”, *2010 Int. Conf. Management and Service Science*, Wuhan, pp. 1-9.
[8] K. Kianmehr and R. Alhajj, "Crime Hot-Spots Prediction Using Support Vector Machine", *2006 IEEE Int. Conf. Computer Systems and Applications*, Dubai, UAE, pp. 952-959.
[9] K. Zhu & J. Zhang, “Predicting the potential locations of the next crime based on data mining: A case study”, *Int. J. Digit. Content Techno*, vol. 6, no. 20, pp. 574-581, Nov. 2012, doi: 10.4156/jdcta.vol6.issue20.62.
[10] N. Malleson, A. Heppenstall, and L. See, “Crime reduction through simulation: An agent-based model of burglary”, *Computers, Environment and Urban Systems*, vol. 34, no. 3, pp. 236-250, Oct. 2009, doi: 10.1016/j.compenvurbsys.2009.10.005.
[11] B. Chandra, and M. Gupta, “A multivariate time series clustering approach for crime trends prediction”, *IEEE Int. Conf. Systems, Man and Cybernetics*, 2008, pp. 892 - 896.
[12] R. Liao, X. Wang, L. Li and Z. Qin, "A novel serial crime prediction model based on Bayesian learning theory", *2010 Int. Conf. Machine Learning and Cybernetics*, Qingdao, pp. 1757-1762.
[13] Crimes - 2001 to Present, Chicago Police Department, Aug. 2020. [Online]. Available: https://data.cityofchicago.org/Public-Safety/Crimes-2001-to-Present/ijzp-q8t2
[14] A. Nielsen, “Deep Learning for Time Series,” in *Practical Time Series Analysis*, 1st ed. Sebastopol, CA, USA: O’Reilly Media, 2019, ch. 10, pp. 335–336.
[15] A. Graves, A. Mohamed and G. Hinton, "Speech recognition with deep recurrent neural networks", *2013 IEEE Int. Conf. Acoustics, Speech and Signal Processing*, Vancouver, BC, pp. 6645-6649.

Recuperación de indicadores altmétricos de publicaciones científicas utilizando minería de datos

M. A. Martínez-Barajas[1], J.R. Herrera-Morales[1], M. Andrade-Aréchiga[1],*
J.R. Gutiérrez-Pulido[1], S. Sandoval-Carrillo[1],
[1]Facultad de Telemática, Universidad de Colima, Avenida Universidad 333,
Colonia las Víboras, C.P.28040, Colima, México
**rherrera@ucol.mx*

***Área de participación**: Sistemas computacionales. Computación inteligente*

Resumen

En este trabajo se presentan los resultados del procesamiento de minería de datos para la recuperación de indicadores altmétricos de un conjunto de publicaciones científicas que fueron identificadas en un estudio previo para medir el impacto del INEGI. Se desarrolló un software para la recolección e integración de altmétricos de estas publicaciones usando como proveedor de altmétricos a PlumX de Elsevier ya que permite el uso de diversos identificadores universales de publicaciones para acceder a su catálogo, así como otras facilidades técnicas. Entre los principales resultados tenemos que 68% de los registros procesados cuentan con algún tipo de identificador que permite la recuperación de sus altmétricos. Cerca del 50% utilizan el DOI (Document Object Identifier). Además, los registros altmétricos recuperados fueron agrupados en 20 diferentes tipos, lecturas a documentos (20.3%) y visualizaciones de resúmenes (14.2%) entre los más relevantes.

***Palabras clave**: Altmétricos, Cienciometría, Indicadores alternativos, Métricas.*

Abstract

This paper presents the results of the data mining processing for the recovery of altmetric indicators from a set of scientific publications that were identified in a previous study to measure the impact of INEGI. A software was developed for the collection and integration of altmetrics from these publications, using PlumX from Elsevier as an altmetric provider, since it allows the use of various universal identifiers of publications to access its catalog, amongst other technical facilities. Among the main results, we have that 68% of the records processed have some type of identifier that allows the recovery of their altmetrics. Around 50% use a DOI (Document Object Identifier). In addition, the altmetric records retrieved were grouped into 20 different types, document readings (20.3%) and summary views (14.2%) are the most important ones

***Key words**: Alternative indicators, Altmetrics, Metrics, Scienciometrics.*

Introducción

El Instituto Nacional de Estadística y Geografía de México (INEGI) es la entidad encargada de recolectar y procesar la información nacional en cuanto a temas de población, territorio, economía, entre otros, y facilitar el acceso a esta información [1,2]. Así mismo, el Instituto tiene interés en evaluar y conocer la percepción de la sociedad sobre sus servicios y es en este contexto, donde se enmarca el presente trabajo, ya que forma parte de un proyecto de dos años aprobado del Fondo sectorial CONACyT-INEGI en el que se busca medir el impacto del INEGI en las labores de divulgación científica y académica. Como antecedente, al término del primer año ya se cuenta con una Base de Datos de Referencias de publicaciones que citan al INEGI, la cual fue integrada con registros de metadatos de publicaciones recuperados con procesos de minado de diversos repositorios web como Google Académico, SCOPUS, Mendeley, Dimensions, entre otros.

En particular, en este artículo se describen las tareas para recolectar y almacenar de forma automatizada los indicadores de impacto altmétricos a partir de ciertas claves o identificadores de

cada publicación, utilizando los servicios de proveedores de altmétricos especializados que servirán de insumo de un modelo de estimación de impacto del INEGI.

Métricas para medición del impacto científico

La medición del impacto de las publicaciones científicas y académicas se ha llevado de manera convencional utilizando los indicadores bibliométricos, los cuales se presentaron de manera formal por primera vez en el *Science Indicators* de 1972 [3]. Esto surge de la necesidad de poder medir los logros científicos y tecnológicos plasmados en publicaciones y patentes, productos que tenían una tendencia de crecimiento al doble cada quince años durante los últimos tres siglos, gracias al gran crecimiento industrial del mundo moderno [3]. Y es que el uso de indicadores para la medición del impacto y calidad de la producción científica, permite a gobiernos e instituciones el conocer si se cumplen los objetivos y estándares de sus investigaciones, así como el tomar decisiones estratégicas para el financiamiento de futuras investigaciones en campos específicos [4], además de servir como apoyo informativo a estudiantes e investigadores, para seleccionar los artículos con mayor relevancia para sustento de sus investigaciones, previo a la lectura de su contenido [5].

Dentro de los indicadores bibliométricos convencionales, se encuentran, el Factor de Impacto (IF por sus siglas en inglés), un indicador encargado de medir la frecuencia con la que se ha citado a un artículo en un período de tiempo específico [6], y el índice H, desarrollado por Jorge Hirsch, encargado de medir la producción científica individual, siendo éste un número único tomado de manera equilibrada a partir del número de publicaciones producidas por el investigador y el número de citas que estas últimas han recibido [7]. Sin embargo, a pesar de los beneficios que estos indicadores ofrecen para informar sobre el impacto de las publicaciones producidas, existe polémica en su uso, ya que los investigadores e instituciones, con el fin de obtener acceso a más recursos, hacen uso de prácticas poco éticas como la autocita o referencia mutua entre colegas [8].

No obstante, con la popularización del internet a inicios de los 2000's, se comenzaron a desarrollar sitios especializados para la divulgación científica online, generando a su vez la necesidad de desarrollar un nuevo conjunto de indicadores que pudieran medir el impacto de las publicaciones compartidas en internet [9, 10]. Con esto, surgen los altmétricos, un conjunto de métricas alternativas para medir el impacto de la actividad científica dentro de la red, encargándose de analizar y recolectar datos tales como el número de vistas a los documentos, el número de descargas, las menciones en blogs, el número de tweets de divulgación, el número de veces que se comparten o reciben “likes”, entre otros [11].

Metodología

Para el desarrollo del software de recolección de indicadores altmétricos se realizaron diversas tareas como: 1) Selección de proveedor de datos altmétricos, 2) Definición de plataforma tecnológica para el desarrollo del software, y 3) Implementación del proceso de recolección y almacenamiento de indicadores altmétricos. Éstas se describen a continuación:

Selección de proveedores altmétricos

Previo al desarrollo del producto de software, fue necesario realizar un análisis sobre diversos proveedores de altmetrics que existen actualmente en el mercado, como *ImpactStory*, *ALM-PLOS*, *Altmetric.com* y *Plum Analytics*. Como criterios de decisión se tomaron las características que ofrecía cada proveedor, los datos de entrada y de salida que maneja, la forma de comunicación para obtener dicha información y los costos de licenciamiento de uso.

Se decidió utilizar el servicio de *PlumX*, perteneciente a *Plum Analytics*, como nuestro proveedor principal debido a que permite utilizar varios tipos de identificador de documentos, como es el caso del *DOI* (Document Object Identifier) el cual es un identificador digital para objetos en internet, asignado de forma permanente y estandarizada [12]), el *SCOPUS-ID* (identificador asignado por *SCOPUS*) y el *PMID* (identificador del repositorio de *PubMed*, referente internacional en el área de

 ISSN 2007-8102

la medicina). Otra ventaja adicional fue que *PlumX*, al ser un producto de *Elsevier*, empresa que igualmente es propietaria del repositorio *SCOPUS*, nos permitió una mayor facilidad de identificación de la mayoría de las publicaciones que analizamos puesto que están indexadas en *SCOPUS*. También, de forma complementaria se usaron los servicios de los repositorios *Dimensions* y *CORE*, para ampliar la cobertura a aquellas publicaciones que no cuentan con los identificadores anteriormente mencionados.

Plataforma tecnológica para el desarrollo del software

El producto de software que llevó a cabo la recolección y almacenamiento de los altmétricos para las publicaciones ha sido desarrollado utilizando la plataforma para servidor *node.js* con las librerías *puppeteer js* y *request-promise*, las cuales encargan de manejar las peticiones a los proveedores de altmétricos. La información recuperada se almacenó en una base de datos de referencias (*BDref*), montada en un servidor relacional *MariaDB* en la que se integraron los datos, metadatos e identificadores de las publicaciones citantes extraídas, los valores de los indicadores altmétricos que se recolectaron desde los proveedores, así como información adicional relevante para el adecuado procesamiento de estos datos.

Recolección, procesamiento y almacenamiento de altmetrics

El producto de software desarrollado es una aplicación con interfaz tipo consola, para ejecutar esta aplicación se invoca mediante el comando *inegi-altscrap*, seguido por alguna de las opciones que se presentan en la Figura 1.

```
➜  ~ inegi-altscrap
Usage: inegi-altscrap [options] [command]

Options:
  -V, --version                                        output the version number
  -h, --help                                           display help for command

Commands:
  process-top [options] <limite>                       Procesa los primeros n artículos de la tabla TR_PUBLICACIONES
  process-by-range [options] <id_inferior> <id_superior>  Procesa un rango específico de artículos por id (entre rangos 201615 y
                                                       351147)
  process-all [options]                                Procesa todos los artículos de la tabla TR_PUBLICACIONES (puede ser
                                                       tardado)
  latest-info                                          Obtiene los datos de la última publicación procesada
  help [command]                                       display help for command
```

Figura 1. Interfaz tipo consola para la herramienta *inegi-altscrap*, encargada del minado de indicadores altmétricos.

Los procesos llevados a cabo por el software para la obtención y almacenamiento de altmetrics se pueden dividir en cinco secciones, como se aprecia en el diagrama de la Figura 2. En la sección 1 (color azul), el software establece la conexión con el servidor (*BDref*) en donde se almacena la información de las publicaciones citantes. En la sección 2 (verde), son extraídos los metadatos de las publicaciones y con estos se hacen las peticiones al proveedor altmétrico correspondiente, según el identificador de documento con el que se cuente. La etapa 3 (rojo) es una sección opcional y permite indicar si se almacenará en archivos externos la información obtenida. La sección 4 (morado) engloba los procesos para el almacenamiento de resultados dentro de la base de datos (*BDref*). Finalmente, la última sección (naranja) se encarga de validar la secuencia de publicaciones por analizar, para que en caso de que existan más publicaciones se retorne al paso dos, o de lo contrario se cierren las conexiones y termine el proceso.

 ISSN 2007-8102

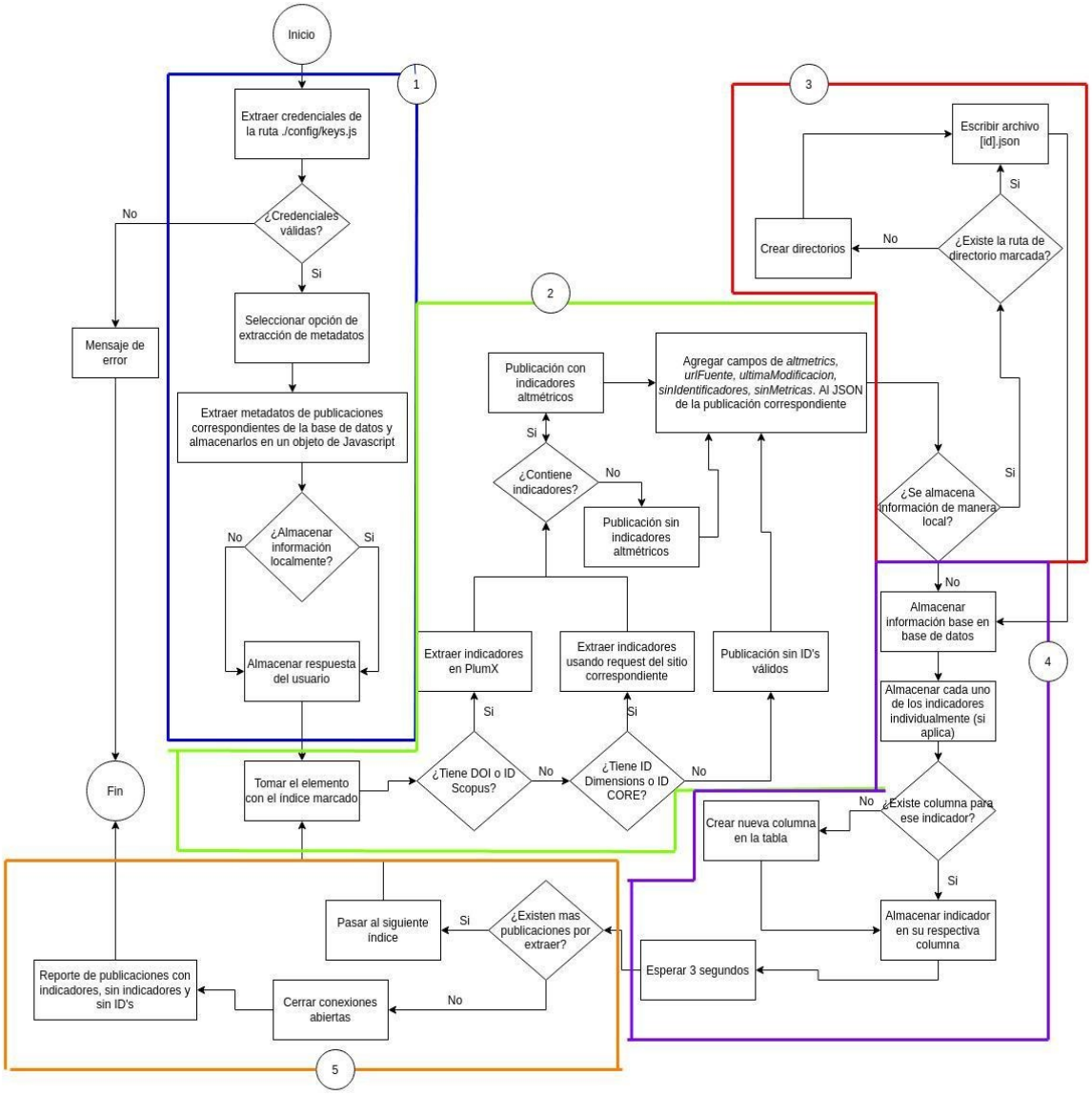


Figura 2. Diagrama de flujo de la herramienta desarrollada para el minado de indicadores altmétricos.

En el proceso de recuperación de los altmétricos se realizan peticiones personalizadas a los proveedores de altmetrics. El proveedor *PlumX* no cuenta con un servicio de API para extraer de forma específica los altmetrics de las publicaciones, pero permite acceder a la información de una cierta publicación en formato HTML parametrizando el URL para desplegar en el navegador web la información esperada (véase Figura 3). De esta manera, este proceso se pudo automatizar utilizando técnicas de *web-scraping* generando peticiones al proveedor con herramientas de *puppeteer.js* con el cual, al momento en el que se obtiene la interfaz gráfica, se encarga de obtener la información necesaria extrayendo la información la página web resultante. Para los casos en donde se requiera de los proveedores *Dimensions* o *CORE*, estos sí ofrecen una comunicación a través de la API, por lo que las peticiones e información son administradas con ayuda de la librería *request-promise*.

 ISSN 2007-8102

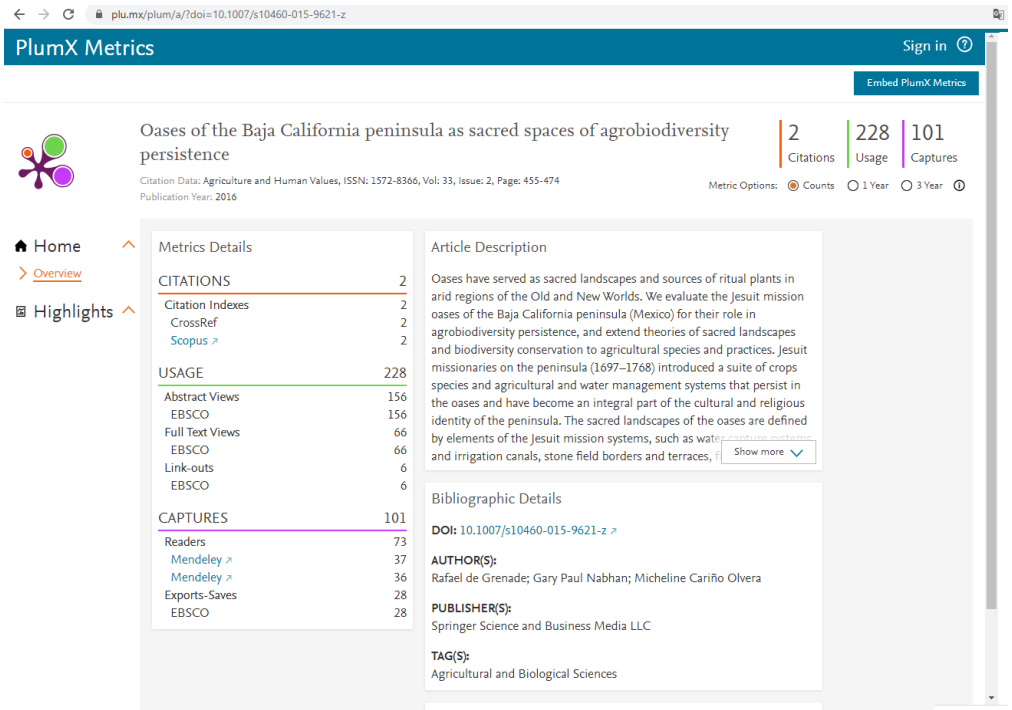


Figura 3. Visualización de una publicación referida por su DOI en el portal en PlumX, donde se aprecia el detalle de sus indicadores altmétricos.


```
{
  "id_publicacion": 246799,
  "Titulo": "Oases of the Baja California peninsula as sacred spaces of agrobiodiversity persistence",
  "Tipo_Documento": "artículo de journal",
  "DOI": "10.1007/s10460-015-9621-z",
  "Identificador": "1572-8366",
  "Tipo": "ISSN",
  "urlFuente": "https://plu.mx/plum/a/?doi=10.1007/s10460-015-9621-z",
  "proveedor": "PlumX",
  "Metrics": {
    "Citation Indexes": 2,
    "Abstract Views": 156,
    "Full Text Views": 66,
    "Links-outs": 6,
    "Readers": 73,
    "Exports-Saves": 28
  },
  "ultimaModificacion": "2020-04-30 21:10:59",
  "sinMetricas": "false",
  "sinIdentificadores": "false"
}
```


Figura 4. Estructura de datos en JSON correspondientes a la información desplegada en la página web de la Figura 3.

Una vez que los altmétricos son extraídos, independientemente del proveedor, éstos son procesados por el software de manera que terminan a manera de una estructura de datos del tipo JSON (véase Figura 4), enseguida este JSON es utilizado para finalmente almacenar su información dentro de la base de datos *BDref* que contiene los metadatos de las publicaciones citantes.

Resultados y discusión

Durante este trabajo, se desarrolló una herramienta de software, la cual se programó con la tarea de extraer los altmétricos de las publicaciones en donde el INEGI sea citado en la obra, utilizando los metadatos almacenados en la base de datos creada para este fin y extrayendo las altmétricos a través de proveedores especializados. Dicho esto, se procesaron los metadatos para un total de 28,984 publicaciones citantes al INEGI, de las cuales se obtuvieron los siguientes resultados:

 ISSN 2007-8102

En la Figura 5 se puede observar que un 31.83% (9,225 publicaciones) no cuentan con algún identificador estandarizado que pueda ser usado como llave de enlace para la recuperación de sus altmétricos, dejando un subconjunto de 19,759 publicaciones (68.17%) que sí tienen algún tipo de identificador válido. Del total, un 49.79% (14,441 publicaciones) tienen *DOI*, un 15.22% tienen *ID-CORE* y un 3.05% tienen el ID de *SCOPUS*. Otros identificadores como *ID-Dimensions* y *PMID* tienen muy poca presencia ya que entre los dos no contribuyen ni con el 1% de las publicaciones de estudio.

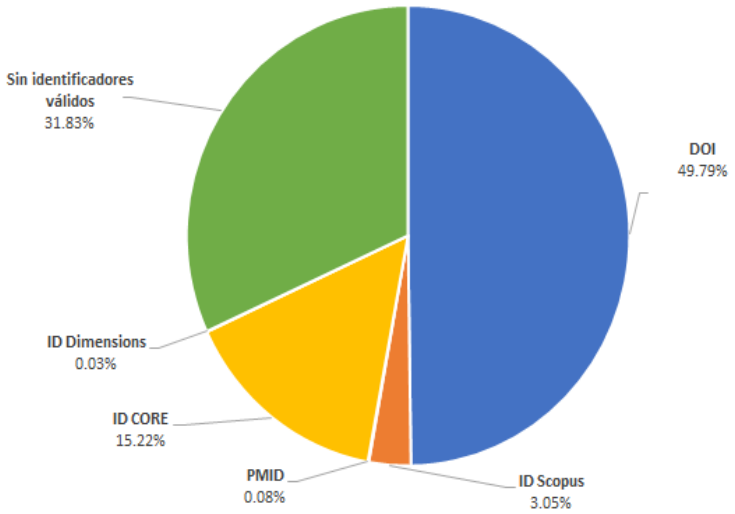


Figura 5. Distribución del total de publicaciones procesadas, en relación con los identificadores utilizados.

En lo que respecta al tipo de indicadores altmétricos que se recuperaron de forma más común para cada una de las publicaciones analizadas, véase Figura 6, se tiene que en primer lugar con un 20.3% están las lecturas del documento (*readers*), después la visualización de resúmenes (*abstract views*) con un 15.5% y en tercer lugar con 14.2% la métrica de "*Citation Indexes*".

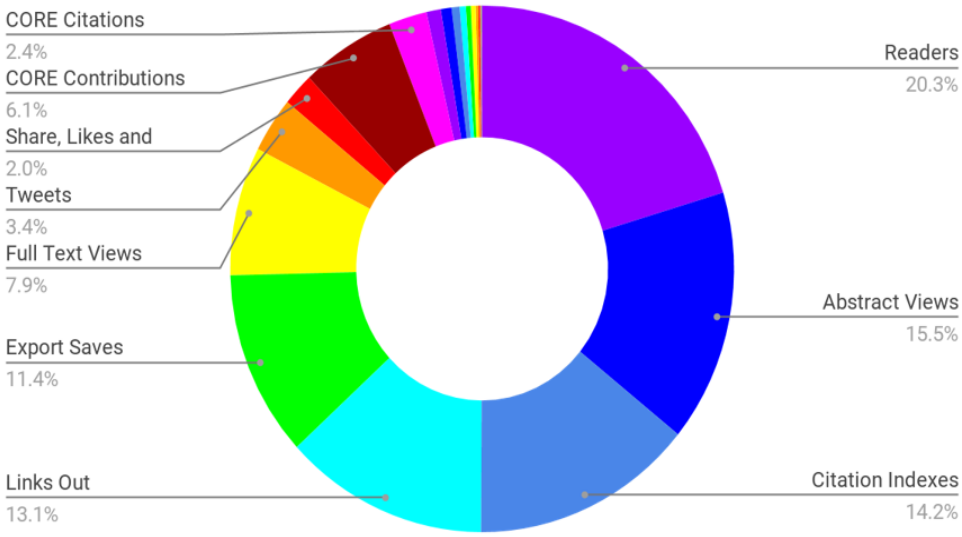


Figura 6. Distribución por tipo de métricas altmétricas recuperadas para las publicaciones citantes al INEGI.

Por el lado contrario, los indicadores altmétricos con menor frecuencia (y con nula percepción de éstos en el gráfico de la Figura 6) son de las categorías “Policy Citations” (0.004%), “Comments” (0.010%) y “Download Ranking” (0.012%). Cabe mencionar que en una misma publicación se pueden identificar más de un tipo de indicador altmétrico. En la Tabla 1 se muestra la lista completa de los indicadores altmétricos obtenidos en el procesamiento.

Tabla 1. Distribución de los indicadores altmétricos agrupados por tipo que fueron identificados para las publicaciones citantes al INEGI.

Tipo de altmétrico	Cantidad de publicaciones	Porcentaje
Readers	13,583	20.317%
Abstract Views	10,365	15.503%
Citation Indexes	9,526	14.249%
Links Out	8,755	13.095%
Export Saves	7,651	11.444%
Full Text Views	5,290	7.913%
CORE Contributions	4,051	6.059%
Tweets	2,272	3.398%
CORE Citations	1,637	2.449%
Share, Likes and Comments	1,349	2.018%
Downloads	619	0.926%
References PlumX	459	0.687%
Clicks	340	0.509%
Holdings	269	0.402%
Blog Mentions	211	0.316%
News Mentions	208	0.311%
Views	119	0.178%
Reviews	63	0.094%
Clinical Citations	26	0.039%
Q&A Site Mentions	14	0.021%
Score Count	12	0.018%
Times Cited	10	0.015%
Recent Citations	9	0.013%
Download Ranking	8	0.012%
Comments	7	0.010%
Policy Citations	3	0.004%

Conclusiones

En este artículo se ha presentado el proceso de identificación y recuperación de indicadores alternativos realizado mediante una herramienta de software que utiliza como insumo de entrada una base de datos que contiene metadatos de publicaciones científicas que previamente han sido identificadas por ser publicaciones citantes al INEGI. Mediante acceso a través de APIs y minería de datos (web scraping) se recuperó la información de proveedores de altmétricos como PlumX de Elsevier y la información se clasificó dependiendo del tipo de altmétrico de que se trata y asociado a sus respectivas publicaciones mediante identificadores de recursos digitales como el DOI.

Para el proceso de minado de indicadores altmétricos ha resultado muy importante que los registros de metadatos de las publicaciones cuenten con claves que los identifiquen entre diferentes sistemas de información. Con identificadores estandarizados para los documentos digitales, se posibilita su localización y recopilación por parte de empresas proveedores de altmetrics, para con ello conocer otras formas de impacto en sitios de internet, foros, blogs y redes sociales especializados, contabilizando la cantidad de veces que estos recursos han sido vistos, leídos, mencionados,

recomendados, compartidos, descargados o han tenido algún tipo de interacción en contextos digitales.

Como trabajo futuro, se utilizarán estos resultados para integrar estos indicadores altmétricos en combinación con indicadores cienciométricos tradicionales para complementar una serie de descriptores que se utilizarán de insumos en un modelo para evaluar de forma integral el impacto académico y científico que ha tenido a lo largo del tiempo el INEGI, un ente fundamental del estado mexicano y de suma relevancia en la divulgación de información estadística de nuestro país.

Agradecimientos

Los autores agradecen al Fondo Sectorial CONACyT-INEGI por el financiamiento del proyecto 290379 de la convocatoria S0025-2016-2.

Referencias

[1] INEGI. “Quiénes somos”. *Instituto Nacional de Estadística y Geografía*. Accedido en: Julio 26, 2020. [Online]. Disponible en: https://www.inegi.org.mx/inegi/quienes_somos.html

[2] INEGI. “Difusión de la información”. *Instituto Nacional de Estadística y Geografía*. Accedido en: Julio 26, 2020. [Online]. Disponible en: https://www.inegi.org.mx/inegi/contenido/difusion.html

[3] F. Narin, D. Olivastro and K. A. Stevens, “Bibliometrics/theory, practice and problems”, *Sage Publications*, vol. 18, no.1, pp. 65-76, 1994.

[4] T. Matcharashvili, Z. Tsveraidze, A. Sborshchikovi y T. Matcharashvili, “The importance of bibliometric indicators for the analysis of research performance in Georgia”, *TRAMES Journal*, vol. 18, no. 4, pp. 345-356, 2014.

[5] P. Sud y M. Thelwall, “Evaluating altmetrics”. *Scientometrics*, vol. 98, no. 2, pp. 1131-1143, 2013.

[6] Web of Science Group, “The Clarivate Analytics Impact Factor”, *Clarivate Web of Science*. Accedido en: Julio 22, 2020. [Online]. Disponible en: https://clarivate.com/webofsciencegroup/essays/impact-factor/

[7] The University of Texas, “What is an h-index? How do I find the h-index for a particular author?”, *MD Anderson Cancer Center*, January 22, 2020. Accedido en: Julio 22, 2020. [Online]. Disponible en: https://mdanderson.libanswers.com/friendly.php?slug=faq/26221

[8] L. Engwall, W. Blockmans y D. Weaire, “Bibliometrics: Issues and context. Bibliometrics Use and Abuse in the Review of Research Performance”, *Portland Press Limited*. vol. c, pp. 1-7, 2014.

[9] R. C. Roemer y R. Borchardt, “Altmetrics”, *Library Technology Reports*. vol. 51, no. 5, pp. 5-10, 2015

[10] J. S. Butler,I. D. Kaye, S. Arjun, C. Scott, P. B. Morrissey, G. D. Schroeder, C. K. Kepler y A. R. Vaccaro, “The Evolution of Current Research Impact Metrics From Bibliometrics to Altmetrics?”, *Clinical Spine Surgery*, vol. 30, no. 5, pp. 226-228, 2017.

[11] L. Bornmann, “Do altmetrics point to the broader impact of research? An overview of benefits and disadvantages of altmetrics”, *Journal of Informetrics*, vol. 8, no. 4, pp. 895-903, 2014.

[12] ISO. “DOI. Information and documentation - Digital object identifier system”. *International Organization for Standardization*. Accedido en: Julio 28, 2020. [Online]. Disponible en: https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:26324:ed-1:v1:en.

Estrategias de movilidad vehicular inteligente en la ZMVM para una transición a una Ciudad Inteligente

E. D. Pérez Mata[1], H. R. Orozco Aguirre[1], S. Lazcano Salas[1],*
[1]Centro Universitario UAEM Valle de México, Universidad Autónoma del Estado de México, Prol. Boulevard Universitario S/N Valle Escondido, Río San Javier, C.P. 54500, Ciudad López Mateos, Estado de México, México.
eperezm238@alumno.uaemex.mx

***Área de participación**: Sistemas Computacionales*

Resumen
El desmesurado crecimiento de las ciudades ha provocado problemas como son aquellos derivados del agobiante tráfico vehicular aunado a las grandes cantidades de emisiones de gases nocivos, el daño ambiental por la contaminación, la poca eficiencia en los procesos de servicios públicos, entre otros. En este trabajo, se hace uso de la plataforma AnyLogic para presentar como caso de estudio un modelo de simulación 2D/3D del crucero vial Puerto de Chivos y sus alrededores, ubicado en los límites que conectan los municipios de Atizapán de Zaragoza y Nicolás Romero ambos del Estado de México. En este modelo, se implementan y evalúan distintas estrategias de movilidad vehicular inteligente enfocadas al control y reducción del tráfico vehicular para su posible implementación en la realidad evitando un gasto de recursos e infraestructura. Finalmente, estas estrategias son para una transición de la Zona Metropolitana del Valle de México a una ciudad inteligente.

***Palabras clave**: Ciudades Inteligentes, Movilidad vehicular, Simulación.*

Abstract
The excessive growth of cities has caused problems such as those derived from the overwhelming vehicular traffic coupled with the large amounts of harmful gas emissions, environmental damage due to pollution, the low efficiency in public service processes, among others. In this work, the AnyLogic platform is used to present as a case study a 2D/3D simulation model of the Puerto de Chivos road crossing and its surroundings, located on the limits that connect the municipalities of Atizapán de Zaragoza and Nicolás Romero both of the State of Mexico. In this model, different intelligent vehicular mobility strategies are implemented and evaluated focused on the control and reduction of vehicular traffic for its possible implementation in reality, avoiding an expenditure of resources and infrastructure. Finally, these strategies are aimed at a transition from the Mexico Valley Metropolitan Area to a smart city.

***Key words**: Simulation, Smart Cities, Vehicular mobility.*

Introducción
En las grandes urbes del mundo como lo es en la Ciudad de México (CDMX), al ser una zona altamente concurrida por personas y vehículos ha provocado que se coloque como la trigésima ciudad con mayor porcentaje de congestión del mundo, ocasionando que un viaje tome más de la mitad de tiempo bajo condiciones de tráfico vehicular normal para poder ser concluido. Aunque los reglamentos viales se hayan implementado desde hace bastante tiempo y se han llevado a cabo programas como el “hoy no circula” esto no ha permitido una apreciable mejoría en el tráfico vial. El uso excesivo del transporte particular ha ocasionado que la Zona Metropolitana del Valle de México (ZMVM) haya sufrido en cinco ocasiones contingencias ambientales a lo largo del 2019 [1]**,** atentando contra la salud de todos los habitantes de población.

Acorde con el último reporte del índice de tráfico de TomTom [2] que fue realizado en 57 países, entre ellos México, basado en un análisis de aproximadamente 1,500 millones km de vialidades

 ISSN 2007-8102

alrededor de la CDMX, se determinó que el 48% de estos (720 millones de km) fueron carreteras de alta velocidad y el restante 52% (780 millones de km) carreteras normales. En estas vialidades, por cada 30 minutos de viaje en la mañana se adicionan 25 minutos, mientras que en la noche son 26 minutos. De acuerdo con la Encuesta de Origen-Destino en Hogares de la ZMVM [3], realizada por el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), gobiernos de la CDMX y del Estado de México, así como la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM); se encuestaron a los residentes de las 16 alcaldías de la CDMX, 59 municipios dependientes del Estado de México y Tizayuca, Hidalgo. Encontrando que de lunes a domingo se realizan alrededor de 34.56 millones de trayectos, de los cuales 7.29 y 15.57 millones de viajes fueron realizados en transporte privado y público respectivamente. La distribución porcentual del transporte privado es la siguiente: el 90.6% en automóvil o camioneta, 5.1% en motocicleta y 4.4% en transporte escolar y de personal, mientras que en el transporte público es: 74.1% en microbús o combi, 28.7% en metro, 10.5% en taxi de sitio, calle o aplicación, 7.1% en Metrobús o Mexibús, 5.8% en autobús suburbano, 2.6% en la Red de Transporte de Pasajeros (RTP) o M1, 1.8% en Mototaxi y 3.5% en otro tipo como Tren Suburbano, Trolebús, Tren Ligero, Bicitaxi y MEXICABLE.

Con el objetivo de llegar a ser un mundo completamente sostenible se aprobó la agenda 2030 de Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) en septiembre del 2015, en la ciudad de Nueva York, reuniendo a más de 150 jefes de estado. 17 son los objetivos para cumplir esta meta, entrando en vigor a partir del 1 de enero de 2016, siendo el onceavo titulado “Ciudades y comunidades sostenibles” que propone que todos los núcleos urbanos sean invulnerables, protegidos y autosuficientes [4]. Siguiendo de la mano del objetivo 11 de dicha agenda, en los últimos años ha surgido el término Ciudad Inteligente (CI), el cual aplica a ciudades que tienen una gran influencia por parte de las tecnologías de la información [5]. Sin embargo, para que una ciudad pueda llegar a ser considera una CI debe cumplir varios requisitos, los cuales están en constante cambio y eso no ha permitido establecer un único concepto de CI que sea acreditado internacionalmente.

A pesar de que se tiene el compromiso de los jefes de estado, a la CDMX, conforme al índice de tráfico de TomTom [2] el cual recaba información de 416 ciudades alrededor de 6 continentes, se le atribuye la mayor congestión vial en Norteamérica con un 52% obtenido en 2017, 2018 y 2019, manteniéndose igual en estos años, inclusive superando a la Ciudad de Los Ángeles, California, Estados Unidos; a su vez es la única ciudad de México en este ranking con mayor congestión en el mundo, siendo la tercera en el continente americano, solo por detrás de Bogotá (COL) y Lima (PER), y trigésima en el ranking mundial. Acorde a este mismo índice de tráfico, el promedio del porcentaje de congestión vehicular de la CDMX en la hora pico por la mañana es de 82%, mientras que por la noche asciende a 87%. El porcentaje de congestión vehicular indica cuanto tiempo adicional tarda un traslado de un punto a otro, es decir, un trayecto que aproximadamente dura una hora sin tráfico vehicular tomará con 50% de congestión vehicular un promedio de hora y media realizarlo.

Los datos mostrados en la Tabla 1 reflejan el porcentaje de congestión en cada hora de cada día de la semana, en donde los porcentajes más altos y que están rellenos con mayor intensidad de color son en los que corresponden al promedio de horario laboral en la sociedad, es decir, de lunes a viernes de las 6:00 a las 20:00 horas. El sábado es donde la congestión es menor, pero sigue representando porcentajes elevados, el periodo de horas con el mayor porcentaje se da el viernes de 14:00 a 19:00 horas, mientras que el pico máximo se da el jueves a las 19:00 horas.

Tabla 1. Porcentaje de congestión en hora y días de la semana en la CDMX. Fuente: [2].

Hora	Domingo	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado
0:00	7%	1%	0%	1%	2%	5%	8%
1:00	3%	0%	0%	0%	0%	0%	3%
2:00	1%	0%	0%	0%	0%	0%	1%
3:00	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
4:00	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
5:00	0%	15%	13%	12%	12%	11%	1%
6:00	2%	**46%**	**45%**	43%	43%	39%	7%
7:00	2%	**71%**	**72%**	**69%**	**69%**	**63%**	13%
8:00	6%	**82%**	**86%**	**84%**	**83%**	**77%**	24%

 ISSN 2007-8102

9:00	10%	**64%**	**71%**	**71%**	**71%**	**66%**	31%
10:00	15%	43%	**54%**	**55%**	**56%**	**53%**	35%
11:00	19%	36%	**47%**	**49%**	**51%**	**50%**	39%
12:00	24%	37%	**47%**	**49%**	**51%**	**54%**	44%
13:00	29%	44%	**53%**	**55%**	**58%**	**65%**	**54%**
14:00	32%	**50%**	**61%**	**64%**	**67%**	**84%**	**62%**
15:00	29%	**49%**	**58%**	**61%**	**66%**	**94%**	**57%**
16:00	25%	43%	**51%**	**54%**	**58%**	**86%**	44%
17:00	25%	**53%**	**60%**	**63%**	**67%**	**80%**	33%
18:00	30%	**76%**	**86%**	**87%**	**92%**	**91%**	33%
19:00	32%	**77%**	**88%**	**89%**	**96%**	**89%**	33%
20:00	30%	**56%**	**67%**	**69%**	**76%**	**71%**	31%
21:00	24%	34%	43%	44%	**50%**	**51%**	26%
22:00	15%	17%	22%	24%	29%	34%	20%
23:00	7%	6%	8%	10%	14%	20%	13%

En la ZMVM difícilmente se visualiza poder llevar a cabo el cumplimiento total del objetivo sostenible debido a que la infraestructura actual fue mal planificada para que pueda ser implementado algún programa de éxito como en el caso de ciudades de primer mundo. Para evitar que el gobierno invierta en una habilitación de una infraestructura que no se sabe si tendrá éxito o no, se tiene a la simulación como una buena herramienta para poder simular estrategias en escenarios virtuales y poder evaluar sin que se comprometan recursos económicos, se provoque algún daño ambiental y sin que surja una mayor congestión vial aquellas que brinden resultados apropiados en la vida real. En este artículo, se presenta un escenario realista modelado en la plataforma AnyLogic [6] y valorado mediante un sistema multiagente (SMA), mismo que tendrá adecuaciones hacía estrategias de movilidad vehicular inteligente con el objetivo de sentar las bases para una transición a un CI. Este escenario es un caso de estudio de simulación 2D/3D del crucero vial Puerto de Chivos y sus alrededores, ubicado en los límites que conectan los municipios de Atizapán de Zaragoza y Nicolás Romero ambos del Estado de México. Distintas estrategias de movilidad vehicular inteligente serán simuladas y evaluadas para el control y reducción del tráfico vehicular y su posible implementación en la realidad con miras a una transición de la ZMVM a una CI.

Metodología

Como herramienta de trabajo se hace uso de la plataforma AnyLogic [6]. Esta plataforma permite diseñar un entorno virtual que emule las características del crucero vial Puerto de Chivos, así mismo se pretende mostrar la forma en que las estrategias de movilidad vehicular inteligente son evaluadas. Este entorno virtual servirá como base para trabajos futuros que tengan en mira la valoración de una transición a una CI en la ZMVM en materia de tráfico vehicular. La simulación del entorno virtual contempla un ambiente en 2D y 3D, donde las estrategias son puestas a prueba para evaluar qué tanto reducen el tráfico. Una de las principales características de esta plataforma son sus amplios recursos para desarrolladores de software tales como elementos en 2D y 3D, bibliotecas con funciones y paquetes de clases e interfaces en lenguaje Java para realizar casos de estudio. La Figura 1 muestra un diagrama que provee una vista general de la propuesta a desarrollar. Como primera parte, está la recreación del escenario virtual considerando todas las entidades involucradas y adjuntándole la creación de varios módulos que adecuarán el comportamiento general de la simulación. El primer módulo llamado: generador de facilidades urbanas estará encargado de recrear los semáforos en todas las vialidades que pertenecen y son adyacentes al crucero vial. Por otro lado, el modulo generador de contingencias surtirá de contingencias, desastres, entre otros. Por último, se abarcará un módulo generador del comportamiento vehicular para analizar su comportamiento dentro de su entorno y su interacción entre los demás agentes.

Resultados y discusión

Creación del modelo

 ISSN 2007-8102

En la Figura 2, se muestra una captura satelital del crucero Puerto de Chivos, el cual es el escenario que es recreado en la plataforma AnyLogic.

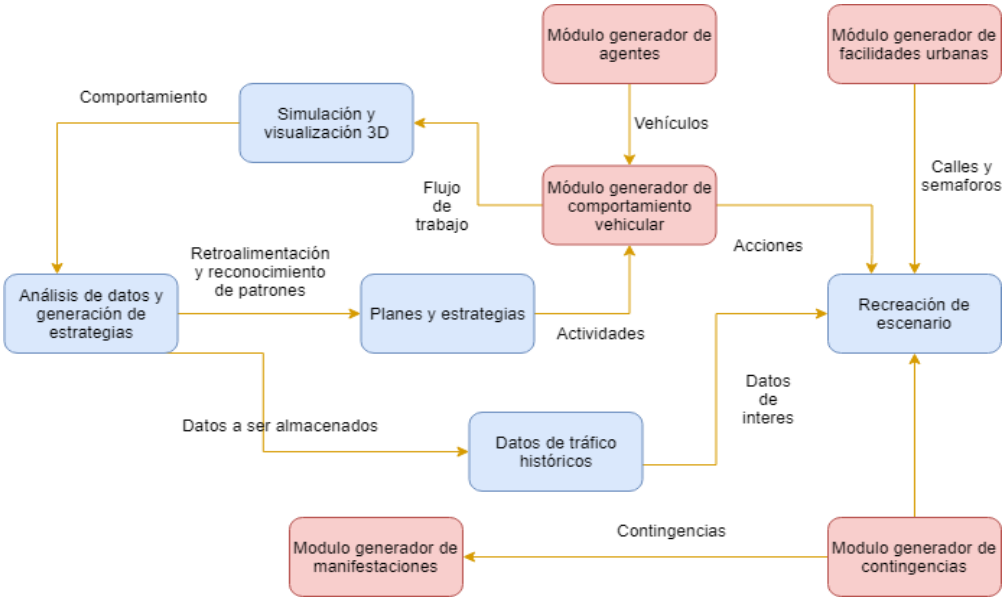


Figura 1. Diagrama general de la propuesta a desarrollar.



Figura 2. Captura satelital del crucero Puerto de Chivos.

En la Figura 3 se muestra una captura del modelo finalizado y donde se dará lugar la implementación de las estrategias de movilidad vehicular previamente diseñadas para su posterior evaluación y análisis de que tan eficiente y eficaz es. En la figura 4 se muestra el diagrama de flujo de comportamiento vehicular en el crucero, este diagrama se puede modificar para adaptarse a cada estrategia de movilidad vehicular inteligente que se deba simular y analizar para evaluar su pertinencia en el mundo real.

Simulación del flujo vial

En las Figuras 5 y 6 se muestra el modelo en ejecución, se puede apreciar el flujo vehicular, las vialidades y el entorno colindante como lo más apegado a la realidad. Hasta el momento, sólo se ha

 ISSN 2007-8102

el flujo vehicular en las vialidades más importantes del crucero vial, lo cual es más que suficiente para los efectos de lo que se persigue en este artículo.

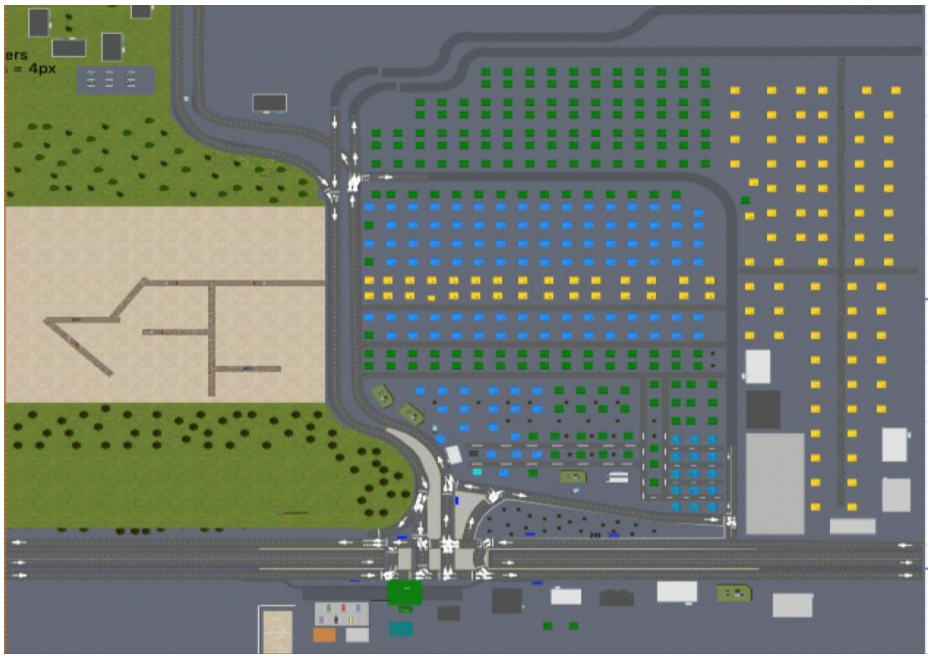


Figura 3. Vista en 2D del modelado del escenario Puerto de Chivos.

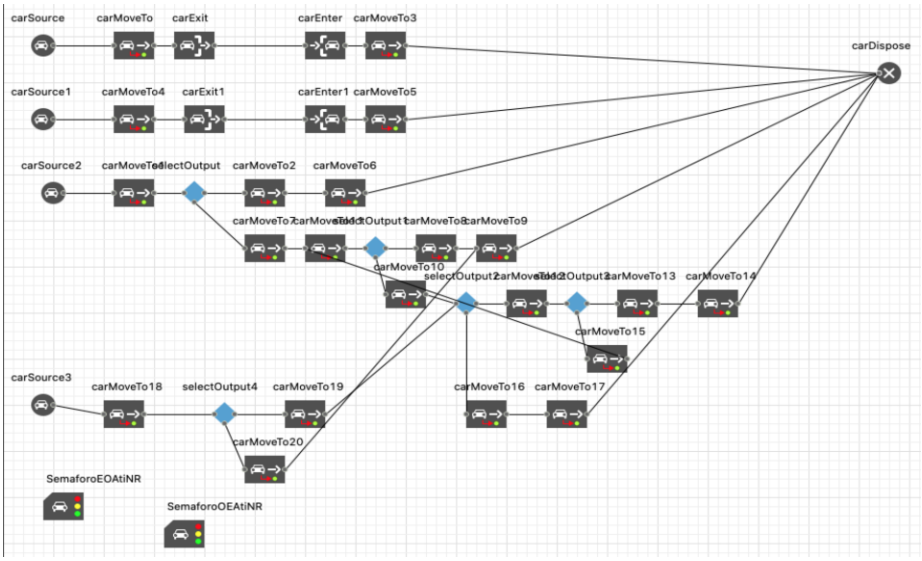


Figura 4. Vista diseño de un diagrama de comportamiento vehicular para evaluar una estrategia de movilidad vehicular inteligente en AnyLogic.

Semaforización inteligente para controlar tiempos

Con el objetivo de equilibrar el flujo vial en las distintas vialidades del crucero, se creó un sistema de semaforización sincronizada como el presentado en [7]. Este sistema intercala el cambio de luz vehicular de los semáforos de manera proporcional a la tasa de flujo vehicular, es decir, que en las vialidades con más saturación habrá más tiempo de luz verde y en las de menor saturación más tiempo de luz roja, así eventualmente, se irán ajustando los tiempos con incrementos/decrementos hasta lograr un equilibrio del flujo vehicular y de los tiempos de las luces en los semáforos de las

 ISSN 2007-8102

vialidades, con ello, se evita una sobresaturación vehicular de las vialidades. La Figura 7 muestra la eficacia de esta estrategia de movilidad.



Figura 5. Vista 2D del modelo en ejecución.



Figura 6. Vista 3D del modelo en ejecución.

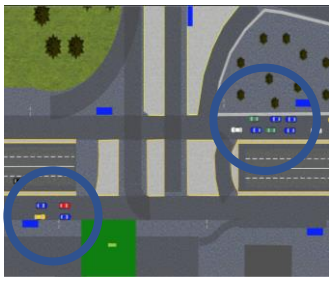


Figura 7. Semaforización inteligente para lograr un equilibrio del flujo vehicular.

Simulación de un carril reversible

En diciembre del 2019 se puso en marcha el programa de carril reversible en el municipio de Nicolás Romero en el Estado de México para reducir el tráfico en los periodos de mayor congestión en la mañana de los vehículos que se trasladan hacía Atizapán de Zaragoza en el Estado de México y por la tarde-noche de los que ingresan de regreso. Esto es posible dado que existe una avenida de 4 carriles que es una de las más importantes de Nicolás Romero, normalmente son 2 carriles para cada sentido, pero con el programa del carril reversible, esto cambia pues durante la mañana son 3 carriles que van en dirección hacía Atizapán de Zaragoza y durante el atardecer se produce el efecto contrario para los que vienen de regreso. Cabe señalar que, por parte de los residentes más cercanos, el carril reversible tiene mayores resultados durante las noches mientras que por la mañana no parece tener algún beneficio real ya que genera un cuello de botella en el crucero vial dado que en Atizapán de Zaragoza no hay continuidad al carril reversible, que de haberlo, esta congestión desaparecería. Las Figuras 8, 9 y 10 muestran la realidad del crucero ante el carril reversible.

Carril exclusivo para el transporte público

Para esta estrategia se propone reservar un carril de uso exclusivo para el transporte público, el cual es el que está más próximo al paso peatonal. El transporte privado podrá hacer uso de este carril para descenso y aborde de personas y sólo en puntos designados, los mismos que a su vez también serán usados por el transporte público. La figura 11 muestra la simulación y valoración de esta estrategia, dando como resultado una mejor y más rápida circulación para el trasporte público y una reducción notable del congestionamiento vehicular.

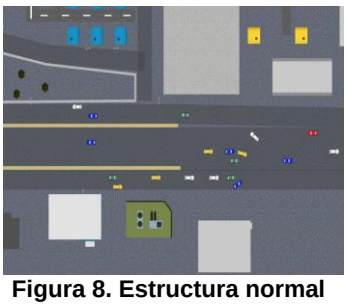


Figura 8. Estructura normal de los carriles.

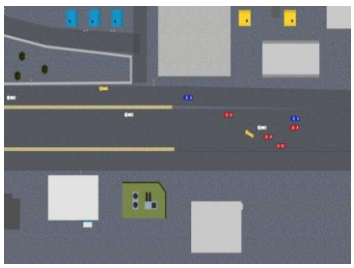


Figura 9. Carril reversible por la mañana.

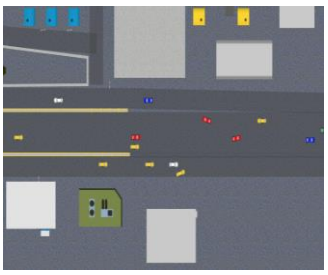


Figura 10. Carril reversible por la tarde-noche.

 ISSN 2007-8102



Figura 11. Carril exclusivo para el transporte público agilizando su circulación.

Eliminación del transporte público existente y su sustitución por uno único

Por último, esta estrategia emula la sustitución de las rutas existentes de transporte público y su reemplazo por una línea de Mexibús [8], como la existente en los municipios de Ecatepec, Tecámac y Nezahualcóyotl del Estado de México. Así, se busca implementar un sólo tipo de transporte público, con un carril propio y pago de uso con tarjetas electrónicas recargables. Lo ideal es que su terminal sea hasta la estación de metro Cuatro Caminos de la CDMX, siendo la más cercana. Sin embargo, aún no existe un suficiente análisis acerca de qué tan eficiente y pertinente pueda ser. Se debe valorar su impacto en el entorno urbano, además, de sus ventajas y desventajas. La Figura 12 muestra una parada exclusiva de una estación de la línea propuesta de Mexibús en el crucero vial.



Figura 12. Carril exclusivo de una línea de Mexibús para un único tipo de transporte público.

Resultados obtenidos

Para evaluar qué tan efectiva es cada estrategia con respecto de otra, se usa como factor la cantidad de vehículos que están en cada vialidad importante cuando la luz de tráfico es roja, entre menos vehículos se encuentren conglomerados menor congestión vehicular habrá y será más rápido el flujo vial. Estas evaluaciones se realizaron en lapsos de 15 minutos en cada estrategia. En la tabla 2, se muestran los resultados obtenidos como promedio en las horas de mayor saturación vial. Como se observa, una semaforización inteligente o sustitución de transporte público son las estrategias que mejor funcionan mientras que las dos restantes no ofrecen una mejora notable en el flujo vial.

Tabla 2. Resultados obtenidos de cada estrategia de movilidad vehicular inteligente.

Estrategia de movilidad	Carretera NR-A Este a Oeste	Carretera NR-A Oeste - Este	Blvd. Universitario Norte - Sur
Escenario real	48	39	9
Semaforización inteligente	35	27	5
Carril reversible	42	36	9
Carril exclusivo del TP	40	35	7

Sustitución del TP	28	23	4

Trabajo a futuro

Lo siguiente es extender el modelo para abarcar mayores vialidades y no sólo centrarse en el crucero vial, inclusive, verificar la funcionalidad de las estrategias en puntos importantes de congestionamiento vehicular y así poder recrear una simulación donde se estudie el flujo vial de toda de la ZMVM. La evaluación de estrategias es bastante rápida en comparación con lo que conllevaría determinar qué tan eficientes y eficaces serían bajo otras perspectivas de estudio incluso sin necesidad de que estás ya existan en la realidad. También se deberá considerar la ocurrencia de desastres naturales o situaciones de carácter social como manifestaciones, obras o construcciones viales.

Conclusiones

Las estrategias de movilidad vehicular inteligente que fueron simuladas prevén dar los cimientos que junto a otros aspectos deban ser contemplados para lograr una transición a una CI en la ZMVM. El caso de estudio permitió verificar que las distintas estrategias si pueden brindar beneficios para el control y reducción del tráfico vehicular. Sin embargo, algunas pueden resultar más económicas que otras y pueden implementarse en la realidad en un tiempo menor. Otras como una nueva línea del Mexibús sería la más pertinente pero su implementación sería lenta y muy costosa, pero los beneficios serían considerablemente mayores. Finalmente, entra en juego el aspecto ambiental, el cual se vería afectado como precio de la modernidad y mejora de la calidad de vida. Además, puede haber intereses de terceros que resultarían afectados como lo es para los concesionarios de las rutas de transporte público, para los cuales habría pérdidas económicas considerables si estas rutas son reemplazadas por un trasporte público único bajo una nueva línea de Mexibús.

Referencias

[1] Gobierno de la Ciudad de México, "Programa para Prevenir y Responder a Contingencias Ambientales Atmosféricas en la Ciudad de México," Disponible en: http://www.aire.cdmx.gob.mx/descargas/ultima-hora/calidad-aire/pcaa/pcaa-historico-contingencias.pdf, 2020.

[2] TomTom, "Indice de trafico TomTom 2019," Disponible en: https://www.tomtom.com/en_gb/traffic-index/, 2019.

[3] Instituto Nacional de Estadística y Geografía, Gobierno de la Ciudad de México, Gobierno del Estado de México y Universidad Nacional Autónoma de México, "Encuesta Origen - Destino en Hogares de la Zona Metropolitana del Valle de México 2017," 2017.

[4] Organización las Naciones Unidas, "Objetivos de desarrollo sostenible," Disponible en: www.un.org/sustainabledevelopment, 30 Agosto 2015.

[5] A. Gómez Oliva, M. Server Gómez, A. J. Jara, and M. C. Parra Meroño, “Turismo inteligente y patrimonio cultural: un sector a explorar en el desarrollo de las smart cities,”, International journal of scientific management and tourism, vol. 3, no. 1, pp. 389-411, 2017.

[6] I. Grigoryev, and A. Borshchev, “AnyLogic 7 in three days: a quick course in simulation modeling,”, Chicago: AnyLogic North America, 2016.

[7] H. R. Orozco Aguirre, S. Lazcano Salas, and V. M. Landassuri Moreno, “SIMULACIÓN BASADA EN AGENTES PARA EL CONTROL INTELIGENTE DE SEMÁFOROS MEDIANTE LÓGICA DIFUSA,”, *Pistas Educativas*, vol. *39, no.* 128, pp. 1206-1223, 2018.

[8] J. L. Zarco, “Evaluación del transporte público en el Estado de México. El caso del Mexibus,”, *Paradigma Económico*, vol. *12, no.* 1, pp. 133-160, 2020.

PREDIAPP

Plataforma tecnológica para la prevención y control de diabetes por medio de Inteligencia Artificial

E. M. Landa Huerta[1], M.R. Zarate Nava[2], A. Ruiz Nepomuceno[3], E. Leza Caballero[4], A. J. Montalvo Trejo[5],

[1]Departamento de Tecnologías de la Información y Comunicación, Universidad Tecnológica del Centro de Veracruz, Av. Universidad No. 350, Carretera Federal Cuitláhuac – La Tinaja, Localidad Dos Caminos, CP. 94910, Cuitláhuac, Veracruz.

[1]eva_20702@hotmail.com, [2]maria.zarate@utcv.edu.mx, [3]14502@utcv.edu.mx, [4]9410@utcv.edu.mx, [5]14637@utcv.edu.mx

Área de participación: Ingeniería en Sistemas Computacionales

Resumen

Uno de cada tres adultos en México padece obesidad, siendo esta razón uno de los factores principales por los que se origina la diabetes, ubicando al país en el primer puesto a nivel mundial en obesidad y en el noveno en cuestión de diabetes. Esta enfermedad suma más de 98 mil muertes al año en México y cada año incrementa; de acuerdo con la Encuesta Nacional de Salud y Nutrición (ENSANUT), los porcentajes de mexicanos que padecen obesidad y diabetes aumentaron entre los años 2012 y 2018, pasando del 71.3% a 75.2% para adultos mayores de 20 años con obesidad, y de 9.2% a 10.3% en diabetes. La propuesta define el desarrollo de una plataforma tecnológica de prevención y control de la diabetes por medio de Inteligencia Artificial (PREDIAPP) que, con base a las respuestas de un test, analizará los antecedentes del paciente, mostrando su estado actual.

Palabras Claves: Reducir, Prevención, Control, Diabetes.

Abstract

One in three adults in Mexico is obese, this reason this reason being one of the main factors that causes diabetes placing the country at the top in the world and in the ninth in terms of diabetes. This disease totals more than 98 thousand deaths a year in Mexico and each year increases, according to the National Health and Nutrition Survey (ENSANUT), the percentages of Mexicans suffering from obesity and diabetes, increased between 2012 and 2018, from 71.3% to 75.2% for adults over 20 years of age with obesity, and from 9.2% to 10.3% in diabetes. The proposal defines the development of a technological platform for the prevention and control of diabetes through Artificial Intelligence (PREDIAPP) that, based on the responses of a test, will analyze the patient's record and show their current status.

Key words: *Reduce, Prevention, Control, Diabetes.*

Introducción

Actualmente, uno de cada tres adultos en México padece obesidad, definida como una acumulación anormal o excesiva de grasa que es perjudicial para la salud [3], ubicando a México en el primer puesto a nivel mundial en obesidad infantil y el segundo en obesidad de adultos [1],siendo un 73% de los mexicanos quien la padece y uno de los factores principales por lo que se origina la diabetes en las personas. La diabetes es una enfermedad crónica que aparece cuando el páncreas no produce suficiente insulina o cuando el organismo no utiliza eficazmente la insulina que produce [4], reduciendo la esperanza de vida en México en más de 4 años durante los próximos 30 años [5]. Existen cuatro tipo de diabetes, la tipo 1, llamada infantil, la sufre un 10% de la población, la diabetes tipo 2, es el tipo de esta enfermedad más común y es la más peligrosa, pero si es detectada a tiempo, su porcentaje de ser reversible es alto y más del 90% de la población la padece, la tipo 3, llamada gestacional (puede ocurrir durante el embarazo) y la tipo 4 llamada secundaria se presenta a consecuencia de enfermedades como: Acromegalia, síndrome de Cushing e hipertiroidismo[6].

Por lo anterior, el desarrollo de una *"Plataforma tecnológica para la prevención y control de diabetes por medio de Inteligencia Artificial"* ayudará a crear consciencia en las personas, a tener buenos hábitos alimenticios promoviendo una mejor calidad de vida. Prevenir casos de diabetes en niños, adolescentes y adultos ayudará a reducir la tasa de mortalidad prematura por enfermedades no transmisibles, dado que dicha enfermedad es la segunda causa de muerte del país. La plataforma también podrá ser tomada como una solución para aquellas personas que no cuentan con los recursos para realizarse un examen de diabetes con un costo de por medio o un apoyo para las personas que tienen la posibilidad de tener diabetes, evitando la necesidad de tener que ir de primera instancia a un consultorio, hospital, farmacia, entre otros.

Metodología

La metodología denominada "Proceso Unificado Racional (RUP, por sus siglas en inglés, Rational Unified Process), es la más apropiada para el tipo de proyecto y se implementó dado que proporciona una solución a las tareas y responsabilidades dentro de una organización o equipos de desarrollo de software, y brinda una puntual señalización de la responsabilidad que tiene un rol a lo largo del desarrollo del proyecto, permitiendo que la organización y la calidad, tanto del equipo como del producto, mejoren considerablemente.

La metodología RUP consta de 4 fases, las cuales son incepción, elaboración, construcción y transición, además se adaptaron las siguientes disciplinas: modelado del negocio, requerimientos, análisis y diseño, implementación, pruebas, despliegue, administración de proyectos y ambiente. En cada una de las fases de la metodología, se definirá su proceso, entregables generados y recomendaciones para la siguiente fase.

Incepción

Es la primera fase de la metodología RUP, y durante su ejecución se realizaron las investigaciones necesarias para entender la enfermedad (la diabetes), para conocer las causas que la provocan, los tipos de tratamientos y formas de control, que corresponden a la disciplina de modelado del negocio. Además, se realizó la revisión del estado del arte para identificar las características, ventajas y desventajas de los trabajos relacionados y proponer mejoras a la propuesta de PREDIAPP.

Se identificó un proyecto de "Diseño de un prototipo web interactivo basado en técnicas de Aprendizaje automático y razonamiento probabilístico para pronosticar mediante los factores de riesgo la enfermedad de la diabetes"[7] el cual fue realizado en el 2019 en Ecuador, enfocado en la diabetes tipo 2 y solo para el uso de expertos en esta enfermedad, dado que requiere de datos muy precisos de los pacientes para realizar la predicción. Este proyecto fue realizado mediante distintas herramientas como Machine Learning ("Aprendizaje automático"), Python, Django (Framework basado en Python), Pycharm Professional, Sqlite, HTML, CSS, Bootstrap, SPSS y Meta-análisis, implementado en un prototipo web y de manera local, a lo cual se debe destacar que PREDIAPP tiene una arquitectura más sencilla, siendo multiplataforma, será disponible en la red y estará enfocada para que los especialistas y pacientes puedan manejarla.

También se investigó sobre el proyecto "Construcción de un modelo de predicción para apoyo al diagnóstico de diabetes" [8] realizado en México en el 2018 que al igual que el anterior caso, usa datos mas precisos como la glucosa y presión sanguínea. Dicho proyecto utilizó software como Weka para la minería de datos y BigML para la predicción, basándose en datos de 768 pacientes. No se encontró información sobre si fue implementado, debibo a que no existe referencia alguna de ello ni muestras de la interfaz. Esto supone una gran ventaja para PREDIAPP en el país, dado que cuenta con una interfaz web, su propia API (Interfaz de Programación de Aplicaciones), árbol de decisión e IA (Inteligencia Artificial) para obtener la probabilidad de padecimiento y una base de datos con 10,000 registros de pacientes.

Elaboración

En la ejecución de la segunda fase de RUP se empezó a crear la parte estructural de la plataforma, realizando los casos de uso del sistema, como se aprecia en la ilustración 1 y diagramas que detallan el comportamiento del software. La arquitectura de la plataforma es limpia y sencilla, en comparación con otras plataformas similares, dado que se basa en una plataforma gráfica donde el usuario podrá realizar su test, como se muestra en la ilustración 2. El test se encuentra basado en análisis médicos, que los doctores y diferentes investigadores han

 ISSN 2007-8102

implementando para diagnosticar una persona con diabetes. El cuestionario está conformado por criterios importantes como lo son patrones de herencia, actividad física y estilo de vida de la persona.

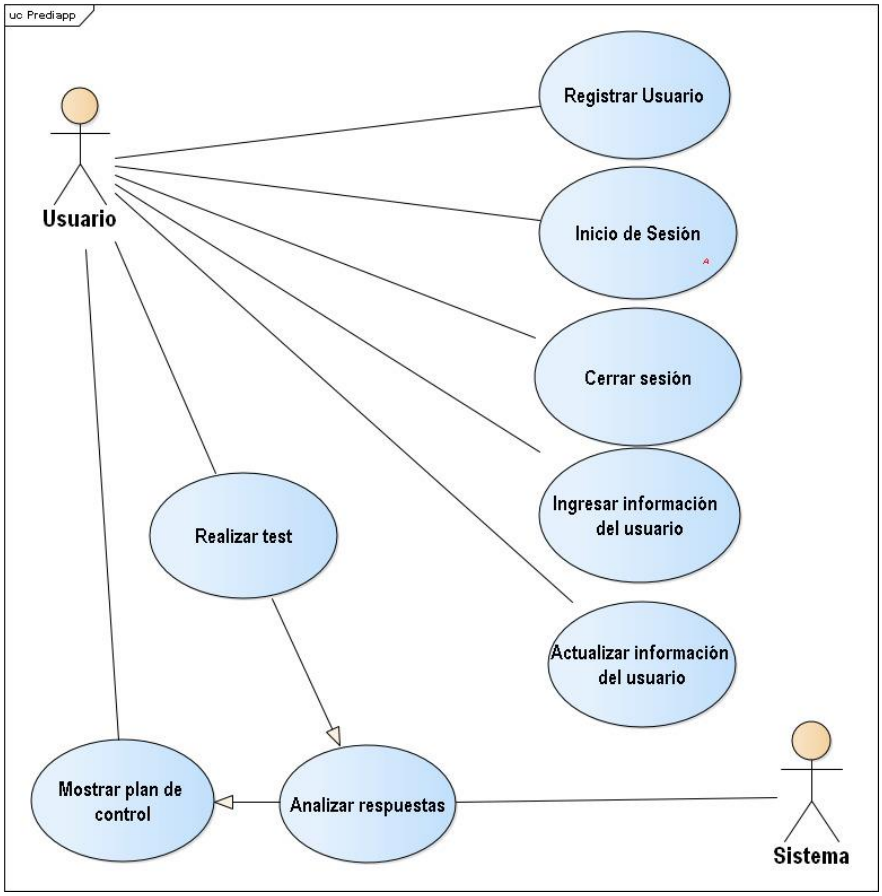


Ilustración 1 Casos de uso

Los datos que son ingresados a través del test, tendrán una conexión a la Interfaz de Programación de Aplicaciones (API, por sus siglas en inglés), y dicha información será manejada en un árbol de decisión, el cual se encargará de comparar los datos con un modelo entrenado (el modelo ha sido entrenado con los datos de personas que padecen diabetes o tienen familiares con esta enfermedad). Lo anterior permitirá a la inteligencia artificial (IA) marcar conductas de comportamiento que, a través de la API, permitan obtener la probabilidad de padecimiento de diabetes. Después será mostrado en la plataforma e internamente genera un aprendizaje automático a la inteligencia artificial de PREDIAPP. Entre más parecidos sean los registros y los datos ingresados se tiene una probabilidad mayor de que se pueda padecer el comportamiento que se tiene históricamente. En la ilustración 2 se muestra la arquitectura de la plataforma PREDIAPP y sus componentes se describen a continuación:

 ISSN 2007-8102

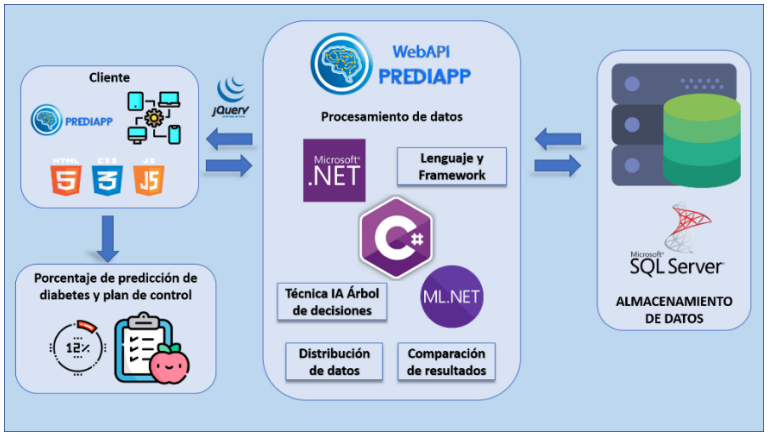


Ilustración 2 Arquitectura de software

Análisis de la arquitectura PREDIAPP

- **Almacenamiento de datos:** Es la base de datos donde se encontrarán almacenados los registros de los usuarios y los test que son utilizados para realizar la predicción de padecer diabetes.
- **Web API PREDIAPP:** Es un API REST que permite obtener y generar datos en la base de datos. El API permite acceder a la función principal de la plataforma, el módulo de Inteligencia Artificial, para obtener la predicción de padecer diabetes.
- **Cliente:** Conformado por una aplicación Web y una móvil, que permitirá a los usuarios finales crear su cuenta y realizar su test de probabilidad. Una vez realizado el test, la aplicación mostrará las respuestas que ingresó el usuario tanto como el porcentaje retornado del algoritmo. Todos los datos del usuario serán visualizados con la misma cuenta en las dos plataformas.

Construcción

La fase de construcción es una de las fases claves de RUP, se desarrolló la plataforma aplicando herramientas para la programación del entorno web, un administrador de base de datos y un servicio de hosting. Los lenguajes de programación seleccionados como los más apropiados fueron C# para programar el API así como la conexión a la base de datos, el árbol de decisión y Machine Learning (“Aprendizaje automático”), y lenguajes para desarrollo web como HTML5, JS y CSS para una visualización 100% gráfica a la página de PREDIAPP y así, ser alojada en el dominio para su difusión en los diferentes buscadores.

Transición

En esta fase se realizó el desarrollo e implementación de las pruebas de la plataforma, en donde dichas pruebas permiten probar la eficiencia de las aplicaciones en sus tiempos de respuesta, su funcionalidad en la comunicación con el API REST, la carga de datos y la visualización de resultados de la inteligencia artificial de la probabilidad de padecer diabetes.

Los distintos escenarios que han sido probados para comprobar la eficiencia de los componentes que se realizaron han dado resultados satisfactorios, por lo cual, para concluir con esta fase se elaborarán documentos que muestren las notas de versión de la plataforma, manuales del sistema, aplicación y evaluación del proyecto para verificar que el propósito ha sido alcanzado.

Resultados

Los resultados obtenidos hasta el momento de la redacción del artículo, son la creación del sitio Web y la aplicación móvil en donde el usuario a través del ingreso de datos básicos, obtiene un porcentaje de probabilidad de padecer diabetes.

 ISSN 2007-8102

Interfaz principal

En la página principal de la plataforma se muestran componentes básicos de la misma, como lo es su eslogan, los pasos a seguir para iniciar con el test, lo que se busca lograr con la implementación de la plataforma y módulos de “Acerca de”, “Contáctanos”, “Términos y condiciones”, “Preguntas frecuentes”, y por supuesto, el inicio de sesión.

Esta es la vista que permite al usuario navegar por todo el sitio, dependiendo lo que desee realizar.

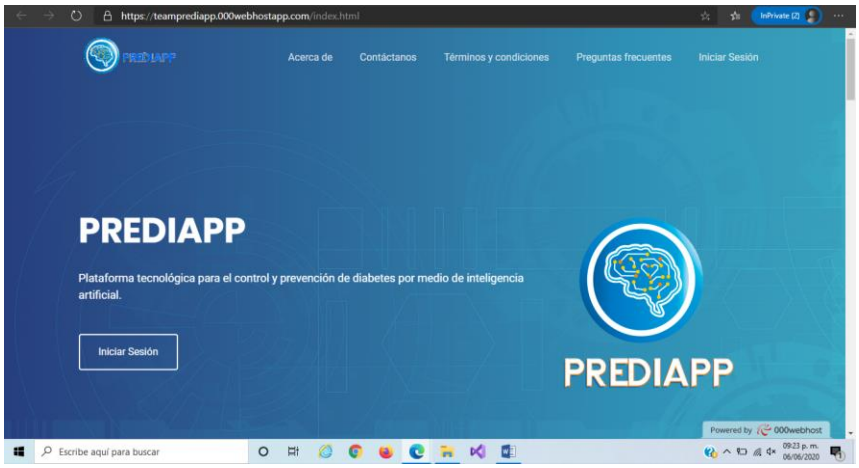


Ilustración 3 Página principal

Interfaz del usuario

Se realizó una interfaz de usuario adecuada para el tipo de proyecto que se desarrolló. Esta misma fue diseñada para que el usuario interactúe con pantallas amigables, fáciles y sencillas de utilizar. La página cuenta con el logo de la aplicación, así como los componentes con colores relacionados al mismo antes mencionado.

El usuario inicia sesión por medio de su cuenta de Facebook o por medio de un registro con correo electrónico.

Interfaz del software

La base de datos se relaciona con la plataforma SQL Server, debido a que se almacenarán los datos ingresados y de los usuarios que inicien sesión, así como de la información recabada que ayudará a realizar el análisis de los datos, y también estará relacionada con el API REST que se desarrolló en el lenguaje de programación C#.

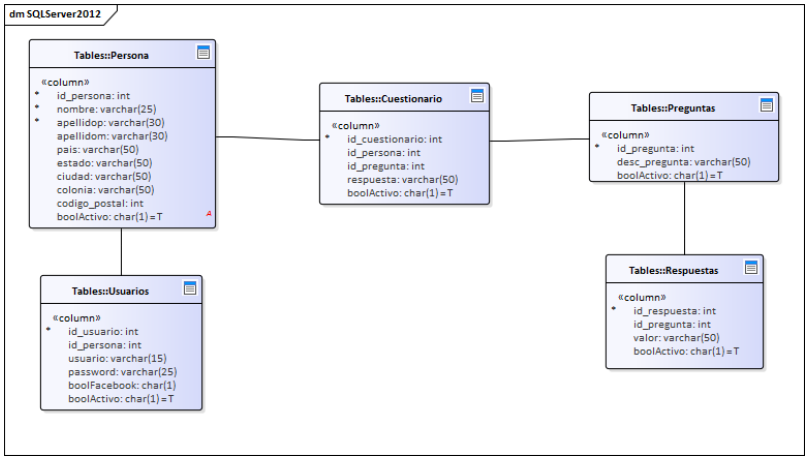


Ilustración 4 Estructura de la base de datos

 ISSN 2007-8102

Interfaz de comunicación

La página se comunica con la base de datos por medio de un API REST la cual es el intermediario para transferir los datos entre estos dos puntos, por lo cual, no existirá comunicación con otro sistema y con otros componentes que no pertenezcan a la plataforma.

El cliente se comunica con el Web API para obtener las credenciales del inicio de sesión del usuario y en caso de ser exitosa la respuesta, redireccionará a la página del usuario donde cargará sus datos como se muestra en la Ilustración 5.

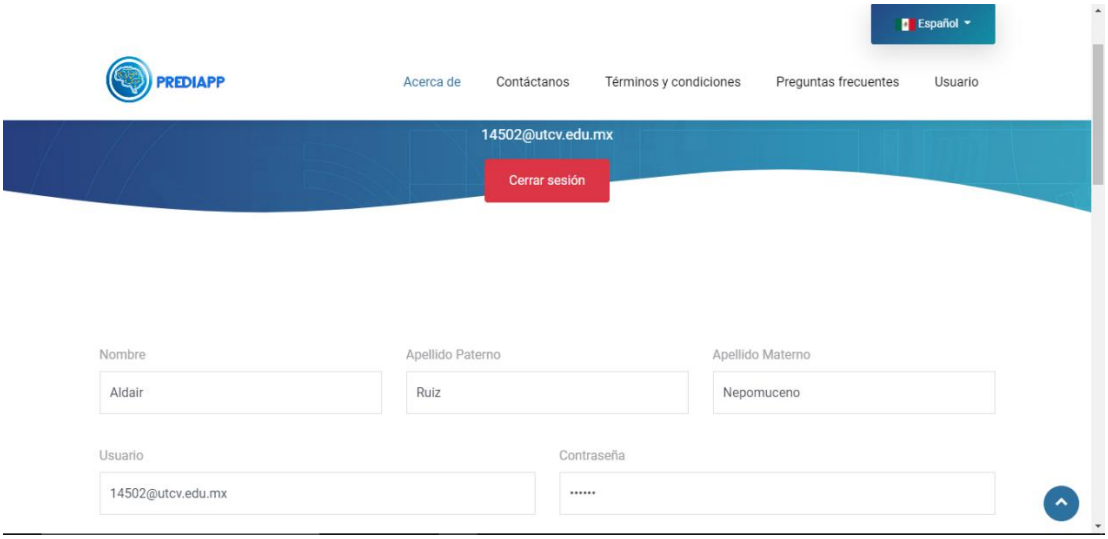


Ilustración 5 Página de usuario

De la misma manera el cliente al haber creado el usuario validará que haya realizado el test, y en dado caso de contar con uno ya culminado, se mostrará el porcentaje de probabilidad de padecer diabetes representado en la Ilustración 6 y 7.



Ilustración 6 Preguntas del Test

 ISSN 2007-8102

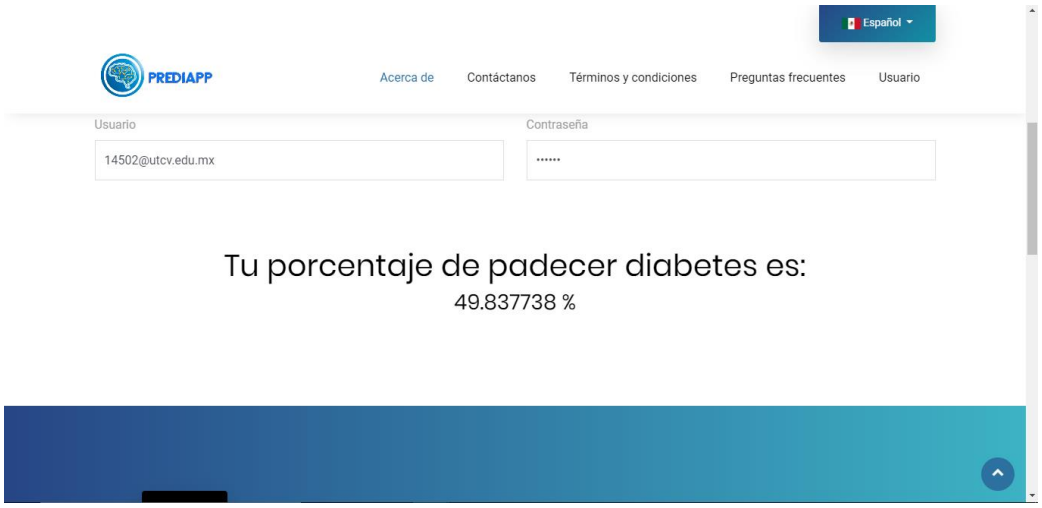


Ilustración 7 Porcentaje del usuario

Por último, muestra las respuestas que el usuario ingresó en el test en forma de una tabla y contará con un botón de editar por si el usuario desea cambiar sus respuestas.

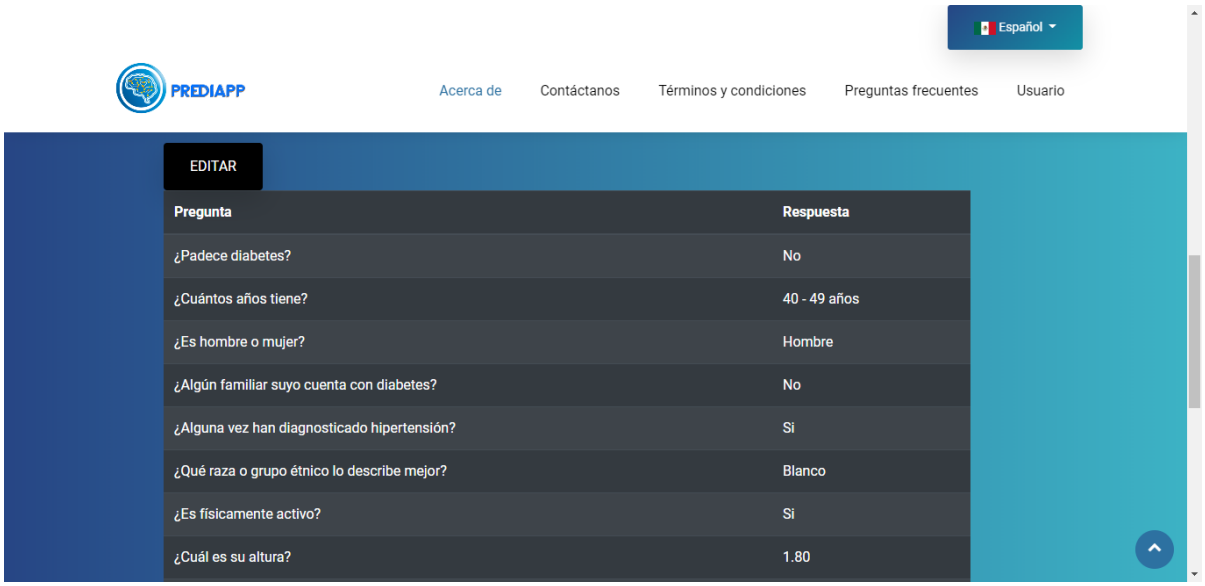


Ilustración 8 Respuestas del test

Trabajo a futuro

Se pretende la implementación de Inteligencia Artificial y Machine Learning (“Aprendizaje automático”) para mostrar un plan de control de la enfermedad según el porcentaje de la persona para padecer diabetes y de los datos que ingresó en su test, con el propósito de hacer mucho más completa la plataforma y que ayude potencialmente al usuario a cambiar su salud y su estilo de vida de una manera positiva, así mismo se realizará la vinculación con alguna dependencia de salud pública o privada para que la plataforma pueda ser probada en un contexto real.

También se aspira a que se puedan llevar a cabo funciones complementarias a la aplicación como lo son la monitorización de signos vitales por medio de wearables que existen en el mercado actualmente, con la finalidad de ayudar a la inteligencia artificial aprender en tiempo real sobre los hábitos y el estilo de vida del usuario, de esta manera se podrá realizar un control más preciso y en tiempo real de lo que la persona hace en su día a día.

Además, se buscará poner en funcionamiento la plataforma con otros dispositivos como los son los glucómetros para que con ayuda de personal médico que cuenten con algún dispositivo compatible se almacenen los registros de glucosa del usuario y así minorizar el rango de predicción y recomendación que ofrece la inteligencia artificial.

Conclusiones

Actualmente México forma parte de los países con más índice de obesidad en el mundo (uno de los principales factores para padecer diabetes), debido a que las personas no le ponen especial cuidado a su salud, por factores como no contar con tiempo para comer sano, estrés laboral, no tener una rutina de ejercicio, una enfermedad heredada o por otros factores, por lo cual se busca mejorar su estado de salud implementando tecnología segura y fácil de usar para así reducir el índice de mortalidad de esta enfermedad.

México debe adoptar medidas que le ayuden a monitorear su salud, aprender a cuidarla y evaluar de qué manera se encuentra respecto a una enfermedad tan mortal como lo que es la diabetes, todo con el propósito de reducir el índice de mortalidad en el país, y es de esta manera que la plataforma PREDIAPP ayudará a la población mexicana ya que mediante el uso del test podrá saber cuál es la probabilidad de padecer diabetes, además se le mostrará un plan de control nutricional con base en los resultados obtenidos en el test que el usuario podrá seguir para cuidar y/o mejorar su salud. El principal objetivo con el desarrollo de esta plataforma, es el reducir significativamente el índice por diabetes que hay en México, además de ayudar a que las personas mejorar en su salud. De igual manera, esta plataforma puede ayudar a reducir el índice por obesidad y sobrepeso con el que actualmente combate el país, fomentando una sana educación en salud en toda la población y aumentando la calidad de vida en México.

Referencias

[1] OPS. (2019). Organización Panamericana de la Salud. Etiquetado frontal: un tema de protección a la salud de la niñez (2020) Sitio Web: https://www.paho.org/mex/index.php?option=com_content&view=article&id=1454:etiquetado-frontal-un-tema-de-proteccion-a-la-salud-de-la-ninez&Itemid=499#:~:text=M%C3%A9xico%20ocupa%20el%20primer%20lugar,el%2036.3%25%20presenta%20este%20problema.

[2] ENSANUT. (2018). Encuesta Nacional de Salud y Nutrición - 2018. 2020, de ENSANUT Sitio web: https://ensanut.insp.mx/encuestas/ensanut2018/index.php

[3] Organización Mundial de la Salud. (2015). Temas de salud - Obesidad. 2020, de OMS Sitio web: https://www.who.int/topics/obesity/es/

[4] Organización Mundial de la Salud. (2020). Diabetes. 2020, de OMS Sitio web: https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/diabetes

[5] Ángel Gurría. (2020). Presentación del estudio: “La Pesada Carga de la Obesidad: La Economía de la Prevención”. 2020, de OECD Sitio web: https://www.oecd.org/about/secretary-general/heavy-burden-of-obesity-mexico-january-2020-es.htm

[6] Kevinelfuturo. (2012). Diabetes tipo 2, la más común en la población. 2020, de 60 Minutos Sitio web: https://60minutos.info/diabetes-tipo-2-la-mas-comun-en-la-poblacion/

[7] Chan, O., Peña, J., Vianne, J. & Zapata, M. (2018, noviembre). Construcción de un modelo de predicción para apoyo al diagnóstico de diabetes. Pistas Educativas, 40, 18. 2018, De ITC Base de datos.

[8] Tene, D. & Montese, F. (2019). Capítulo III Metodología. En Diseño de un prototipo Web interactivo basado en técnicas de Machine Learning y razonamiento probabilístico para pronosticar mediante los factores de riesgo la enfermedad de la diabetes. (194). Guayaquil

Simulación computacional de la corrosión en metales con autómatas celulares

H. Casarrubias Vargas[1], N. Vásquez Godínez[1], H. Herrera Hernández[1],*
J. G. Miranda Hernández[1], C. O. González Morán[1]

[1]Universidad Autónoma del Estado de México, Centro Universitario Valle de México, Boulevard Universitario S/N Valle Escondido, Río San Javier, 54500 Cd López Mateos, México

hcasarrubiasv@uaemex.mx

***Área de participación**: Sistemas Computacionales*

Resumen

El presente trabajo describe las reglas de evolución para un autómata celular probabilista que replica morfológicamente el fenómeno de la corrosión por picaduras en metales. Se describen dos tipos de representación de grid para integrar información cristalográfica de los materiales y generar el desgaste de material de corrosión para picaduras de tipo estrecho, amplias y profundas, elípticas e influenciadas por la estructura del material. Los experimentos realizados muestran resultados coherentes con lo descrito en la literatura.

***Palabras clave**: Corrosión, Autómatas Celulares, Simulación, Metales.*

Abstract

The present work describes the rules of evolution for a probabilistic cellular automaton that morphologically replicates the phenomenon of pitting corrosion in metals. Two types of grid representation are described to integrate crystallographic information of materials and generate corrosion material wear for narrow, wide and deep, elliptical, and material structure influenced pits. The experimental results are consistent with the reported in the literature.

***Key words**: Corrosion, Cellular Automata, Simulation, Metals.*

Introducción

La corrosión de materiales o piezas metálicas es un fenómeno químico siempre presente causado por el medio ambiente que le rodea como el calor, agua, oxigeno, dando como resultado la oxidación y degradación del material; es un fenómeno que siempre esta presente en los metales. El fenómeno de la corrosión de metales tiene un impacto económico significativo, estimaciones realizadas para México determinan perdidas debido a la corrosión de materiales de entre un 3% y 4% del PIB [1]. Por otro lado, la mayoría de las estructuras de edificios, fabricas y viviendas dependen de partes metálicas en donde los efectos de la corrosión se hacen presentes generando riesgos potenciales de seguridad para las personas que usan las instalaciones.

El fenómeno de la corrosión se clasifica, de acuerdo con [2], por la morfología de su ataque, por el medio en el que se desarrolla o el mecanismo de la corrosión. Este trabajo se enfoca en la morfología o apariencia del metal corroído particularmente en la corrosión por picaduras. La corrosión por picaduras se presenta cuando son afectadas áreas puntuales o específicas del metal y ocurren cuando la superficie del metal se expone libremente y la superficie no es químicamente homogénea, existen imperfecciones en el recubrimiento de los metales que originan potenciales electroquímicos distintos debido a una diferencia de concentración de oxigeno.

La picadura por corrosión es conocida por crear agujeros en los materiales metálicos los cuales ocasionan fallas en su funcionamiento, así mismo pueden adoptar distintas formas y densidades dependiente del medio ambiente y las condiciones químicas en las que se encuentre el metal [3].

Los agujeros debidos a la picadura son frecuentemente más profundos que los otros tipos de corrosión. Existen inhibidores que pueden ser aplicados en la superficie para prevenir el inicio de la corrosión, pero una vez que la picadura se ha iniciado los inhibidores en la mayoría de los casos son inútiles en retrasar su crecimiento [4]. La corrosión por picadura de acuerdo con [3] puede adoptar las formas y densidades descritas en la Figura 1.

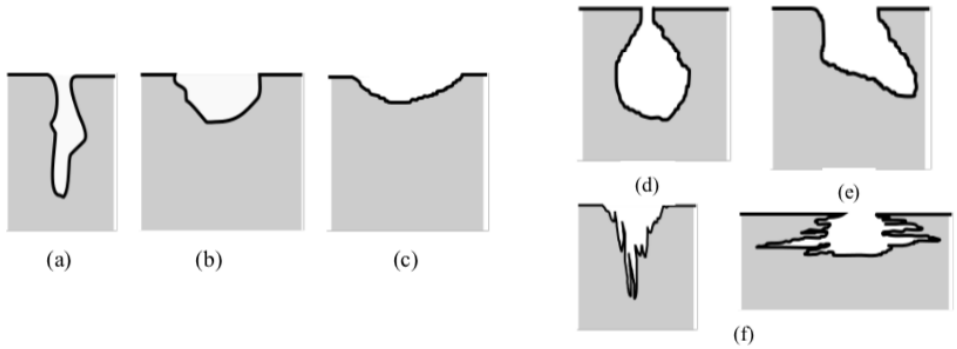


Figura 1. Distintas morfologías de la picadura por corrosión: a)Estrecha y profunda, b)Elíptica, c)Ancha y poco profunda, d) Bajo la superficie e)undercutting, f)influenciadas por la orientación de la microestructura. Imágenes tomadas de [3].

La corrosión por picadura se manifiesta en tres etapas, iniciación o aparición, crecimiento y repasivación o muerte de la picadura que se alcanza cuando se satura el medio alrededor de la picadura o se alcanza un equilibrio del potencial electroquímico. La iniciación de la picadura se modela de forma probabilística, en [5] describen un modelo que permite simular la aparición de picaduras en función del tiempo. El crecimiento de la picadura se ha modelado usando enfoques mecanicistas considerando los fenómenos electroquímicos [6], y también se han usado modelos basados en autómatas celulares [7]; los tipos de morfología que se replican son la morfología de tipo b) elíptica, c) ancho y profundo, d) bajo la superficie o cavidades y tipo e) undercutting. Replicar la morfología es importante debido a que la forma del desgaste del material modifica la capacidad de carga y esfuerzos que puede soportar el material.

Metodología

El enfoque propuesto en este trabajo de investigación usa un autómata celular, AC, basado en el modelo descrito por Wang et. al en [8] que establece las reglas de evolución del AC y contempla el proceso de corrosión como un modelo probabilístico de difusión, el enfoque propuesto en este trabajo a diferencia del realizado por Wang se enfoca en simular la morfología de las picaduras.

El modelo para simular el fenómeno de corrosión y replicar las morfologías típicas de picaduras se restringe a un espacio 2D; debido a que el interés es simular la morfología transversal o perfil de las picaduras. El espacio de estados se limita a un grid de tamaño 400x200 y cada celda mantiene un posible estado: Metal, Corrosión, Libre, Pasiva. En el proceso de simulación las celdas pueden cambiar su estado de acuerdo con las reglas probabilísticas y su entorno. Las celdas metálicas o tipo M son susceptibles a la corrosión y su posición no cambia durante la simulación. Las celdas pasivas o tipo P corresponden a la película protectora del metal, se encuentran en la superficie del material y no cambian de posición, sin embargo, de forma aleatoria puede cambiar de estado a celda Libre, para permitir el inicio de la corrosión por picadura; también puede verse afectada por celdas tipo corrosión para simular el fenómeno de degradación de la película protectora. Las celdas con un estado de corrosión o tipo C, a diferencia del trabajo en [8] se generan cuando se inicia una picadura de forma aleatoria, en nuestro trabajo se inicializa de forma aleatoria en la superficie del metal, estas

celdas se mueven en el grid y pueden generar nuevas celdas de corrosión que permiten emular la degradación del metal mediante pérdida de celdas tipo M, P, transformándolas en celdas tipo L o C. Las celdas tipo L simulan espacio vacío o también se pueden interpretar por el medio en el que se encuentra inmerso el metal.

La simulación se realiza en dos tipos de grids para recuperar la morfología de los distintos tipos de picadura; un tipo de grid homogéneo en donde se simula sin información de la microestructura del material y también se simula contemplando la microestructura del metal, un grid con orientaciones cristalográficas heterogéneas.

Reglas de transformación del AC grid homogéneo

Para la evolución de una celda o sitio (i,j) en el grid del AC, se consideran los cuatro vecinos, en las direcciones horizontales y verticales. Cada celda tiene un estado posible: Metal (M), Corrosión (C), Pasiva (P), Libre (L) ver Figura 2. Inicialmente las celdas en el borde del grid son de tipo P y todas las celdas interiores del grid son de tipo M. En el primer paso de la evolución del AC se elige aleatoriamente una celda del borde superior del grid y se transforma del estado P al estado C, para simular el inicio de una picadura.

Si una celda (i,j) se encuentra en estado C se revisa si en sus vecinos adyacentes existe una celda de tipo M para moverse hacia ella, en caso de haber mas de una se decide con una probabilidad p a cual moverse; cada una de las casillas adyacentes tiene una probabilidad distinta de propagación pi. La celda (i,j) cambia del estado C al estado L y la celda vecina elegida cambia del estado M al estado C.

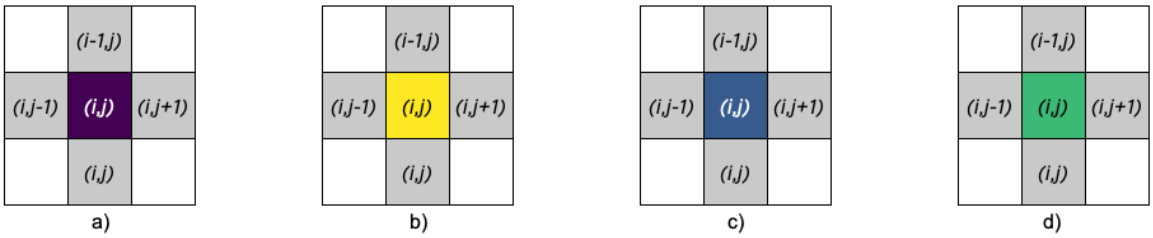


Figura 2. Estados posibles de las celdas y sus vecinos adyacentes. a) Metal (M), b) Corrosión (C), c) Libre (L), d) Pasiva (P).

Si una celda se encuentra en el estado P y es elegida por una celda de tipo C para propagarse la celda cambia de P a L. Con esta regla se permite simular el deterioro de la protección del material una vez que se ha iniciado el proceso de corrosión.

Para el grid homogéneo las probabilidades de propagación de una celda en estado C hacia los vecinos se mantienen fijas para todas las celdas del grid.

Reglas de transformación del AC grid heterogéneo

Para simular orientaciones cristalográficas distintas se aplica un particionamiento sobre el grid usando el diagrama de Voronoi inducido por puntos semilla generados aleatoriamente sobre el grid, de esta forma a cada región de Voronoi le corresponde una orientación cristalográfica en particular. Para fines de la simulación contemplamos distintas densidades de puntos semilla para explorar el impacto de las densidades en el crecimiento de las picaduras. Para la simulación se consideran únicamente los tres planos cristalográficos [001], [101], [111].

De esta forma, para cada celda (i,j) en el grid del AC se determina primero a que región de Voronoi pertenece y en función de la región se determina las probabilidades de propagación de las celdas

 ISSN 2007-8102

de corrosión a las celdas tipo M y P. En la figura se muestran las regiones de Voronoi construidas con 800, 1200, 1600 puntos para un grid de dimensiones 400x200.

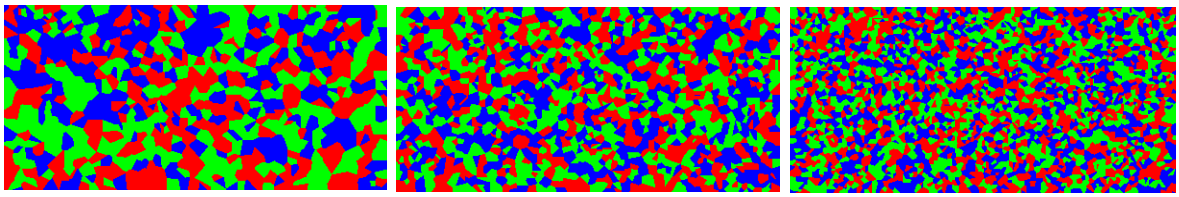


Figura 3. Regiones de Voronoi que simulan las direcciones cristalográficas en los planos [101] rojo, [001] verde, [111] azul.

El algoritmo de evolución del AC se basa en las reglas descritas en las secciones previas y siguiendo los pasos descritos a continuación:

1. Inicializar el grid

   1.1 Establecer todas las celdas interiores del grid como celdas tipo M

   1.2 Establecer todas las celdas en el borde del grid como celdas tipo P

2. Elegir la celda central en el borde superior como celda tipo C para el caso del grid homogéneo; en el caso del grid heterogéneo elegir aleatoriamente una celda en el borde superior con coordenada x entre 100 y 300

3. Para cada celda de tipo C en el grid, de acuerdo con las probabilidades de propagación a los vecinos, determinar aleatoriamente la celda vecina a propagarse:

   3.1 Si la celda vecina ha sido seleccionada por otra celda tipo C, la celda a evolucionar no cambia

   3.2 Si la celda seleccionada es de tipo C, no cambia el estado de las celdas

   3.3 Si la celda vecina es de tipo M o P y no ha sido seleccionada, entonces cambia a estado tipo C

4 ir al paso 3

Resultados y discusión

En los experimentos realizados y para fines de comparación se analiza la etapa de crecimiento de la corrosión de una sola picadura, estableciendo la posición inicial en la parte superior a la mitad del grid para los experimentos de grid homogéneo, y se establece la posición inicial de la picadura de manera aleatoria en la parte superior del grid entre la columna 100 y la columna 300 para elegir de forma aleatoria la distribución cristalográfica inicial del medio físico.

Resultado del AC en grid homogéneo y evolucionando todas las celdas de corrosión

Los resultados de los experimentos realizados para el grid homogéneo se muestran en la Figura 4. Se consideran tres conjuntos de probabilidades de propagación de una celda en estado de corrosión *(i,j)* para obtener las morfologías de corrosión dando a lugar a tres simulaciones distintas.

 ISSN 2007-8102

Para la primera simulación se definen las probabilidades de propagación de una celda tipo C a los vecinos de la siguiente forma:

1. probabilidad de propagar la corrosión a la celda izquierda *(i,j-1):* 0.33
2. probabilidad de propagar la corrosión a la celda derecha *(i,j+1):* 0.33
3. probabilidad de propagar la corrosión a la celda superior *(i-1,j):* 0.1
4. probabilidad de propagar la corrosión a la celda inferior *(i+1,j):* 0.33

En la segunda simulación se definen las probabilidades de propagación de una celda tipo C a los vecinos de la siguiente forma:

1. probabilidad de propagar la corrosión a la celda izquierda *(i,j-1):* 0.45
2. probabilidad de propagar la corrosión a la celda derecha *(i,j+1):* 0.45
3. probabilidad de propagar la corrosión a la celda superior *(i-1,j):* 0.0
4. probabilidad de propagar la corrosión a la celda inferior *(i+1,j):* 0.1

En la tercera simulación se definen las probabilidades de propagación de una celda tipo C a los vecinos de la siguiente forma:

1. probabilidad de propagar la corrosión a la celda izquierda *(i,j-1):* 0.45
2. probabilidad de propagar la corrosión a la celda derecha *(i,j+1):* 0.45
3. probabilidad de propagar la corrosión a la celda superior *(i-1,j):* 0.0
4. probabilidad de propagar la corrosión a la celda inferior *(i+1,j):* 0.1

La evolución del sistema para los tres experimentos se muestra en los renglones de la figura 4 para los tiempos 0, 50, 100; primer renglón experimento 1, segundo renglón experimento 2 y finalmente en el tercer renglón el experimento 3.

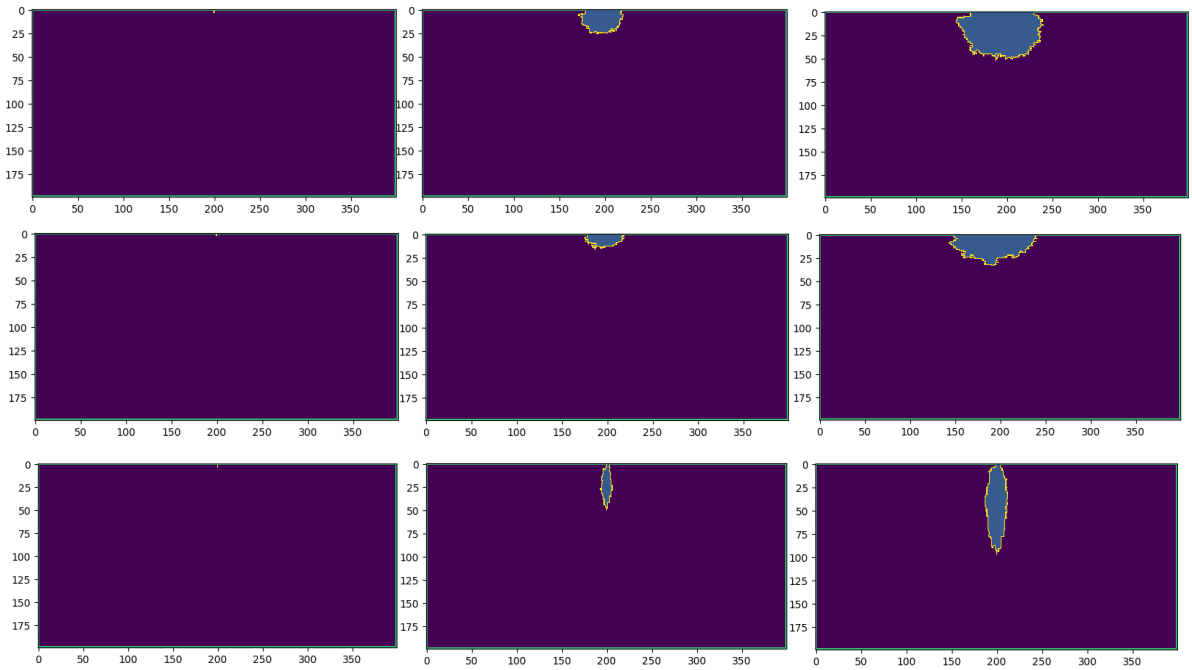


Figura 4. Morfologías de picadura obtenidas sobre grid homogéneo, columna 1 al tiempo 1, columna 2 al tiempo 50 y columna 3 al tiempo 100.

 ISSN 2007-8102

Resultado del AC en grid heterogéneo

Los experimentos realizados para el grid homogéneo se realizan evolucionando las celdas de corrosión de manera probabilística de acuerdo con la orientación cristalográfica preferencial establecida por las regiones de Voronoi usando 800, 1600 y 3200 puntos semilla ver Figura 3.

A diferencia del grid homogéneo en donde todas las celdas de corrosión se propagan en direcciones probabilísticas, en el grid heterogéneo no se evolucionan todas las celdas de corrosión en una iteración del AC; a cada celda de corrosión se les asigna una probabilidad de propagarse dependiendo de la región cristalográfica en donde se encuentre.

Se contemplan tres orientaciones preferenciales y se asigna a cada una la probabilidad de 0.1, 0.2, 0.3 de difusión de la corrosión. Lo cual permite que la velocidad de corrosión sea distinta dependiendo de la región en que se encuentre. Si una celda de corrosión es elegida para propagarse se elige probabilísticamente en que dirección hacerlo, al igual que en el caso del grid homogéneo, para fines de comparación se toman las mismas probabilidades para los vecinos.

En las Figuras 5, 6 y 7 se muestran los resultados de la simulación para los tres experimentos realizados con las mismas probabilidades dadas en el caso de grid homogéneo, se muestran los resultados de la simulación para los tiempos 100, 300 y 1000.

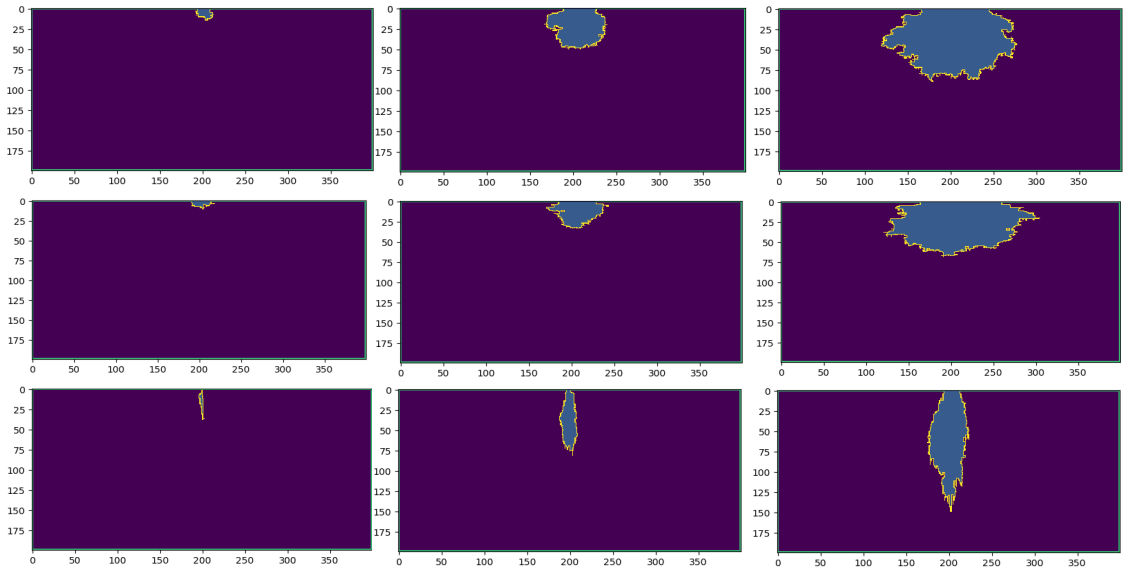


Figura 5. Simulación de corrosión usando orientación cristalográfica preferencial con 800 puntos semilla para generar la región de Voronoi.

Trabajo a futuro

El modelo planteado de evolución de la corrosión en metales recupera la morfología del fenómeno de corrosión sin embargo requiere de una calibración de la velocidad de corrosión, para lo cual es necesario considerar el modelo de potencial y por otro lado generalizar el modelo al caso 3D.

Conclusiones

La evolución del autómata celular describe la morfología de las picaduras debidas a la corrosión de metales para los casos descritos en la literatura, se calibraron los valores de probabilidad de forma

 ISSN 2007-8102

experimental y muestra el potencial de describir la cinética del fenómeno a partir de un sistema emergente que se puede expandir para integrar el enfoque electroquímico y considerar calibrar la velocidad de corrosión con experimentos reales. Se observa en la simulación el comportamiento debido al tamaño de grano de los elementos que conforman el metal y replica lo descrito en la literatura. A diferencia de los trabajos con autómatas celulares encontrados en la literatura la propagación de la corrosión se hace por difusión probabilística y no por un random walking, lo cual permite controlar la propagación de la corrosión en las direcciones de los planos cristalográficos en medios heterogéneos y en medios homogéneos.

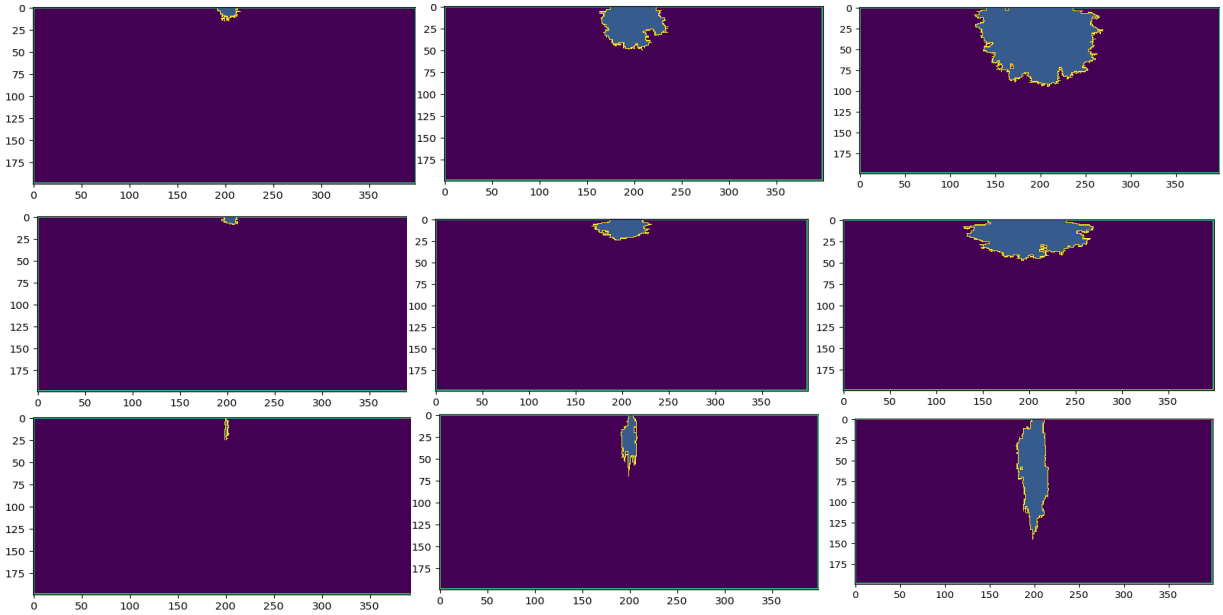


Figura 6. Simulación de corrosión usando orientación cristalográfica preferencial con 1600 puntos semilla para generar la región de Voronoi.

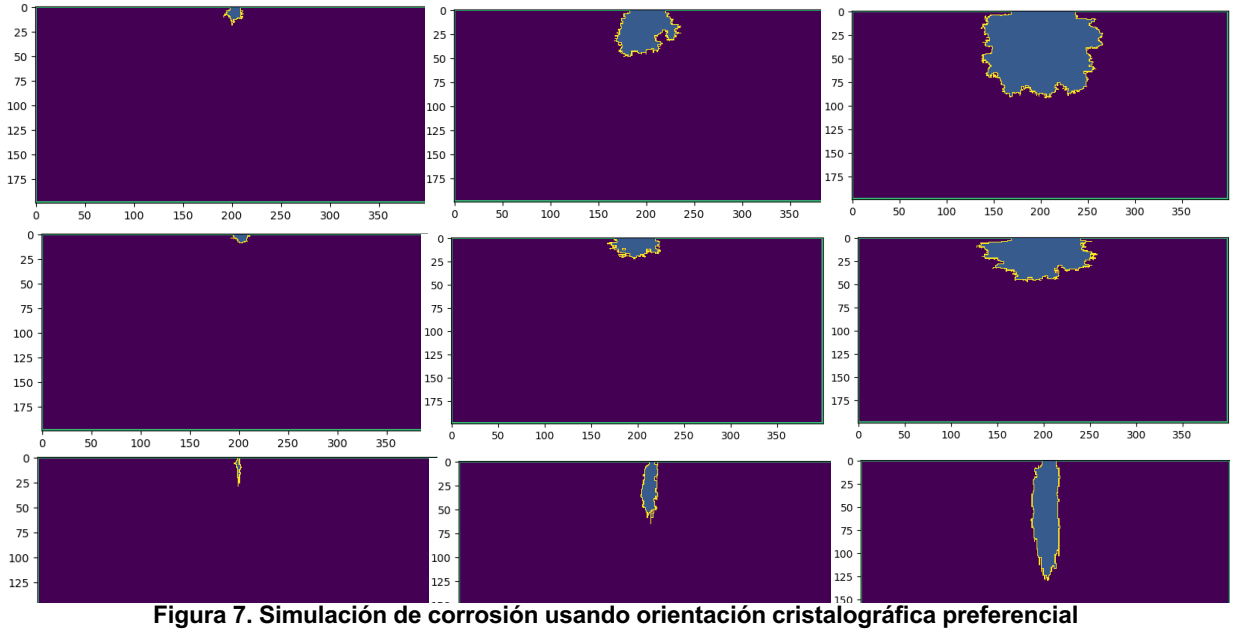


Figura 7. Simulación de corrosión usando orientación cristalográfica preferencial con 3200 puntos semilla para generar la región de Voronoi.

Referencias

[1] Customair. (22 de Agosto de 2020). *Customair*. Obtenido de Customair: https://customair.mx/blog/GCtTGTzc2w-la-corrosion-un-problema-que-puede-causar-perdidas-millonarias-a-los-paises

[2] R. García, "Inhibidores de corrosion en medios ácidos a partir de extractos naturales,"*Tesis Doctoral,* pp. 24-27, 2014.

[3] M. Ibrahim, S. Fonna and R. Ridaparti, “Pitting corrosion as a mixed system: coupled deterministic-probabilistic simulation of pit growth”. IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng. 352 012018

[4] N. Asrar, B. MacKay, Ø. Birketveit, M. Stipanicev, J. Jackson and A. Jenkins, "Corrosion - The longest war," *Oilfield Review,* vol. 28, no. 2, pp. 36-51, 2016.

[5] J. Velázquez, J. Van Der Weide, E. Hernández and H. Herrera, “Statistical modelling of pitting corrosion: Extrapolation of the maximum pit depth-growth”, *International Journal of Electrochemical Science*, pp. 4129-4143, 2014.

[6] J.C. Walton, G. Cragnolino and S. K. Kalandros, “A numerical model of crevice corrosion for passive and active metals”, *Corrosion Science*, Volume 38, Issue 1, pp. 1–18, 1996.

[7] D. Di Caprio D, J. Stafiej, G. Luciano and L. Arurault, “3D cellular automata simulations of intra and intergranular corrosion”. *Corrosion Science, Elsevier*, Vol. 112, pp. 438-450, 2016.

[8] Y. Wang, and Y. Zheng, “Simulation of Damage Evolution and Study of Multi-Fatigue Source Fracture of Steel Wire in Bridge Cables under the Action of Pre-Corrosion and Fatigue”. *CMES-Computer Modeling in Engineering & Sciences*, Vol 120(2), pp. 375–419, 2019.

Sistema experto basado en reglas para la generación de horarios académicos del Tecnológico de Teziutlán

M.A. Aguilar Cortés[1], J.L. Gutiérrez García[1], H. Hernández Rodríguez[1], J. Robles Calderón[2], M. Aguilar Cortés[3]*
[1]Cuerpo Académico Desarrollo de Sistemas Inteligentes, Academia de Ingeniería en Sistemas Computacionales. Instituto Tecnológico Superior de Teziutlán, Fracción I y II S/N Aire Libre C.P. 73960 Teziutlán, Puebla México
[2]Cuerpo Académico Calidad y Mejora Continua en Servicios Tecnológicos, Academia de Ingeniería en Sistemas Computacionales. Instituto Tecnológico Superior de Teziutlán, Fracción I y II S/N Aire Libre C.P. 73960 Teziutlán, Puebla México
[3]Academia de Ingeniería en Sistemas Computacionales. Instituto Tecnológico Superior de Teziutlán, Fracción I y II S/N Aire Libre C.P. 73960 Teziutlán, Puebla México
**marco.ac@teziutlan.tecnm.mx*

***Área de participación**: Sistemas Computacionales*

Resumen

El objetivo de esta investigación es implementar un sistema experto basado en reglas a través de una plataforma web que permita la generación automática de horarios académicos de las diferentes carreras que ofrece el Instituto Tecnológico Superior de Teziutlán. Se utilizó un enfoque cuantitativo longitudinal. Se seleccionó una muestra del 50% de jefes de carrera debido a las restricciones provocadas por la pandemia del Covid-19, aplicando instrumentos como entrevistas y observación para recolectar datos. La información obtenida se procesó en el software IBM SPSS Statistics 25 mediante una prueba t de Student de muestras relacionadas para medir los resultados antes y después de la implementación de la propuesta. Los resultados muestran una diferencia significativa entre el proceso manual y el proceso automático que, dependiendo de la cantidad de grupos que se oferten, puede llevar desde unos segundos a minutos, lo que representa una mejora superior al 90%.

***Palabras clave**: Sistema experto, horarios académicos*

Abstract

The aim of this research is to implement a rule-based expert system through a web platform that allows the automatic generation of academic schedules of the different careers offered by the Instituto Tecnológico Superior de Teziutlán. A longitudinal quantitative approach was used. A sample of 50% career managers was selected due to restrictions caused by the covid-19 pandemic, applying instruments such as interviews and observation to collect data. The information obtained was processed in the IBM SPSS Statistics 25 software through a Student's t-test of related samples to measure the results before and after the implementation of the proposal. The results show a significant difference between the manual process and the automatic process that, depending on the number of groups that are offered, can take from a few seconds to minutes, representing an improvement greater than 90%.

***Key words**: Expert system, academic schedules*

Introducción

En el Instituto Tecnológico Superior de Teziutlán se ofertan seis ingenierías diferentes: Informática, Sistemas, Gestión Empresarial, Mecatrónica, Industrias alimentarias e Industrial. Cada semestre se lleva a cabo el proceso de planeación académica y asignación de horarios donde se indica que docente impartirá cada materia, en que horario y en que aula será. Desafortunadamente, este

proceso es muy complicado para llevarlo a cabo de manera manual. Los jefes de carrera manifestaron que han tenido la experiencia de llevarse más de 20 horas en realizar el proceso de asignación de horarios. Existen algunos estudios que han tratado de dar solución a esta problemática. Por ejemplo, Moreno y Sánchez [1] ha realizado un comparativa entre diferentes algoritmos que apoyan el proceso de asignación de horarios, sin embargo, concluye que todos los tendrán una determinada complejidad por las limitaciones que se apliquen. En lo que concierne a la utilización de algoritmos evolutivos algunos establecen el tamaño de la población para generar las tasas de mutación y cruzamiento [2], otros utilizan tecnología de paso de mensajes (MPI) con una arquitectura de cómputo tipo Beowulf [3] y otros más seleccionan al azar a un docente que representa un gen en un horario suave y compactado [4], sin embargo, entre más restricciones tiene, más complicado se vuelve el proceso de asignación de horarios. Por otra parte, Canseco [5] propone aplicar programación lineal a través de un modelo matemático con el uso del programa LINGO que permite la calendarización de horarios, solo que genera pruebas en un horario continuo de 7 a 14 horas. Capetillo [6] hace uso de la metodología CommonKADS que genera una base del conocimiento estructurada en tres módulos: generales, académicos y laborales, solo que no tiene interfaz gráfica. Continuando con las investigaciones, López [7] realiza un proceso a través de herramientas CASE, desafortunadamente aún no hay resultados exactos. Durán y Faillance [8] implementan una heurística que divide el problema en etapas que combinan la programación lineal y el algoritmo de Stochastic Hill-Climbing. Los resultados mejorar un alto porcentaje a comparación de los años pasados, pero se considera que puede mejorar más. Con respecto a los sistemas expertos, Calle [9] utilizó una propuesta web dividido en capas: interfaz, soporte para la toma de decisiones y capa de servicios que implementa minería de datos. Los resultados muestran una gran efectividad pues tanto los docentes como las materias y horarios evitaron cruces que vayan en contra de las restricciones. Esto ayuda mucho a la institución siempre y cuando no haya más reglas que eviten la correcta asignación de horarios. Existe otro proyecto de Ramos [10] que realiza un sistema de información, pero no muestra cual es el tiempo que se llevó en realizar la asignación. La mayor parte de las investigaciones son una herramienta que ayuda a la institución a generar los horarios, pero ninguna podría se adapta a las necesidades del Tecnológico de Teziutlán.

En este trabajo se propone una herramienta tecnológica que permita generar horarios académicos para las asignaturas de las diferentes carreras que oferta el Tecnológico de Teziutlán. El software desarrollado se basa principalmente en un sistema experto basado en reglas que toma en cuenta las restricciones internas y externas a la institución. Para complementar el sistema, se integraron otros módulos que coadyuvan a los procesos de toma de materias (precarga) y la inscripción.

Metodología

El enfoque de se utilizó para esta investigación fue de tipo cuantitativo por ser un proceso sistemático y ordenado que se lleva a cabo siguiendo determinados pasos [11]. Así mismo, se utiliza para probar la hipótesis con base en la medición numérica y el análisis estadístico con el fin de realizar pruebas y probar teorías [12].

Población y muestra

La población está conformada por los seis jefes de carrera que tiene que realizar la tarea de asignar horarios de todos los grupos. Como muestra se eligieron únicamente a tres jefes de carrera para poder realizar las pruebas correspondientes debido al número de grupos que se tienen que manejar. En una entrevista, los encargados explicaron todo el proceso que se realiza para poder asignar los horarios. Aunque la muestra es muy pequeña, la cantidad de grupos que tiene cada carrera es un dato muy importante para poder realizar las pruebas, así como el tiempo que se emplea para poder registrar los horarios académicos por las restricciones que se deben tomar en cuenta en cada docente.

Diseño de la investigación

El diseño que se seleccionó para la investigación es longitudinal debido a que son estudios que recaban información en diferentes puntos del tiempo para poder analizar las causas y efectos de un

fenómeno o investigación. Con este tipo de diseño se llevará a cabo las diferentes mediciones que corresponden a la variable tiempo antes (asignación de manera manual) y después de haber realizado la generación de horarios automáticos a través del sistema experto basado en reglas.

Selección de las pruebas estadísticas

Para poder seleccionar la prueba estadística, se tiene que tomar en cuenta diferentes aspectos, los objetivos de estudio, las variables, distribución y el tipo de muestra. Partiendo de los objetivos de estudio que es la comparación de dos tiempos, se seleccionó la prueba T Student para muestras relacionadas. Se utilizó el software IBM SPSS Statistics para procesar la información obtenida, interpretar los datos y finalmente, analizar si dicho sistema cuenta cumple con el objetivo principal que es reducir los tiempos a la hora de asignar los horarios académicos de manera automática.

Sistema experto basado en reglas

Un sistema experto basado en reglas es considerado como software o hardware que está conformado por una base del conocimiento y se apoya en un conjunto de reglas que permite tomar decisiones consistentes e irrepetibles a través de un motor de inferencia que obtiene conclusiones aplicando lógica a dichas reglas [13]. Los componentes básicos que conforman la arquitectura básica del sistema experto basado en reglas son: la base del conocimiento que es conformado por las reglas del tipo si - entonces (if-then) junto con los datos persistentes, mecanismo o motor de inferencia quien se encarga de utilizar diferentes estrategias de razonamiento para la toma de decisiones, base de hechos que se conforma por la información utilizada por las reglas e interfaz de usuario donde se lleva a cabo la entrada y salida de la información [14]. Un punto importante por mencionar que el módulo de explicación y el módulo de adquisición del conocimiento pueden ser componentes opcionales dentro del sistema experto.

Se puede definir a los usuarios como a los jefes de carrera, al experto como la persona que conoce todo el proceso académico así como las restricciones. En algunos casos, también se toma al jefe de carrera como experto por su conocimiento y por la experiencia que tiene en llevar a cabo el proceso de asignación de horarios. En la base de conocimientos se encuentra definidos los procesos que se deben tomar en cuenta a la hora de asignar los horarios como la hora de entrada y salida del docente, día de descanso, si es tiempo completo, si imparte clases en otra academia, si tiene clases en otra aula, si el aula esta utilizada, entre otros. El motor de inferencia será el encargado de llevar a cabo la asignación del horario tomando en cuenta todas esas restricciones desde la base de datos.

Reglas establecidas para el sistema experto

Toda la información que se debe obtener para procesar la información se encuentra almacenada en un servidor donde se encuentra SQL Server 2016 como manejador de base de datos. En la siguiente tabla se muestra el resumen de lo que hay en las tablas y sus posibles valores.

Tabla 1. Definición de objetos con sus posibles valores

Objeto	Conjunto de posibles valores
Hora de entrada	{ 07:00 – 17:00 }
Hora de salida	{ 08:00 – 18:00 }
Dia de descanso	{ 1,2,3,4,5,6 }
Hora de comida	{ 11:00 – 16:00 }
Tiempo completo	{ true, false }
Clases en otra academia	{ true, false }
Aula	{ Ocupada, Desocupada }
Tiene otra clase	{ true, false }
Horario	{ Asignado, No Asignado }
Número de horas del grupo	{ 4, 5, 6 }
No. De Horas laborales	{ 1,2,3,4,5,6,7,8 }
Máximo de horas clase por grupo	{ 1, 2, 3 }
Respetar Horarios	{ true, false}

 ISSN 2007-8102

A partir de la información presentada, se muestran las reglas que se deben el motor de inferencia para asignar los horarios

Tabla 2. Reglas definidas en el sistema experto para asignación de horarios

Regla No. 1		
Instrucción	**Expresión booleana**	**Operador**
Si	Hora de Entrada <= Hora Actual	&&
	Hora de Salida > Hora Actual	&&
	Día de Descanso ≠ Día Actual	&&
	Aula = "Desocupada"	&&
	Tiene Clase Mismo Horario = false	&&
	Hora de Comida ≠ Hora Actual	&&
	No. Horas Asignadas Grupo < Total Horas Grupo	&&
	Horas Asignadas < Max(Horas Laborales)	&&
	Número de Horas Asignadas al Grupo < Max(Horas Clase Grupo Día)	
Entonces	Horario = Asignado	

Regla	Instrucción	Expresión		Asignación
Regla 2	Si	Hora de Entrada > Hora Actual	Entonces	Horario = No Asignado
Regla 3		Hora de Salida <= Hora Actual		
Regla 4		Día de Descanso = Día Actual		
Regla 5		Aula = "Ocupada"		
Regla 6		Tiene Clase Mismo Horario = true		
Regla 7		Hora de Comida = Hora Actual		
Regla 8		No. Horas Asignadas Grupo = Total Horas Grupo		
Regla 9		Horas Asignadas >= Max(Horas Laborales)		
Regla 10		Número de Horas Asignadas al Grupo >= Max(Horas Clase Grupo Día)		
Regla 11		Tiempo Completo = true		Respetar Horario = false

Plataforma web

El sistema experto se integró en una plataforma web con el objetivo de que se ejecutara en una interfaz gráfica, así como de complementar los procesos de asignación de horario manual, asignación de un nuevo grupo, aumentar el número máximo de alumnos, ofertar una materia que no había sido considerada en la planeación y reportes sobre inscripciones. Este sistema se implementó con el IDE de Visual Studio 2019 con tipo de proyecto ASP.NET MVC, motor de vistas Razor, lenguaje de programación C# y programación del lado del cliente en algunas peticiones Ajax. Para dicha plataforma se utilizó la metodología de Diseño de Hipermedia Orientado a Objetos (O.O.H.D.M.) debido a que, después de haber sido comparada con diferentes metodologías ofrece un marco de trabajo óptimo para el desarrollo de aplicaciones web debido a que brinda optimización entre sus etapas y precisar el modelado de objetos [15]. En la siguiente figura, se describen las etapas y las actividades que se llevaron a cabo en la implementación de la metodología O.O.H.D.M.

Tabla 3 Actividades realizadas por etapa de la metodología O.O.H.D.M.

Etapa	Actividad realizada
Obtención de requerimientos	Se definieron los requerimientos funcionales y no funcionales de los procesos que complementan las actividades de inscripción (asignación manual, asignación de grupo, reportes, entre otros)
Modelo conceptual	Se representaron los procesos y las actividades de cada uno de los actores del sistema a través de diagramas UML.
Diseño navegacional	Se desarrolló la propuesta de navegación de la aplicación, así como el camino para realizar a la ejecución del sistema experto. También se tomó en cuenta los diferentes caminos para los roles de cada usuario.
Diseño de interfaz abstracta	Se diseñaron las interfaces gráficas de cada una de las páginas que el usuario va a consultar tomando en cuenta conceptos responsivos.
Implementación	Se llevó a cabo la implementación de la aplicación en un servidor web Internet Information Services (IIS) versión 10 en un sistema operativo Windows Server 2016 Datacenter Edition

Resultados y discusión

A continuación, se describen la hipótesis nula y la hipótesis alternativa:

- H_0 = el tiempo de asignación de horarios no tiene una diferencia significativa con la implementación del algoritmo que, con el proceso manual, son relativamente iguales.

- H_1 = el tiempo de asignación de horarios tiene una diferencia significativa con la implementación del sistema experto que con el proceso de asignación manual.

El software SPSS fue el que se utilizó para llevar a cabo el análisis estadístico por tratarse de un programa que lleva a cabo cálculos de estadística descriptiva, estadística inferencial, análisis multivariado y estudio psicométrico de instrumentos siendo uno de los softwares más utilizados a nivel mundial para cumplir con los objetivos planteados [16]. Para la presente investigación, se utilizó una prueba T Student de muestras relacionadas que compara las medias de dos variables de un solo grupo y contrasta si la media difiere de cero [17].

En la tabla número 4, se puede observar los datos de la carrera, el periodo, el número de grupos procesados y el tiempo que se utilizó en el proceso manual y en el proceso automático. Esta información fue procesada en el software SPSS a través de la opción Prueba T con muestras relacionadas para comparar sus medias. La tabla número 5 muestra los resultados que se obtuvieron una vez que se llevó a cabo el análisis de la información.

Tabla 4. Información sobre el número de grupos generados, así como el tiempo generado del proceso manual y el proceso automático

Carrera	Periodo	No. De Grupos	Tiempo en proceso manual (minutos)	Tiempo en proceso automático (minutos)
Carrera 1	Ago – Dic 2019	177	1440	11
Carrera 2	Ago – Dic 2019	103	840	7
Carrera 3	Ago – Dic 2019	40	240	4
Carrera 1	Ene – Jun 2020	151	1228	10
Carrera 2	Ene – Jun 2020	88	717	6
Carrera 3	Ene – Jun 2020	37	222	4

Tabla 5. Resultado de la significancia para la prueba T Student

Prueba de muestras emparejadas

		Diferencias emparejadas							
					95% de intervalo de confianza de la diferencia				
		Media	Desv. Desviación	Desv. Error promedio	Inferior	Superior	t	gl	Sig. (bilateral)
Par 1	Tiempo Antes - Tiempo Después	774.167	496.425	202.665	253.200	1295.133	3.820	5	.012

A partir de la tabla número 5, se obtienen los siguientes resultados:

- La media de ambos tiempos disminuyó levemente debido a que la diferencia entre los tiempos es muy grande.
- En la tabla de prueba de muestras emparejadas, la significancia tiene un valor del 0.012.
- Los criterios son los siguientes:
  - Si la probabilidad obtenida p-valor ≤ α se rechaza H_0 (se acepta H_1).
  - Si la probabilidad obtenida p-valor > α no se rechaza H_0 (se acepta H_0).
- Si p-valor tiene un valor de 0.012 y α es igual a 0.05, p-valor es menor por lo tanto se rechaza H_0 y se acepta H_1 donde se menciona que el tiempo de asignación de horarios tiene una diferencia significativa con la implementación del algoritmo que con el proceso manual.

Diferencia entre asignación manual y asignación automática

De acuerdo con los datos plasmados en la figura 2 se puede inferir que la implementación del sistema experto basado en reglas ha apoyado de manera significativa a los jefes de carrera del Instituto a reducir considerablemente el proceso de asignación de horarios.

 ISSN 2007-8102

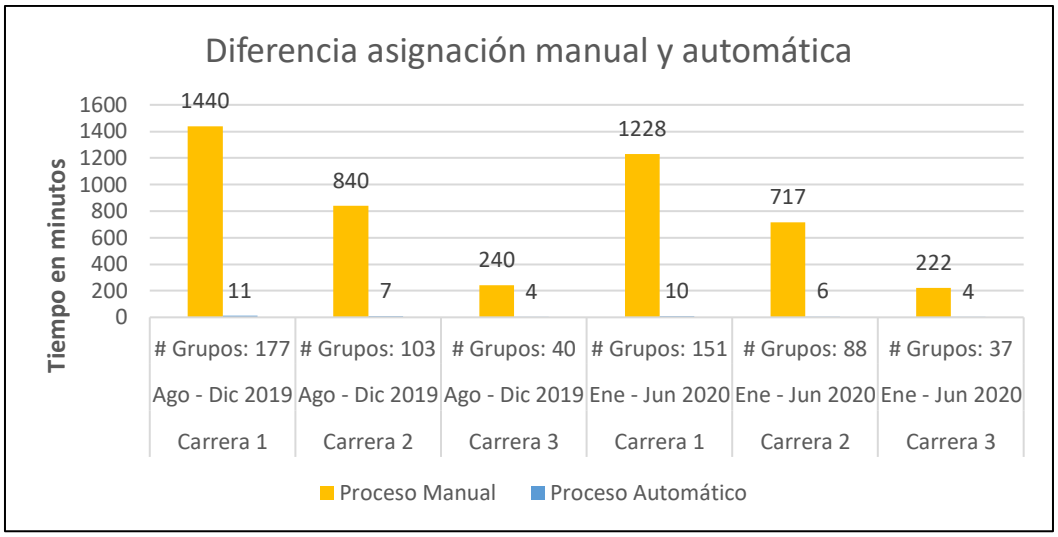


Figura 1. Resultados del tiempo de asignación antes y después de la implementación del sistema experto basado en reglas

El algoritmo se puede ejecutar las veces que sea necesaria, cada vez que se ejecute, se procederá a borrar lo que ya se asignó y realizará una nueva propuesta. Un punto importante que mencionar es que no son los horarios definitivos, tienen que ser autorizados por el departamento de Subdirección Académica para que puedan ser agregados al sistema de precarga. Así mismo, se implementaron otras funciones a la plataforma con la finalidad de atender a los alumnos y apoyar a los jefes de carrera de una manera más rápida. En la figura 3 se muestra una de las pantallas principales del sistema.

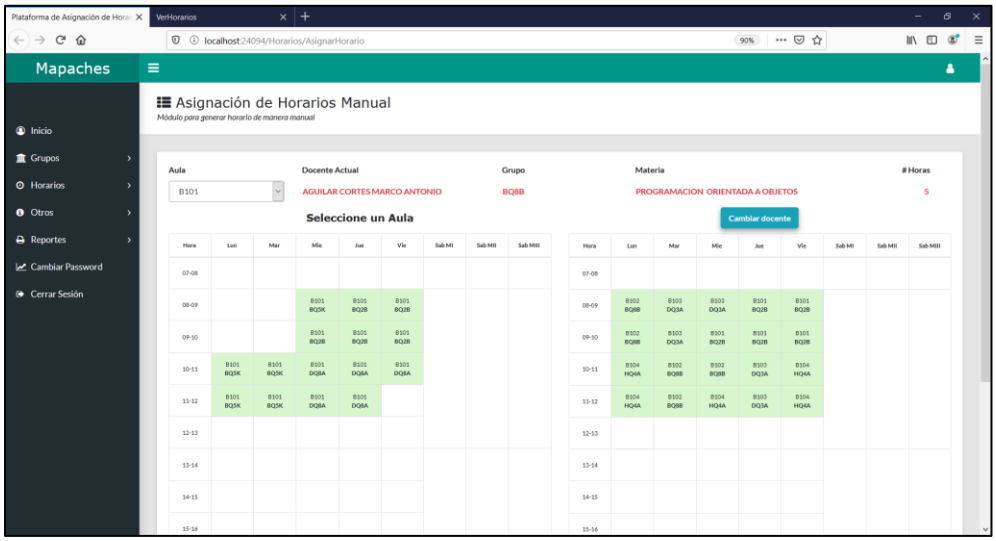


Figura 2. Consulta de horarios cuando ya se ejecutó el sistema experto.

En lo que concierne a los datos generados, el margen de error es mínimo, casi nulo debido a que la información ya se almacena directamente en la base de datos, ya no se tiene que exportar ni pasar a la base de datos de producción, solo que se almacena en una tabla temporal con la finalidad de que antes de ser copiados a la tabla de horarios, se tiene que autorizar por el Departamento de Subdirección Académica. Después de ser autorizados, se copian a la tabla de horarios. Así mismo, si se requiere hacer un cambio, ya se puede hacer de manera automática sin tener que volver a exportar el archivo y cargarlo a la base de datos, ya todo se hace de manera interna.

Con respecto a los empalmes, el algoritmo no coloca dos grupos en el mismo horario. Al principio se tarda pocos segundos en llevar a cabo la asignación de los primeros semestres, conforme se llenan los horarios, es más complicado y el asignar los horarios de los últimos semestres será más tardado. Igualmente, en la asignación manual, también se toma en cuenta los empalmes. En el sistema, se muestran dos secciones de horarios, una que muestra el horario del aula y otra donde se muestra el horario del docente para que el jefe de carrera pueda visualizar la disponibilidad de ambas partes y reducir los errores de empalmes que se puedan producir.

Trabajo a futuro

Se pretende continuar trabajando con el sistema experto para que seleccione al docente que impartirá la materia de manera automática debido a que en estos momentos también lo realiza el jefe de carrera manualmente. Se deben tomar en cuenta restricciones como el perfil, el número de veces que ha impartido las clases, si es tiempo completo, si tuvo incidencias y cuál fue el impacto, evaluación docente, entre otros. Con esta implementación, se tendría automatizado el proceso de planeación académica en un 90%.

Conclusiones

Como se puede observar, el fusionar el desarrollo de software con técnicas de inteligencia artificial puede tener como resultado soluciones que permitan automatizar procesos. Otro factor muy importante es el tiempo que se tarda en realizar esas acciones. A comparación de la mente humana, la computadora puede realizar millones de operaciones por segundo permitiendo realizar comparaciones y asignaciones más rápido que una persona. No se pretende reemplazar a las personas en su trabajo con este tipo de tecnologías, el objetivo principal es brindar apoyo para las tareas que su ejecución o su elaboración toma mucho tiempo en realizarse. Ese tiempo que se invierte en llevar a cabo la asignación de horarios académicos, se podrían realizar otro tipo de actividades haciendo más productivo la jefatura de división y agilizando otros procesos de otros departamentos involucrados. Finalmente, esta herramienta también se realizó no con el fin de beneficiar solamente al Instituto Tecnológico Superior de Teziutlán, también se pretende apoyar a las instituciones que pertenecen al Tecnológico Nacional de México, debido a que los procesos académicos son muy parecidos, así como las restricciones que se manejan para cada docente.

Referencias

[1] P. Moreno Díaz y J. Sánchez Allende, «Revisión de algoritmos de búsqueda aplicadas al problema de creación de calendario de exámenes,» *Tecnología y Desarrollo,* vol. 15, pp. pp. 1 - 32, 2017.

[2] A. M. Viloria Corro y E. M. Paz Vives, «Generación de horarios de clase mediante algoritmos evolutivos en la Universidad Cooperativa de Colombia,» *Revista Interdisciplinar de Estudios en Ciencias Básicas e Ingenierías,* vol. 3, nº 1, 2016.

[3] J. Sandoval, G. Sánchez, N. R. Castillo Valdez y S. Gómez Carpizo, «Algoritmo genético paralelo como herramienta de apoyo para la generación de horarios,» *Revista de Análisis Cuantitativos y Estadístico,* vol. 4, nº 11, pp. pp. 1 - 9, 2017.

[4] S. M. Ramírez Campos, I. V. García Pimentel, M. A. de la Cruz Guadarrama, P. V. Salas Hernández y A. L. Ramírez Jaramillo, «Determinación de horarios de clases bajo múltiples restricciones y limitaciones,» *Revista de Ingeniería Industrial,* vol. 13, nº 1, pp. pp. 1 - 12, 2019.

[5] A. Canseco González, D. Sánchez Partida, C. Zuñiga Alcaraz y E. Olivares Benitez, «Aplicación de programación lineal para la asignación de horarios en una Institución Educativa Mexicana,» *Revista Ingeniería Industrial,* vol. 15, nº 2, pp. pp. 135 - 146, 2016.

[6] G. J. M. Capetillo, D. F. Reynoso Hernández y M. Gallegos López, «Modelo de una base de conocimiento para la creación de un sistema experto para el proceso generador de horarios de maestros mediante el uso de la metodología Commonkads,» *Pistas Educativas,* nº 126, pp. pp. 58 - 65, 2017.

[7] F. López Cruz, «Una solución nasada en agentes al problema de generación de horarios,» *Ingeniería, Matemáticas y Ciencias de la Información,* vol. 2, nº 3, pp. pp. 73-85, 2015.

[8] G. A. Durán y N. Faillance, «Implementación de una heurística para la programación automática de horarios de una escuela secundaria,» *Revista Ingeniería de Sistemas,* vol. XXXIII, pp. pp. 51 - 80, 2019.

[9] D. Calle López, J. Cornejo Reyes, F. Pesántez Avilés, M. Rodas Tobar, C. Vásquez Vázquez y V. Robles Bykbaev, «Un sistema Experto basado en minería de datos y programación entera lineal para soporte en la asignación de materias y diseño de horarios en educación superior,» *Enfoque UTE,* vol. 9, nº 1, pp. pp. 102 - 117, 2018.

[10] P. Ramos Romero, L. Mendoza Rodríguez y L. Vivanco Benavides, «Diseño e implementación de un sistema informático de apoyo para la generación de horarios de docentes en Instituciones de Educación Superior,» *Revista Internacional de Investigación e Innovación Tecnológica,* vol. 6, nº 35, pp. pp. 1 -20, 2018.

[11] C. A. Monje Alvarez, Metodología de la Investigación Cuantitativa y Cualitativa, Neiva: Universidad SurColombiana, 2011.

[12] R. Hernández Sampieri, C. Fernández Collado y P. Baptista Lucio, Metodología de la Investigación, México: Mc Graw Hill, 2014.

[13] C. Ponce y B. Rojas, «Diseño de un Sistema Experto Difuso para la Determinación de la Densidad de Corriente en una Planta de Cromado,» *Información Tecnológica,* vol. 3, nº 2, pp. 157 - 170, 2019.

[14] M. E. Cabello Espinoza, Arquitectura de pizarrón de un sistema experto ilustrada con el diagnóstico médico, Colima: Universidad de Colima, 2018.

[15] J. R. Molina Ríos, M. P. Zea Ordóñez, M. J. Contento Segarra y F. G. García Zerda, «Comparación de metodologías en aplicaciones web,» *3C TECNOLOGÍA. Glosas de innovación aplicadas a la pyme,* vol. 7, nº 1, pp. 1 - 19, 2018.

[16] J. L. Rivadeneira Pacheco, A. I. De la Hoz Suárez y M. V. Barrera Argüello, «Análisis general del spss y su utilidad en la estadística,» *E-IDEA Journal of Business Sciences,* vol. 2, nº 4, pp. 17 - 25, 2020.

[17] IBM®, «Prueba T de muestras emparejadas,» [En línea]. Available: https://www.ibm.com/support/knowledgecenter/es/SSLVMB_sub/statistics_mainhelp_ddita/spss/base/idh_ttpr.html. [Último acceso: 11 Septiembre 2020].

Detección automatizada de emociones a través del rostro, una revisión del estado del arte

Quetzalli Abigail Pinzón Montes[1], Saul Lazcano Salas[2], Héctor Rafael Orozco Aguirre[2], Maricela Quintana López[2]
Centro universitario UAEM valle de México, Boulevard Universitario S/N Valle Escondido, Río San Javier, 54500 Cd López Mateos, México.
isc-ing.qapm@outlook.com[1] {slazcanos, hrorozcoa, mquintanal}@uaemex.mx[2]

***Área de participación**: Sistemas Computacionales*

Resumen

En el presente trabajo, se muestra un compendio de las características más destacadas de los sistemas y algoritmos que permiten el reconocimiento automatizado de emociones de una persona a través del análisis del rostro. En primera instancia, se exponen las técnicas y algoritmos para la detección del rostro, posteriormente se realiza la revisión del estado del arte de los algoritmos de mayor relevancia para el reconocimiento de emociones a partir del estudio de la expresión facial, con el propósito de ofrecer información de utilidad a los lectores interesados en el tema.

***Palabras clave**: Detección de rostro, reconocimiento automático de emociones, reconocimiento de patrones.*

Abstract

In this work we show a compendium of the most outstanding characteristics of the algorithms and systems that allow the automated recognition of a person's emotions through the analysis of the face, in the first instance the techniques and algorithms for face detection are exposed, later, we carried out a literature review of the most relevant algorithms for the recognition of emotions from the study of facial expression, with the purpose of offering useful information to readers interested in the subject.

***Key words**: Automatic emotion recognition, face detection, pattern recognition.*

Introducción

Las emociones y su expresión son parte inherente al comportamiento humano y, por ende, presentes en todas las facetas de su vida. Las emociones afectan de manera directa la forma en que nos comunicamos e interactuamos; conocerlas puede marcar la diferencia para lograr un proceso de comunicación exitoso con los demás. Las emociones pueden expresarse a través del: rostro, la voz, el lenguaje corporal en general, por citar algunos. Si se analizan con atención algunas alteraciones en parámetros biométricos, es posible identificar la emoción dominante de una persona en un determinado momento; esta idea es la base sobre la cual se centran los llamados sistemas automatizados de identificación de emociones. En este trabajo se presenta un resumen de los algoritmos más usados para el reconocimiento automatizado de emociones (RAE), enfocándose de manera particular en aquellos orientados a la identificación de emociones a partir del rostro.

Antecedentes

El reconocimiento de emociones es un área de trabajo en donde convergen las neurociencias, la psicología, el reconocimiento de patrones, entre otras áreas del conocimiento; conlleva tareas como la adquisición y lectura a la interpretación de señales biométricas, culminando con la automatización del proceso en conjunto. Existen diferentes parámetros biométricos que sirven como base para el análisis e interpretación automatizada de emociones, tales como: el rostro, la voz, el pulso, entre

otros; cada uno de ellos con ventajas y desventajas; sin embargo, el rostro es uno de los más analizados y estudiados [1].

Uno de los trabajos más importantes al respecto lo realizó el psicólogo Paul Ekman en 1970, plasmado en el trabajo: “Universal Facial Expressions of Emotions” [2], en el cual retoma la idea darwiniana de la universalidad de la expresión de las emociones en el ser humano y propone que las emociones en el ser humano son una mezcla de siete emociones básicas (enojo, disgusto, miedo, alegría, tristeza, sorpresa y desagrado); a partir de ello genera un esquema de validez universal de reconocimiento de emociones por medio de patrones en el rostro humano, mejor conocido por las siglas FACS (Facial Action Coding System) [3].

El trabajo de Paul Ekman [2,3] en conjunto con la idea de universalidad de expresión de las emociones en el rostro humano, son la base para la construcción de diversos sistemas de reconocimiento de emociones, entre los que destacan: Affectiva [4], Face Reader [5], otros de código abierto como Emotion detection [6] y diversos servicios en la nube, tales como Face, servicio de inteligencia artificial (IA) dentro de la plataforma Microsoft Azure [7], la herramienta de reconocimiento visual de IBM Watson [8], el servicio de Amazon Rekognition [9] o el servicio de Google Vision [10] por citar algunos. Cabe destacar que la mayoría de los sistemas antes mencionados hacen uso de herramientas de IA para realizar análisis complejos de imágenes en general y de rostros en particular.

El RAE a través del rostro puede verse como un problema que puede ser abordado en dos etapas:
Etapa 1: detección y segmentado del rostro a partir de la imagen inicial, limpieza y ajuste de imagen del rostro (estandarizado de dimensiones, de contrastes, etc.)
Etapa 2: extracción de características del rostro, análisis y clasificación de las emociones presentes.
Esta división de tareas se muestra en la figura 1.

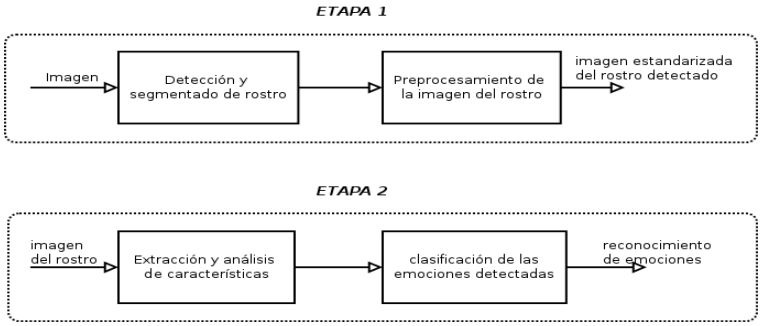


Figura 1. Diagrama sintetizado de las etapas del reconocimiento automatizado de emociones

Algoritmos para la detección de rostros

La detección de rostros dentro de imágenes se considerada el punto de partida para un sinfín de aplicaciones, incluyendo aquellas enfocadas a la interacción hombre-máquina y de visión computarizada. Este aspecto, no es un área nueva, en la década de los 90’s se publicaron una amplia variedad de algoritmos y aplicaciones siguiendo dicha vertiente; el trabajo realizado por [11] realiza una excelente revisión sobre trabajos relacionados en dicha década y propone una división de los algoritmos en 4 categorías generales:

- Basados en conocimiento: teniendo como base lo que los seres humanos consideramos como una cara; estos métodos identifican relaciones entre características del rostro.
- Aproximaciones basadas en características invariantes: se enfocan en identificar características estructurales que no varían a pesar de cambios en las imágenes, como iluminación, ángulo o similares.
- Basados en comparación de plantillas: guarda diversas plantillas de rostros y sus características; posteriormente calcula la correlación de la imagen bajo análisis con cada una de las plantillas existentes para efectos de detección.

- Basados en apariencia: a diferencia del conjunto anterior, estos algoritmos construyen las plantillas de las características de un rostro a partir de un conjunto de imágenes de prueba; para ser empleadas en la detección de rostros en otro conjunto de imágenes.

De toda la gama de algoritmos, destacan las máquinas de soporte vectorial (SVM, por sus siglas en inglés), pertenecientes a la categoría de aprendizaje supervisado [12], LBP (patrones binarios locales) [13], operador enfocado a la clasificación en imágenes y texturas. Estos algoritmos son actualmente empleados para la detección de rostros en imágenes, sin embargo, aunque tienen alta efectividad en la detección de un solo rostro, cuando se trata de detección de múltiples rostros su precisión disminuye.

Otro importante algoritmo data de finales de los 90's presentado en el año 2001 y finalmente publicado en el 2004; Paul Viola y Michael Jones desarrollaron un algoritmo conocido como Viola-Jones [14], el cual se considera el primer método con altos resultados en la detección de objetos especialmente en la detección de rostros y una tasa muy baja en falsos positivos, por ello es uno de los algoritmos más robustos y mayor utilizado en el procedimiento de detección facial en imágenes.

Posteriormente se han creado algoritmos como FaceTraker [15], que actualmente es una biblioteca en C++ para el seguimiento de rostros que trabaja bajo la biblioteca Open Computer Vision 2 [16]; el proceso se divide en etapas, detectando la cara en la foto haciendo uso de un detector Haar y posteriormente realizando el ajuste de los puntos con una técnica llamada ASM (Active Shape Model) repitiendo hasta conseguir un resultado óptimo [17].

De igual manera, existen trabajos que proponen mejoras a algoritmos ya existentes, como es el caso de SE-IYOLOV3 y el algoritmo YOLO-face, los cuales se proponen como mejora al algoritmo YOLOv3 [18] la última versión oficial del algoritmo YOLO (You Only Look Once) [19], dichos algoritmos se categorizan como detector de una etapa y se enfocan en detección de objetos en tiempo real, superando a otros algoritmos por un amplio margen de velocidad, sin embargo cuentan con una limitante al momento de detectar objetos de pequeñas dimensiones, tales como rostros de personas. De este modo, el algoritmo SE-IYOLOV3 propone la combinación de tecnología de nicho sobre un algoritmo k-means, haciendo uso de la estructura SENet, obteniendo como resultado el aumento en 5 veces la predicción sobre el algoritmo YOLOv3, dando un resultado de predicción del 92.3% con una velocidad de 460ms, los autores mencionan que es posible trabajar en la reducción de parámetros y capas de red para mejorar la velocidad de detección [20]. Por otra parte, el algoritmo YOLO-face se enfoca en resolver los problemas en las versiones anteriores del algoritmo YOLO; los autores plantean un detector de rostros manteniendo la alta velocidad de detección probando su efectividad con los conjuntos de datos WIDER FACE y FDDB dando resultados atractivos [21].

Actualmente la mayoría de algoritmos enfocados a la detección de objetos, especialmente la detección facial hacen uso de la biblioteca OpenCV; librería multiplataforma de código abierto optimizada de visión artificial que puede ser utilizada con diferentes lenguajes de programación como Python, Java, C++, por mencionar algunos [16], el cual implementó el algoritmo Viola-Jones, por las ventajas que este conlleva, tal como la eficiencia en la selección de características por medio del uso de filtros Haar.

Del mismo modo, diferentes trabajos plantean el uso de Redes Neuronales para la detección facial, uno de ellos es "Neural Network-Based Face Detection" [22], donde se muestra dificultad al realizar la clasificación entre imágenes que contienen caras y las que no, una limitante es que únicamente detecta rostros de manera frontal y propone que las imágenes de entrada tengan un pre-procesamiento con técnicas de normalización, esto con el fin de mejorar el rendimiento de la Red Neuronal.

Un notable trabajo que emplea una técnica híbrida es el presentado en [23], en el cual los autores presentan un algoritmo enfocado a sistemas de video vigilancia. Como etapa inicial, se realiza la detección de regiones candidatas mediante un clasificador Haar. Esta primera búsqueda es refinada mediante un algoritmo conocido como "single shot multibox detector". Esta combinación genera

 ISSN 2007-8102

buenos resultados en la detección de rostros, comparables con algoritmos como Viola-Jones y similares, pero con una complejidad computacional menor.

Algoritmos para el reconocimiento automatizado de emociones

Para llevar a cabo el proceso de clasificación, existen dos métodos generales: supervisados y no supervisados, en el caso de las emociones, las categorías se definen mediante las características de los individuos que se desean detectar, es por ello que se utilizan técnicas de clasificación supervisada ya que es necesario conocer a priori el conjunto de clases y considerar un clasificador diseñado en dos etapas básicas: fase de entrenamiento y fase de validación [24], dicho proceso se puede observar en la figura 2.

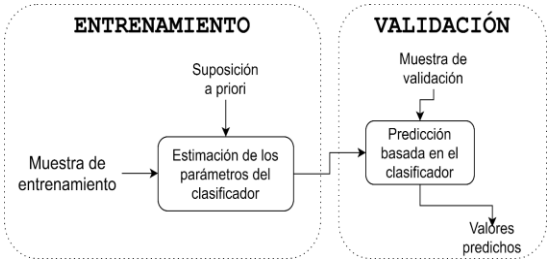


Figura 2. Proceso de aprendizaje

Dentro de los algoritmos para el reconocimiento de emociones se consideran técnicas como SVM, árboles de decisiones, redes bayesianas, algoritmos de votación, modelos ocultos de Markov y redes neuronales artificiales, es decir, se consideran en general, los algoritmos de reconocimiento de patrones, tanto los llamados clásicos como aquellos basados en IA. En la actualidad, existen propuestas y algoritmos enfocados al RAE, la Tabla 1 realiza una síntesis de trabajos relacionados a la detección de emociones de forma automatizada, proporcionando información relevante tal como la base en la que radica el algoritmo propuesto y sus principales características, entre las que se encuentran la biometría analizada, las emociones identificadas, el conjunto de datos utilizado, los porcentajes de exactitud que proporcionan los autores en sus estudios y comentarios adicionales de interés para el investigador. Cabe mencionar que los datos expuestos en dicha tabla son con base en la información que proveen los autores de cada trabajo citado; en los casos en la tabla donde se muestra la leyenda “no especificado”, corresponde a que los autores del correspondiente trabajo no hacen referencia al respecto.

Ref.	Biometría analizada	Base del algoritmo propuesto o empleado	Emociones identificadas	Conjunto de datos utilizado	% de exactitud	Comentario adicional
[25]	Facial	Red neuronal entrenada por retropropagación	6 (básicas de Ekman) Enfado, disgusto, miedo, felicidad, tristeza, sorpresa	2 - Base de datos de imágenes propia - Base de datos Cohn Kanade (CK)	75% en la base de datos propia 84% en la base de datos CK	Se enfoca en las regiones de ojos y boca
[26]	Corporal y facial	Sensores conectados a Arduino	0	No especificado	No especificado	Emplea algoritmos de reconocimiento de patrones clásicos.
[27]	Facial	Red profunda convolucional	7 (6 de Ekman mas neutral)	7 - CMU MultiPIE -MMI - Base de datos Cohn Kanade extendida (CK+) - Denver Intensity of Spontaneous Facial Actions DISFA - FERA - Static Facial Expressions in the Wild SFEW - Facial Expression	Los porcentajes en orden de aparición del conjunto de datos - 94.7% - 77.9% - 93.2% - 55.0% - 76.7% - 47.7% - 66.4%	Muestra una nueva arquitectura de red profunda, que consta de 2 capas convolucionales cada una seguida de la agrupación máxima y luego de cuatro capas de inicio

				Recognition 2013 FER2013		
[28]	Facial	Redes neuronales	5 emociones - Felicidad - Tristeza - Confusión - Perturbación - Sorpresa	Conjunto de datos Cohn Kanade (CK)	>70%	En trabajos futuros propone trabajar con más emociones
[29]	Texto	Ensamble de clasificadores	6 (básicas de Ekman) Modelo bidireccional de Russell (Emociones básicas en términos de polaridad positivas o negativas)	WordNet	90%	Analiza textos de frases y su estructura
[30]	Ondas cerebrales	SVM	2 - Sorpresa - Enfado (ira)	Conjunto de datos DEAP	No especificado	Se realiza por medio de encefalogramas
[31]	Facial	Redes neuronales convolutivas / Deep Learning	7 emociones (6 básicas de Ekman y neutral) 3 clasificaciones Positiva, negativa y neutral	Creación propia con imágenes extraídas de video	50% con 7 emociones 72.3% con positivo y negativo	Analiza 7 emociones en dispositivos móviles
[32]	Facial	Redes neuronales convolutivas y redes neuronales recurrentes	7 (6 básicas de Ekman y neutral)	Conjuntos de datos JAFFE y MMI	94.41% en JAFFE y 92.07% en MMI	El algoritmo se ejecuta en la nube
[33]	Facial	Autoencoders dispersos profundos	7 y 8 emociones entre ellas: - Enfado (ira) - Desprecio - Disgusto -Miedo - Felicidad -Tristeza - Sorpresa - Neutral	CK+ (Cohn Kanade Extended)	95.79% (7 emociones) 89.84% (8 emociones)	Propone aprendizaje profundo en trabajos futuros
[34]	Facial	Redes neuronales	7 (6 emociones básicas de Ekman y neutral)	Base de Datos Cohn Kanade Extendida (CK+)	Efectividad promedio del 95.8% con 30 capas ocultas	Muestra los métodos con mayor uso: SVM, redes neuronales convolutivas y de tipo back propagation
[35]	Facial	Máquinas de soporte vectorial	6 emociones básicas de Ekman	CK, CK+ y otras de menor popularidad como JAFFE, MMI, BP4D	No especificado	Utiliza otros métodos como perceptrón multicapa, CNN y agrupamientos difusos con menor precisión
[36]	Facial	Redes neuronales convolutivas profundas	6 emociones básicas de Ekman	CK y BU-4DFE	95.4% y 77.4% en cada base	2 etapas, en entornos E-Learning
[37]	Facial	Deep Learning	6 emociones básicas de Ekman	Conjunto de datos FER-2013	73.90%	Incluye dos fases importantes, la primera entrena un modelo profundo para reconocer expresiones faciales básicas, en el segundo el modelo es aplicado para inicializar los pesos del modelo.
[38]	Facial	Redes neuronales convolutivas	3 expresiones - Satisfecho - Neutral - Decepcionado	No especificado	No especificado	Compuesto por una aplicación móvil Android, un servidor web y un servidor de IA previamente entrenado.
[39]	Facial	Deep Learning	7 (6 emociones básicas de Ekman y neutral)	2 conjuntos de datos - JAFFE - FER-2013	70.14% en FER 98.65% en JAFFE	Utiliza la biblioteca Keras para el aprendizaje profundo, así mismo aplica CNN

						El conjunto de datos FER muestra emociones naturales (difíciles de interpretar) y JAFFE emociones planteadas (limpias)
[40]	Facial	Aprendizaje automático de vectores de soporte	7 (6 emociones básicas de Ekman y neutral)	Base de datos Cohn Kanade Extended (CK+) añadiendo datos de asiáticos y filipinos	87.14%	Integración en el robot NAO, haciendo uso de visión por computadora, clasificador Haarcascade, histograma de gradiente orientado y patrón binario local
[41]	Facial	Algoritmo Viola-Jones y PCA	4 emociones - Felicidad - Neutral - Tristeza - Sorpresa	No especificado	70.4%	Elige la canción a reproducir dependiendo de las expresiones faciales de los usuarios

Tabla 1. Principales algoritmos enfocados al reconocimiento automático de emociones

Conclusiones

En este trabajo se realizó una revisión exhaustiva del estado del arte en el reconocimiento de emociones dividido en dos partes: la primera con trabajos enfocados en los métodos de procesamiento digital de imágenes dirigido a la detección de rostros, en la cual se observan diferentes perspectivas y puntos de vista. Es una línea de trabajo que tuvo un fuerte despunte en la década de los 90´s y que actualmente se sigue innovando, por una parte, con herramientas basadas en IA de gran poder, tales como el aprendizaje profundo y por otra, algoritmos híbridos (redes neuronales y algoritmos tradicionales de detección de patrones) los cuales, en conjunto, proporcionan una tasa de éxito notable con una complejidad computacional menor comparada con técnicas de aprendizaje profundo.

La segunda parte se enfoca en los algoritmos de RAE, los cuales han encontrado una veta de trabajo importante en aplicaciones que van desde sistemas de alertas de cansancio para choferes y conductores hasta sistemas que permiten generar una respuesta empática ante un determinado estado de ánimo del interlocutor. Todos ellos tienen como principal característica realizar el proceso de lectura e interpretación del rostro como un proceso de 2 etapas: detección del rostro y la lectura e interpretación de patrones en el mismo.

Actualmente se realizan ambas fases (detección de rostro y reconocimiento de patrones en el mismo) en un solo paso, empleando herramientas como aprendizaje profundo (deep learning), utilizando redes neuronales de numerosas capas. Sin embargo, cuando la tarea a desarrollar es sencilla, emplear una herramienta robusta puede no ser una opción recomendable desde la perspectiva de complejidad computacional contra complejidad de la tarea a ser desarrollada.

Es importante destacar que el porcentaje de exactitud de los algoritmos puede variar al hacer uso de diferentes conjuntos de datos para su entrenamiento.

Discusión y trabajo a futuro

Como se mencionó anteriormente en la actualidad es común encontrar trabajos dirigidos al reconocimiento de emociones que hacen uso de la técnica de aprendizaje profundo, sin embargo, es recomendable delimitar de manera correcta el problema de estudio, para de este modo elegir la herramienta que permita una tasa de éxito adecuada (en función del problema mismo) y una complejidad computacional aceptable. Este estudio puede ser extendido en diferentes líneas como, por ejemplo, análisis comparativo de la complejidad computacional en la implementación de algoritmos, implementación de esquemas de RAE en los cuales, las emociones de interés sean detectadas de forma particular, como en un ambiente educativo en el cual, las emociones de interés sean aquellas que permitan detectar aburrimiento, o en un ámbito laboral, donde las emociones a ser detectadas permitan una detección de posibles niveles de estrés, cansancio o fastidio, por citar

algunos ejemplos. Sistemas como los anteriores pueden ser herramientas de gran interés e importancia para la sociedad, es por ello que los trabajos en esta área se pueden ampliar para de este modo tener mayor información e investigaciones relacionadas, que puedan ser empleadas como punto de partida en la construcción de sistemas vinculados al RAE.

Referencias

[1] O. Castañeda y M. García, "Análisis y propuesta de selección de rasgos para el Reconocimiento de Expresiones Faciales", *Revista Cubana de Ciencias Informáticas*, pag. 45-62, 2015.
[2] P. Ekman, "Universal Facial Expressions of Emotions", *California Mental Health Research Digest,* 1970.
[3] Paul Ekman Group, (2019). [Internet]. Disponible en https://www.paulekman.com.
[4] Affectiva, (2019, nov. 8). "Home Affectiva: Affectiva". [Internet]. Disponible en https://www.affectiva.com/
[5] Noldus Information Technology, (2020) "FaceReader*"*. [Internet]. Disponible en https://www.noldus.com/facereader.
[6] O. Ayman, (2020, mayo. 28)- "Emotion recognition*"*. [Internet]. Disponible en https://github.com/omar178/Emotion-recognition.
[7] Microsoft Corporation, (2020, mayo. 28) "Microsoft Azure". [Internet]. Disponible en https://azure.microsoft.com/es-mx/services/cognitive-services/face/#overview
[8] International Business Machines Corporation, (s.f). "*Watson Visual Recognition"* [Internet]. Disponible en https://www.ibm.com/mx-es/cloud/watson-visual-recognition
[9] Amazon Web Services, Inc. (2020, mayo. 28). "Amazon Rekognition". [Internet]. Disponible en https://www.ibm.com/mx-es/cloud/watson-visual-recognition
[10] Google, LLC. (2020, mayo. 28). "Vision AI". [Internet]. Disponible en https://cloud.google.com/vision/overview/docs/get-started?hl=es
[11] D. J. Ming-Hsuan Yang, "Detecting faces in images: a survey", *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, pp. 34-58, 2002. doi: 10.1109/34.982883
[12] V. Vapnik, "The Nature of Statistical Learning Theory", New York: Springer-Verlag, 1995.
[13] T. Ojala, P. Matti y D. Harwood, "A Comparative Study of Texture Measures," *Pattern Recognition*, 51-59, 1996.
[14] P. Viola y M, Jones, "Robust Real-Time Object Detection", *International Journal of Computer Vision, 57*, 137-154, 2004. doi: https://doi.org/10.1023/B:VISI.0000013087.49260.fb
[15] J. Saragih, S. Lucey, y J. F. Cohn, "Face Alignment through Subspace Constrained Mean-Shifts", *International Conference of Computer Vision (ICCV),* 2009.
[16] OpenCV (2020, mar. 1). [Internet]. Dispnible en https://opencv.org/
[17] M. Canteras, "Detector de emociones mediante análisis de fotografías", *Trabajo final de Máster*. Cataluña, 2016.
[18] J. Redmon y A. Farhadi, "YOLOv3: An Incremental Improvement," 2018. *arXiv:1804.02767*
[19] J. Redmon, S. Divvala, R. Girshick, y A. Farhadi, "You Only Look Once: Unified, Real-Time Object Detection", *IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*, pp. 779-788, 2016.
[20] D. Zhenrong, Y. Rui, L. Rushi, L. Zhenbing y L. Xiaonan, "SE-IYOLOV3: An Accurate Small Scale Face Detector", *mathematics*, 2020.
[21] W. Chen, H. Huang, S. Peng, Z. Changsheng, y Z. Cuiping, "YOLO-face: a real-time face detector", *The Visual Computer*, 2020.
[22] H. Rowley, S. Baluja, y T. Kanade, "Neural network-based face detection", *Proceedings CVPR IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*, pp. 203-208, 1996. doi:10.1109/CVPR.1996.517075
[23] T. T. Thai y D. T. Nguyen, "Face Detection Method in Surveillance Systems Using Haar Feature and Deep Neural Network", *6th NAFOSTED Conference on Information and Computer Science (NICS)*, pp. 434-438, 2019. doi:10.1109/NICS48868.2019.9023868
[24] I. De Diego, Á. Serrano, C. Code, y E. Cabello, "Técnicas de Reconocimiento Automático de Emociones", *Teoría de la educación. Educación y cultura en la sociedad de la*

información, 2016. [Internet]. Disponible en https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=201017296007

[25] J. G. Rázuri, D. Sundgren, R. Rahmani y A. Moran Cardenas, “Automatic Emotion Recognition through Facial Expression Analysis in Merged Images Based on an Artificial Neural Network”, *2013 12th Mexican International Conference on Artificial Intelligence (MICAI),* pp. 85-96, 2013.

[26] Y. You, T. Tang y Y. Wang, “When arduino meets kinect: an intelligent ambient home entertainment Environment”, *6th IEEE International Conference on Intelligent Human-Machine Systems and Cybernetics (IHMSC 2014)*, pp. 150-153, 2014.

[27] A. Mollahosseini, D. Chan y M. H. Mahoor, “Going deeper in facial expression”, *2016 IEEE winter conference on applications of computer vision (wacv)*, pp. 1-10, 2016.

[28] A. Al-Alwani, “2Mood Extraction Using Facial Features to Improve Learning Curves of Students in E-Learning Systems”, *(IJACSA) International Journal of Advanced Computer Science and Applications*, pp. 444-453, 2016.

[29] I. Perikos y I. Ioannis Hatzilygeroudis, “Recognizing emotions in text using ensemble of classifiers”, *Engineering Applications of Artificial Intelligence,* vol. 51, pp. 191-201, 2016. doi: https://doi.org/10.1016/j.engappai.2016.01.012

[30] P. Ackermann, C. Kohlschein, J. A. Bitsch, K. Wehrle y S. Jeschke, “EEG-based Automatic Emotion Recognition: Feature Extraction, Selection and Classification”, *2016 IEEE 18th International Conference on e-Health Networking, Applications and Services (Healthcom)*, 2016.

[31] H. Lee y K. Hong, “A study on emotion recognition method and its application”, *2017 international conference on information and communication technology convergence* (ictc), pp. 370-372, 2017.

[32] N. Jain, S. Kumar, A. Kumar, P. Shamsolmoali y M. Zareapoor, “Hybrid deep neural networks for face emotion recognition”, *Pattern Recognition Letters*, [s. l.], v. 115, pp. 101-106, 2018.

[33] N. Zeng, H. Zhang, B. Song, W. Liu, Y. Li y A. M. M. Dobaie, “Facial expression recognition via learning deep sparse autoencoders”, *Neurocomputing* 273, pp. 643-649, 2018.

[34] D. Ramos, "Detección automática de puntos faciales," Tesis de Licenciatura, Universidad Militar Nueva Granada, Bogotá, Colombia, 2018.

[35] L. Yanti y B. T., “Review of Automatic Emotion Recognition Through Facial Expression Analysis”, *2018 International Conference on Electrical Engineering and Computer Science (ICECOS)*, 2018.

[36] J. Chen, Y. Lv, R. Xu y X. Can, “Automatic social signal analysis: Facial expression recognition using difference convolution neural network”, *Journal of Paralell and Distributed Computing*, vol. 131, septiembre 2019.

[37] O.M. Nezami, et al., “Automatic Recognition of Student Engagement Using Deep Learning and Facial Expression”, *Machine Learning and Knowledge Discovery in Databases* Springer International Publishing. pp. 273--289, 2020. isbn: 978-3-030-46133-1

[38] W. Chang, *et al*., "A Deep Learning Facial Expression Recognition based Scoring System for Restaurants", *2019 International Conference on Artificial Intelligence in Information and Communication (ICAIIC)*, Okinawa, Japón, 2019, pp. 251-254, 2019. doi: 10.1109/ICAIIC.2019.8668998.

[39] A. Jaiswal, A. Krishnama Raju y S. Deb, "Facial Emotion Detection Using Deep Learning", *2020 International Conference for Emerging Technology (INCET)*, Belgaum, India, pp. 1-5 2020. doi: 10.1109/INCET49848.2020.9154121

[40] S. J. Rosula Reyes, K. M. Depano, A. M. A. Velasco, J. C. T. Kwong y C. M. Oppus, "Face Detection and Recognition of the Seven Emotions via Facial Expression: Integration of Machine Learning Algorithm into the NAO Robot," *2020 5th International Conference on Control and Robotics Engineering (ICCRE)*, Osaka, Japón, pp. 25-29, 2020. doi: 10.1109/ICCRE49379.2020.9096267

[41] A. Alrihaili, A. Alsaedi, K. Albalawi y L. Syed, "Music Recommender System for Users Based on Emotion Detection through Facial Features," *2019 12th International Conference on Developments in eSystems Engineering (DeSE)*, Kazan, Russia, pp. 1014-1019, 2019. doi: 10.1109/DeSE.2019.00188

PREDICCION DE OXIGENO DISUELTO EN CULTIVOS ACUICOLAS POR MEDIO DE REDES NEURONALES ARTIFICIALES

J. R. Navarro Ruiz, N. García-Díaz, J. A. Verduzco, J. García Virgen, A. C. Ruiz Tadeo*
División de Estudios de Posgrado e Investigación, Tecnológico Nacional de México campus Colima, Av. Tecnológico No. 1, C.P. 28976, Villa de Álvarez, Colima.
*g1946022@colima.tecnm.mx, ngarcia@colima.tecnm.mx, averduzco@colima.tecnm.mx, jgarcia@colima.tecnm.mx, aruiz@colima.tecnm.mx
***Área de participación**: Sistemas Computacionales*

Resumen

El cultivo de tilapia ha ido creciendo hasta convertirse en una de las actividades acuícolas más importantes en el mundo, en México se cultiva en 31 estados, Colima tiene granjas de crianza en sus 10 municipios. El agua que se utiliza en los cultivos debe contener ciertos parámetros de calidad para el crecimiento y desarrollo de las tilapias, los principales parámetros son: oxígeno disuelto (OD), conductividad y pH, siendo el OD quien afecta directamente el desarrollo y salud del cultivo, por ello es importante mantener ese parámetro controlado. El objetivo de este trabajo es desarrollar un modelo de red neuronal feed forward para predecir el OD, utilizando las variables de entrada conductividad y pH. Este modelo permite contribuir con la disminución de la mortalidad y mayor crecimiento de las tilapias mejorando su producción.

Palabras Clave: Oxígeno Disuelto, Redes Neuronales, Predicción, Tilapia

Abstract

The cultivation of tilapia has grown to become one of the most important aquaculture activities in the world, in Mexico it is grown in 31 states, Colima has breeding farms in its 10 municipalities. The water used in the crops must contain certain quality parameters for the growth and development of the tilapia, the main parameters are: dissolved oxygen (DO), conductivity and pH, being the DO that directly affects the development and health of the crop Therefore, it is important to keep this parameter under control. The objective of this work is to develop a feed forward neural network model to predict DO, using the input variables conductivity and pH. This model makes it possible to contribute to the decrease in mortality and greater growth of tilapia, improving their production.

Key Words: Dissolved Oxygen, Neural Networks, Prediction, Tilapia

Introducción

La acuicultura es una actividad que se ha desempeñado con mucho éxito en los últimos tiempos, está se encarga de la producción controlada de organismos acuáticos por medio de diferentes técnicas de crianza. La Organización de las Naciones Unidas para la alimentación y agricultura (FAO) dice que se cultivan diversas especies de tilapia a nivel comercial, pero la tilapia del Nilo es la predominante mundialmente (FAO, 2009). En México es una de las principales especies producidas en granjas acuícolas de acuerdo con Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA) existen 9230 granjas acuícolas en el país. Debido a lo anterior México se posiciona en noveno lugar a nivel mundial en producción de tilapia y entre los principales consumidores de este producto (Comisión Nacional de Acuacultura y Pesca, 2017). Por otra parte, Colima registró en el año 2015 una producción de 788 toneladas en sistemas controlados y pesquerías acuaculturales, esto generó una derrama económica de 14.5 millones de pesos en la región (Comisión Nacional de Acuacultura y Pesca, 2016).

 ISSN 2007-8102

Oxígeno Disuelto (OD) para una buena calidad de cultivo

Los parámetros fisicoquímicos son quienes determinan la calidad del agua en los estanques de cultivo de tilapia, entre los más importantes se encuentran: oxígeno, pH, conductividad, temperatura, entre otros, destacando de entre ellos el OD, este se encuentra disuelto en el agua en forma de gas y es fundamental para la vida de los peces (Gutierres S., Figueredo, & Spotorno, 2020). De acuerdo con el manual de cultivo de tilapia se menciona que a menor concentración de oxígeno el consumo de alimento se reduce, por lo que afecta el crecimiento de los peces (Saavedra Martínez, 2006). Los niveles aceptables de OD deben ser mayores a 5 mg/l, ya que niveles inferiores pueden presentar lento crecimiento, incluso un alto índice de mortalidad en el cultivo. En la tabla 1 se describen los niveles de los parámetros principales.

Tabla 1. Parámetros fisicoquímicos ideales para cultivo de tilapia (Instituto Nacional de Pesca, 2018).

PARAMETRO	OPTIMO	LIMITES
Temperatura	24 ºC-29 ºC	< 22 < 32ºC
OD	< 5 mg/l	> 3 mg/l
pH	7.5	< 6.5 -≦ 8.5
CO2	< 30	< 50
Amonio	0.1	< 0.1 mg/l
Nitritos	4.6	< 5 mg/l
Salinidad	< 20*	< 20
Turbidez	25	< 30

Recolección de datos

Con el fin de probar el modelo, se recolectaron los parámetros mediante un grupo de sensores puestos directamente en el nacimiento de agua, la cual corre hasta los estanques para que estos sean llenados dentro del parque ecoturístico el Cahuite, ubicado en la comunidad de Acatitán, Colima, México. Para este primer estudio solo se incluyeron los 59 registros obtenidos mediante un censado de los datos por cada 10 minutos en el intervalo de las 8:15 a las 17:55 horas; Estos 59 registros fueron utilizados como el conjunto de datos, el cual incluye las variables OXÍGENO DISUELTO (mg/L), pH, CONDUCTIVIDAD (µS/cm), SÓLIDOS DISUELTOS (ppm) y TEMPERATURA (°C). En la figura 1 se ilustra la ubicación de los cultivos de tilapia.

 ISSN 2007-8102



Figura1. ubicación parque ecoturístico el Cahuite

Trabajos relacionados

En la actualidad la Inteligencia Artificial (IA) está dando solución a muchos problemas en el sector acuícola, la IA crece con un ritmo significativo abriendo camino a nuevas investigaciones con la finalidad de desarrollar nuevas tecnologías que brinden beneficios a la industria, en el trabajo realizado por (Quiñones Huatangar, y otros, 2020) desarrollaron un modelo de Redes Neuronales Artificiales (RNA) para estimar un índice de calidad de agua empleando el software Matlab, por otra parte, en el trabajo de (COPPO, JAKOMIN, & DELRIEUX, 2017) emplearon una RNA para la predicción de concentración de Boro. A su vez, (Carbajal Hernández & Sánchez Fernández, 2013) desarrollaron un sistema de Evaluación y predicción de la calidad del agua en el cultivo del camarón mediante un sistema de inferencia difusa. En el trabajo de (Meza Castellar & Gozales Salcedo, 2020) se elaboró un modelo neuronal artificial para la estimación de la demanda bioquímica de oxígeno en aguas marinas, por su parte (Rico, Paredes, & Fernández, 2009) utilizaron métodos referidos a RNA para la modelación y predicción del estado ecológico y calidad del agua.

Estos trabajos presentados anteriormente son resultados satisfactorios, pero cabe mencionar que ninguno de ellos presenta una solución al problema en cuestión del modelo de RNA propuesto en este trabajo que permite realizar una predicción del OD y anticipar con mayor precisión el estado futuro de la calidad del agua en los cultivos de tilapia.

Metodología

Materiales y métodos

De acuerdo con (Haykin, 2009) una RNA, es un procesador distribuido masivamente paralelo compuesto de unidades de procesamiento simples que tiene una propensión natural para almacenar el conocimiento experiencial y ponerlo a disposición para su uso, por lo cual, dados los requerimientos del proyecto, se decidió utilizar esta técnica para el desarrollo de este trabajo de

investigación. El presente trabajo fue desarrollado haciendo uso de la herramienta MATLAB, debido al amplio tipo de redes neuronales que incluye, así como la facilidad de empleo y desarrollo que ofrece por medio de su caja de herramientas. En la implementación de la RNA se optó por el uso de una red tipo Feed-Forward (newff).

Utilizando el software estadístico StatGraphics se llevó a cabo un análisis de regresión lineal múltiple y un ANOVA con el objetivo de determinar si el modelo puede simplificarse, tomando como variable dependiente OD (mg/L) y como variables independientes: SÓLIDOS DISUELTOS (ppm), TEMPERATURA (°C), pH y CONDUCTIVIDAD (µS/cm). Una vez realizado el análisis de regresión lineal múltiple y el ANOVA se observó que el modelo fue simplificado y solo se consideraron las variables pH y conductividad, puesto que el valor-*p* es menor que 0.05, hay una indicación de una posible correlación serial con un nivel de confianza del 95%.
La ecuación del modelo ajustado es:

$$OD\ (mg/L) = -78.2891 + 16.3936*pH - 0.0519755*CONDUCTIVIDAD\ (\mu S/cm) \quad (1)$$

La ecuación 1 describe la relación entre la variable dependiente (OD) y las variables independientes (pH y CONDUCTIVIDAD).

Un valor aceptable de coeficiente de determinación es $r^2 \geq 0.5$ (Humphrey, 1995). En este caso, el r^2 de la ecuación fue 0.7685. El ANOVA para esta ecuación tuvo una relación estadísticamente significativa entre las variables a un 95% del nivel de confianza

Una vez realizado el análisis de regresión se observó que el modelo fue simplificado y solo se consideraron las variables pH y conductividad puesto que el valor-*p* es menor que 0.05, ese término es estadísticamente significativo con un valor de confianza del 95%.

Feed-Forward Neural Network (newff)

Una red neuronal feed forward consiste en un conjunto de neuronas organizadas en capas por donde la información fluye en un único sentido desde las neuronas de entrada a la capa o capas de procesamiento, para los casos de redes mono capas y multi capa, respectivamente hasta llegar a la capa de salida de la red neuronal (Caicedo Bravo, 2009). En la figura 2 se muestra la arquitectura de una red Feed-Forward.

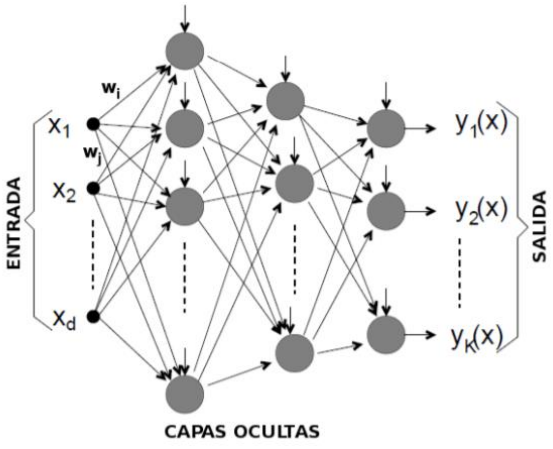


Figura2. Diagrama de la estructura típica de una red neuronal artificial tipo Feed-Forward (Vásquez López, 2014).

En la implementación de este proyecto se usó un método de validación conocido como "Hold-out". Los datos han sido divididos en dos particiones estratificadas, es decir, conservando la distribución

 ISSN 2007-8102

original de clases en cada una de las particiones. Para el conjunto de entrenamiento (train_*.dat = 41) se han utilizado un 70% de los patrones y para el conjunto de prueba (test_*.dat = 18) un 30%. Esto se utilizó con el propósito de establecer predicciones (Postiguillo-García, Ribal, & Blasco Ruíz, 2018).

Los datos se guardaron en 2 vectores: el primero corresponde a los datos de entrenamiento y el segundo a los datos de prueba, posteriormente ya con los datos almacenados se procedió al entrenamiento y clasificación de la RNA.

En la figura 3 podemos ver un fragmento del código para leer los datos de entrenamiento, se crearon los vectores donde se guarda el error y el MRE, utilizando un ciclo for el cual se encarga de crear, entrenar y calcular el tiempo DT con la red neuronal Feed-Forward para cada numero de neuronas especificado, y dentro de este ciclo cada interacción se calcula el MRE para cada uno de los 59 datos después se guarda el promedio de estos vectores de error y finalmente se calcula el error mínimo obteniendo en toda la corrida dando como resultado el error mínimo con el numero de neurona.

```
for i=1:neuronas
  net = feedforwardnet(i);
  net = train(net,input_real,dt_real);
  dt_calculado = sim(net,input_test);

  for j=1:size(data_Test,1)
  mre(j) = abs((dt_test(j) - dt_calculado(j))/dt_test(j));
  end

  error(i) = mean(mre);

  if(error(i)<error_min)
  error_min = error(i);
  neuronas_min = i;
  calculos = dt_calculado;
  end
end
fprintf('MMRE_MIN = %f\n',error_min);
fprintf('NEURONAS = %d\n',neuronas_min);
```

Figura 3. Código utilizado para almacenar y crear la RNA

Criterio de evaluación

Para evaluar los diferentes modelos de estimación de aprendizaje maquina es utilizada la MRE (por sus siglas en inglés, Magnitude of Relative Error) cual es la métrica de precisión más popular cuando es comparada en modelos de estimación (J. Wen, 2012).

La MRE es definida como sigue:

$$MRE_i = \frac{|\text{Actual}_i - \text{Estimado}_i|}{\text{Actual}_i} \quad (2)$$

El valor de MRE es calculado por cada observación i. La suma de múltiples observaciones de MRE se puede lograr a través de la Media MRE (MMRE) como se muestra en la ecuación 3.

$$MMRE = \frac{1}{n}\sum_{1}^{n} MRE \quad (3)$$

 ISSN 2007-8102

Como referencia, para modelos de predicción, un valor de MMRE ≤ 0.25 es considerado aceptable (Conte S.D., 1986).

Resultados y discusión

El presente trabajo tuvo como resultado un modelo de red neuronal desarrollado en Matlab el cual permite predecir los niveles de oxígeno disuelto en el agua. En la tabla 2 podemos observar los resultados del valor del error mínimo obtenido y el número de neurona en el que se obtuvo ese valor.

Tabla 2. Resultados

MMRE_MIN	0.022
NEURONAS	4

Al mismo tiempo haciendo una comparativa de los datos actuales contra los datos estimados por las 4 neuronas de la red, podemos observar que los rangos son muy similares y esto indica que el nivel de precisión es aceptable. En la tabla 3 se muestran los resultados de dicha comparativa.

Tabla 3. Comparativa de datos

Conductividad	pH	Oxigeno Actual	Oxigeno Estimado	MRE
871.70	7.81	4.40	4.216	0.042
862.30	7.79	4.35	4.400	0.011
856.10	7.79	3.98	4.671	0.174
849.10	7.78	5.97	5.513	0.076
839.50	7.78	5.92	5.860	0.010
836.20	7.77	5.97	5.942	0.005
834.70	7.77	5.92	5.949	0.005
831.60	7.76	6.06	5.966	0.016
828.50	7.76	5.96	5.972	0.002
823.10	7.74	5.98	5.984	0.001
821.80	7.74	5.92	5.988	0.011
820.80	7.74	5.87	5.991	0.021
817.00	7.74	6.01	6.008	0.000
813.80	7.73	6.06	6.025	0.006
809.40	7.72	6.07	6.051	0.003
801.60	7.69	6.11	6.084	0.004
799.60	7.68	6.09	6.085	0.001
798.30	7.66	6.17	6.077	0.015
			MMRE	**0.022**

Debido a que el valor obtenido (0.022) de **MMRE es menor o igual que 0.25** se considera el modelo de predicción propuesto en este trabajo de investigación como aceptable.

Trabajo a futuro

Se recomienda como trabajo futuro desarrollar una investigación con un tipo diferente de red neuronal, con objetivo de hacer un comparativo entre el trabajo futuro y el presente, para ver cual tiene mayor precisión.

Realizar un comparativo entre el resultado obtenido de MMRE con redes neuronales versus la ecuación de regresión lineal múltiple mostrada en la ecuación 1 para determinar la mejor precisión.

Además, en el futuro inmediato se sugiere usar una muestra de datos mucho más grande a la utilizada en el presente estudio.

Conclusiones

En este trabajo de investigación fue creada una red neuronal tipo Feed-Forward, la cual permite predecir el nivel de oxígeno disuelto en los estanques de tilapia.
El uso de las redes neuronales contribuye con excelente precisión en los estanques de tilapia, logrando con ello una mejor producción y un mayor crecimiento de la especie en cultivo.

Agradecimientos

Los autores del presente trabajo agradecen al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), al Programa para el Desarrollo Profesional Docente (PRODEP), así como al Tecnológico Nacional de México Campus Colima por el apoyo brindado durante el desarrollo de esta investigación.

Referencias

1. Caicedo Bravo, E. F. (2009). *Una aproximación práctica a las redes neuronales artificiales*. ISBN: 9789586707671 9586707679 Cali, Colombia
2. Carbajal Hernández, J. J.; Sánchez Fernández, L. P., (2013). Centro de Investigación en Computación, Instituto Politécnico NacionalComputación y Sistemas Vol. 17 No.3, pp. 435-455 ISSN 1405-5546 http://www.scielo.org.mx/pdf/cys/v17n3/v17n3a14.pdf
3. Comisión Nacional de Acuacultura y Pesca. (2016). *Se reorganizan acuacultores de tilapia en Colima; buscan mejorar productividad y comercialización*. https://www.gob.mx/conapesca/prensa/se-reorganizan-acuacultores-de-tilapia-en-colima-buscan-mejorar-productividad-y-comercializacion#:~:text=Se%20reorganizan%20acuacultores%20de%20tilapia%20en%20Colima%3B%20buscan%20mejorar%20productividad%20y%20comercial
4. Comisión Nacional de Acuacultura y Pesca. (2017). *México entre los diez primeros lugares a nivel mundial en producción de tilapia*: SAGARPA. https://www.gob.mx/conapesca/prensa/mexico-entre-los-diez-primeros-lugares-a-nivel-mundial-en-produccion-de-tilapia-sagarpa-103606?idiom=es
5. Coppo, Ricardo J., Jakomin Mariana L., Y Delrieux, Claudio A. (2017). *Proimca – Prodeca Predicciòn de Parámetros de calidad de agua me dienate redes neuronales en la cuenca del rio Pilcomayo Agentina* http://www.edutecne.utn.edu.ar/prodeca-proimca/actas-prodeca-2017/DCA04_Prediccion-de-Parametros.pdf
6. Conte S.D.,Dunsmore H.E., Shen V.Y., (1986) *Software Enginnering Metrics and Models*. Benjamin-Cummings Publishing Co., Inc.Redwood City,CA,USA
7. FAO. (2009). *Oreochromis niloticus. In Cultured aquatic species fact sheets.* Text by Rakocy, J. E. Edited and compiled by Valerio Crespi and Michael New. CD-ROM (multilingual).
8. Haykin, Simon. (2009). *Neural networks and learning machines / Simon Haykin.—3rd ed. p. cm* http://dai.fmph.uniba.sk/courses/NN/haykin.neural-networks.3ed.2009.pdf
9. Humphrey W., (1995). A Discipline for Software Engin Wesley.
10. Instituto Nacional de Pesca (2018*) Parámetros fisicoquímicos ideales para cultivo de tilapia* https://www.gob.mx/inapesca/acciones-y-programas/acuacultura-tilapia
11. Quiñones Huatangar, L., Ochoa Toledo, L., Kemper Valverde, N., Gamarra Torres, O., Bazán Correa, J., Delgado Soto, J. (2020) *Artificial neural network to estimate an index of water quality*. http://ingenieria.ute.edu.ec/enfoqueute/ e-ISSN: 1390-6542 DOI: 10.29019/enfoque.v11n2.633

12. Meza Castellar, R., & Gonzalez Salcedo, L. (2020). *Elaboración de un modelo neuronal artificial para la estimación de la demanda bioquímica de oxígeno en aguas marinas. Revista De Investigación Agraria Y Ambiental*, 11(2), 147 - 156. https://doi.org/10.22490/21456453.3441
13. Postiguillo-García, D.; Ribal, J.; Blasco Ruíz, A. (2018). *Caso de estudio: Modelización de la vida útil de maquinaria destinada a proyectos de obra pública a través de la aplicación de regresiones mínimo cuadráticas y validación cruzada. Finance, Markets and Valuation.* 4(1):57-79. http://hdl.handle.net/10251/122884
14. Rico, C., Paredes, M., Fernández, N., (2009) *Modelacion de la estructura jerárquica de macroinvertebrados bentónicos a traves de redes neuronales artificiales Acta Biológica Colombiana, 14(3),71-95.[fecha de Consulta 16 de Septiembre de 2020]. ISSN: 0120-548X*. Disponible en: https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=3190/319028005006
15. Gutierres S., Figueredo, & Spotorno, (2020) *Revista Tecnología y Ciencia - Universidad Tecnológica Nacional DOI:https://doi.org/10.33414/rtyc.38.67-82.2020 - ISSN 1666-6933 Reconocimiento-NoComercial 4.0 Internacional.*
16. Saavedra Martínez, M.A., (2006). *Manejo del cultivo de Tilapia.* https://www.crc.uri.edu/download/ Manejo del cultivo de Tilapia.pdf
17. Vásquez López, J. P., (2014). *Instituto Mexicano del Transporte*, https://www.imt.mx/archivos/Publicaciones/PublicacionTecnica/pt406.pdf
18. Wen, J., Li, S., Lin, Z., Hu, Y., Huang,C., (2012). *"Systematic literature review of machine learning based software development effort estimation models*," Information and Software Technology, 54, 41–59.

INVESTIGACIÓN EDUCATIVA

ED01 **Aplicación para reforzar el aprendizaje de las actividades socioeconómicas de Puebla, mediante estrategias lúdicas.** **2089**
Mariano Larios Gómez, Hector Macuitl Romero, Erika A. Martínez Miron, Adriana Hernández Beristaín, Guillermina Sánchez Román.

ED02 **Comprensión lectora. Estudiantes y su relación con herramientas de las Tecnologías de información y comunicación.** **2099**
José Andrés Castillo Hernández

ED03 **WEBNotebooks sobre Internet** **2107**
Alberto Pedro Lorandi Medina, Gerardo Mario Ortigoza Capetillo, Guillermo Hermida Saba.

ED04 **Uso de recursos digitales y actividades académicas en periodo de contingencia por COVID-19.** **2118**
Rogelio Limón Rivera, Lilia Astrid Cosme Reyes, Sandra López Loyo, Susana Isabel Castillo Martínez, Uriel Alejandro Morales Carrera.

ED05 **Análisis de las preferencias de uso de un objeto de aprendizaje para algoritmos.** **2125**
Patricia Quitl González, Miguel Angel Herrera Hernández, Concepción Nava Arteaga, José Fabián Hernández García, José Ariel Vázquez López.

ED06 **Uso de Internet por parte de los estudiantes, dentro de los Bachilleratos de Teziutlán Puebla.** **2133**
Adriana Pérez López, Héctor Vicenteño Rivera, Jhony Alejandro Hernández Méndez.

ED07 **El impacto de las LMS en Tiempos de Covid-19** **2141**
Maria de Los Angeles Ahumada Cervantes, Eric Alvarez Baltierra, Julia Patricia Melo Morín

ED08 **Las TIC, apoyo para la lectoescritura en educación básica primaria en Colombia** **2149**
Francy Eileen Naranjo López, José Andrés Castillo Hernández.

ED09 **Card Sorting en el diseño de software: caso de estudio implementado en un sitio web** **2155**
Concepción Nava Arteaga, Patricia Quitl González, Miguel Ángel Herrera Hernández, Elda Rosario Ruiz, Sarai San Juan Escalona.

ED10 **El impacto del COVID-19 en la Educación Superior: una mirada reflexiva en el ITCH** **2162**
Erika Oropeza Bruno, Gloria Muñoz Atilano, Paula Adriana Leyva Alarcón, Victor Castro Chino, María de Lourdes Martínez Zamudio.

ED11 **Paradoja de la educación a distancia ante el COVID-19** **2170**
Eduardo César Contreras Delgado, Isis Ivette Contreras González, Aldo Francisco Contreras González

ED12 **Ambiente virtual bajo el modelo ADDIE para el desarrollo de estrategias cognitivas en la tutoría** **2177**
Ma. Elena Montes Almanza, María Luisa Montes Almanza, Ma. del Consuelo Frias Maldonado, Pedro Celestino Ramírez, Mónica Isabel López Aguilera

ED13 **Aplicación de Design Thinking en el desarrollo de Recursos Educativos Abiertos, caso reactiva2** **2185**
Javier Contreras Ruiz, Luz Marina Chalapud Narváez, Iliana Moreno Hernández, Leonel Eduardo Flores Ruiz, José Antonio Yáñez Figueroa

ED14 **Efecto del proceso educativo virtual para docentes y alumnos en la UT de Nogales, Sonora** **2193**
Verónica Alida Romo García, Sara Torres Álvares, Paulina Violeta Prado Martínez, Judith Norzagaray Duarte

ED15 **Importancia del seguimiento tutorial durante el periodo de confinamiento por Covid19 en el ITQ.** **2201**
Ma. del Consuelo Frias Maldonado, Norma Lucia Quintanar Servin, Ma. Elena Montes Almanza, María Luisa Montes Almanza, Laura Lucía Fernández Romero.

ED16 **Desarrollo de herramienta virtual como estrategia didáctica para el mejoramiento en la enseñanza del cálculo** **2209**
Adriana Isela Peña Montes de Oca, Ana Bertha López Laguna, Edgardo Emmanuel González del Castillo, David Cabrera Lamas

ED17 **Industria 4.0 y su inclusión en la educación superior: un estudio de caso** **2216**
Susana Sarmiento Paredes, Jorge Carro Suárez, Fabiola Flores Salazar, Irma Flores Nava, Ramón Hernández Hernández

ED18 **Aprendizaje basado en problemas: estrategia para implementar el sistema Web Gestión de Espacios Públicos Seguros** **2223**
Guadalupe Robles Calderón, Raúl Mora Reyes, Karen Monserrat Pérez Rodríguez, Luis Manuel García Martínez

ED19 **Estudiantes de la modalidad mixta, ejemplo al sistema escolarizado** **2232**
Sergio Alberto RosalÍo Piña Granja, Jashven De San Juan Escobedo Castro, Claudia Maricela Espinosa Garcia, Omayra Yolanda Reynoso Ibarra

ED20 **Visión artificial como agente pedagógico de cálculo integral en jóvenes invidentes de nivel medio superior** **2239**
Miguel Aguilar Cortés, Marco Antonio Aguilar Cortés, José Luis Gutiérrez García, Jacobo Robles Calderón, Héctor Vicenteño Rivera

ED21 **Validación biométrica mediante la plataforma Moodle para aspirantes a nuevo ingreso en el TecNM/Campus Querétaro** **2247**
María Luisa Montes Almanza, Pedro Celestino Ramírez, Ma. Elena Montes Almanza, Ma. del Consuelo Frias Maldonado, José Isidoro Medina Sánchez

ED22 **Importancia de la tutoría virtual para alumnos de Ingeniería en Sistemas modalidad virtual** **2255**
Jacobo Robles Calderón, Marco Antonio Aguilar Cortés, Guadalupe Robles Calderón, Miguel Aguilar Cortés

ED23 **Educación a distancia en el Tecnológico Nacional de México, Oaxaca ante el COVID-19** **2263**
Elsie Fernanda Monzoy Ventre, Adrian Gómez Ordaz, Otilia Pérez López, Juana Isabel Ramírez Hernández

ED24 **Estudio que analiza e informa sobre los aspectos positivos y negativos de la flexibilidad educativa** **2270**
Rodrigo Urcid Puga

ED25 **La deserción universitaria: sucesos, situaciones y significados de un sueño frustrado** **2278**
Maria Deniza Medina Soto, Claudia Celina Gaytán Díaz

ED26 **Contigo aprendo mejor, una estrategia para vincular a los tutores al proceso escolar** **2286**
José Andrés Castillo Hernández, Consuelo Varón Abella

ED27 **De la aritmética al álgebra en la solución de sistemas de ecuaciones lineales** **2292**
María Elisa Espinosa Valdés, Ruth Icela Sosa Bielma, Rosa Alor Francisco, Uriel Luria Castellanos, Evangelina Rojas Rauda

ED28 **Estrategias didácticas en la materia de costos históricos** **2300**
Blanca Irene Ahumada Maldonado ,Guadalupe Jiménez Hidalgo, Cecilia Gabriela Amaya Treviño

ED29 **Pertinencia de las especialidades en la carrera de Ingeniería Mecánica. Tecnológico Nacional de México, Campus Puebla.** **2307**
José Luis Valencia Ramos, Sofía Guadalupe Negrete Fuentes, Marco Antonio Meraz Melo, Isidoro Munive González, Gerardo Mazahua González

ED30 **Diagnóstico de la participación en el ENEIT en estudiantes y docentes del TecNM-Campus Orizaba** **2316**
María Elena Zepahua Neri, Eva María Galán Mireles, Leticia Bretón Partida, Erick Ariel Morales Mendoza, Aranzazu Perez Chavez

ED31 **Analisis de la aplicación del "Aprendizaje basado en investigacion (ABI)" en la formación superior tecnológica.** **2324**
Javier Martín García Mejía, Gerardo Ramírez Tobón, Carlos Gabriel Vargas Gutierrez, Eduardo Osbaldo Ramírez Vaquero, Paola Betzabe Paniagua Gonzalez

ED32 **Estrés académico en alumnos de nivel superior caso ITSTB** **2332**
María Del Socorro Flores Serrano, Liliana Fuentes Rosas, Lucila Guadalupe Tobón Galicia

ED33 **Análisis del estrés para el aumento de la productividad en estudiantes de diferente sistema** **2338**
María Del Socorro Flores Serrano, María del Rocío Acevedo Serrano, Luis Mizraim Hernández Mendoza

ED34 **Competencias docentes de mayor impacto desde la perspectiva de los estudiantes de nivel superior** **2345**
Briseida Sandoval González, Martha P. Hernández Beltrán, Sonia Espinoza Morales, Claudia L. Villa Arias, Nydia T. Luna Vázquez

ED35 **Estrategia didáctica para minimizar índices de reprobación caso: Exámenes Exactos del TecNMcampus Cd. Juárez** **2352**
José Alanis Villaseñor, Rosa Silvana Cera Gaytan, Anselmo Meza Galván, Hector Alfredo Sánchez Sánchez, Geovana Jadai Chávez Moreno

ED36 **Formación continua: una vía para el humanismo educativo** **2359**
Cesar Augusto Arriaga Arriaga, Acsel Reyes García, Arnulfo Luis Ramos, Luz del Carmen Gómez Pavón

ED37 **Aplicación del programa dual en la formación del ingeniero en gestión empresarial** **2368**
Patricia Leonor Tejeda Polo, María de Lourdes Ruíz Tejeda

ED38 **Análisis del examen diagnóstico de álgebra a primer semestre, ciclo escolar 2019-2020. Caso: Fracciones** **2376**
María Mónica García Arroyo, Humberto Cuevas Rivera, Leonardo Ulises Badillo Pichardo

ED38 **Dificultad de aprendizaje en matemáticas, la relación con el desempeño en materias de ingeniería** **2385**
María Eugenia Carreón Romero, Laura Carreón Romero, Jorge Rivera Flores

ED40 **Análisis del panorama actual de las prácticas profesionales en la UAdeC: Escuela de Sistemas** **2393**
Martha Iveth Ojeda Núñez, Ana Carolina Meléndez Gurrola, José Edgar Lugo Castro, Lorena Elizabeth Jurado Bichir, Celine Ashley Guajardo Hernández

ED41 **Factores que influyen en la disminución de titulación en el Instituto Tecnológico de Cuautla** **2400**
Dulce Yanet Solares Ortiz

ED42 **El aprendizaje basado en proyectos, una metodología de enseñanza-aprendizaje para mejorar las competencias genéricas.** **2407**
Laura Carreón Romero, María Eugenia Carreón Romero, *Luisa Angélica Viñas Meza*

ED43 **Impacto ambiental de los estudiantes de contador público en el Instituto Tecnológico de Chilpancingo** **2414**
Daniela Marisol Ramirez Niño, Mario Peralta Hesiquio, Paulina Adriana Leyva Alarcon, Erika Oropeza Bruno, María Esther Durán Figueroa.

ED44 **Taller sobre farmacia y cocina viviente en la Reserva de la Biosfera Sierra de Huautla** **2422**
Amanda Ortiz Sánchez, Angélica María Alemán Octaviano

ED45 **Diseño de AppNaku (Aplicación móvil de aprendizaje y enseñanza de la lengua Tutunaku)** **2429**
Eliezer Santiago Fuentes, Epifanio Pérez Cruz, Manuel Cruz Luna, Blanca Areli González Martínez, Sabdiel Cruz Luna

ED46 **El acceso a la cultura para las personas indígenas con discapacidad, una revisión de la literatura.** **2437**
Mariana Martínez Atanacio, José Andrés Castillo Hernández

ED47 **Técnicas y herramientas para desbloquear ideas en la formulación de proyectos** **2445**
Ana Luisa Espinosa Aguayo

ED48 **El proyecto integrador: Estrategia de negocios para aplicar competencias en las PYMES** **2453**
Alma Delia Hernández Vargas, Luisa Angélica Viñas Meza

Aplicación para reforzar el aprendizaje de las actividades socioeconómicas de Puebla, mediante estrategias lúdicas.

*H. Macuitl Romero, M. Larios Gómez *, E. A. Martínez Mirón, A. Hernández Beristaín, G. Sánchez Román*
Facultad de Ciencias de la Computación, 14 sur y Av. San Claudio, Puebla, México
** marianno.larios@correo.buap.mx*

***Área de participación**: Investigación educativa*

Resumen

El desarrollo del contenido que se le otorga al tema de actividades socioeconómicas del estado de Puebla, abordado en el plan de estudios del tercer grado de primaria, consiste en describir brevemente dichas actividades. Este trabajo propone el diseño e implementación de un programa computacional educativo lúdico llamado "Conociendo mi estado", para conocer de manera interactiva las actividades socioeconómicas que se realizan en el estado de Puebla, México. Para su implementación se utilizó la técnica de diseño Pixel Art para simbolizar la información socioeconómica de manera divertida y educativa. Se realizaron pruebas de usabilidad aplicadas a 20 estudiantes de tercer grado de primaria. Los resultados muestran que los estudiantes interactuaron con el software de manera fácil y señalaron que les parecía interesante. Por lo anterior, se puede decir que la aplicación lúdica implementada puede ser utilizada como una herramienta adicional para enriquecer el contenido en el aula. No obstante, se requieren realizar pruebas adicionales para verificar que su uso redunda en un aprendizaje más significativo.

***Palabras clave**: Tecnología lúdica-educativa, Educación Básica, Aplicación Web, Juegos Interactivos.*

Abstract

The development of the content that is given to the issue of socio-economic activities of the state, addressed in the curriculum of the third grade, is presented through brief descriptions of such activities. This project describes the development of a playful program called "Conociendo mi estado", which presents various socio-economic activities that are carried out in the state of Puebla-Mexico, by means of tags that can be used interactively. For this, we used Pixel Art design technique, which allows to represent low pixel images and, in this way, to symbolize the socioeconomic information of the state in a fun and educational way. The results of some usability tests applied to 20 students in the third grade of elementary school show that, in general, they were able to interact with the software easily and they indicated that they found it interesting. Therefore, it can be said that the implemented ludic educational application can be used as an additional tool to enrich the content and learning strategies of the topic. However, additional tests are required to verify that its use results in more meaningful learning.

***Key words**: Playful-educational technology, basic education, web application, interactive game.*

1. Introducción

México es un país muy rico en recursos naturales y culturales, y también lo es el estado de Puebla, el cual demuestra su riqueza al contar con numerosos recursos hidrográficos, orográficos y pueblos mágicos. La información sobre el estado en los planes de estudio de educación básica para México, por parte de la Secretaria de Educación Pública (SEP) se aborda en el tercer año de primaria, en la asignatura "La Entidad donde Vivo" [1], que se divide en cinco bloques. En el primer bloque se abordan los temas *Mi entidad*, su territorio y sus límites. Los componentes naturales de mi entidad, características y actividades de la población en mi entidad, las regiones de mi entidad y mi entidad ha cambiado. Este contenido se ha visto modificado con el paso del tiempo, así como la cantidad de información dedicada al tema ha ido disminuyendo con el paso de los años. Por ejemplo, se puede notar que en los libros de texto de 1988 [2] se dedicaba más de una hoja para cada región del estado (compuesto

por siete regiones), mientras que, en la actualidad [3], la información ha sido reducida a un par de párrafos y un mapa sencillo. Toda la reducción de información generó la inquietud de indagar una estrategia educativa que recuperase los datos relacionados con cada región y, al mismo tiempo, evitar hacer tediosa su revisión.

Tal y como se puede observar en [4, 5, 6], el interés que pueden tener los niños por el juego es algo que se considera de gran interés y con un gran potencial para el aprendizaje, es por eso que se propone el desarrollo de un sistema computacional de carácter lúdico con el fin de apoyar a la educación en la enseñanza de este tema y que pueda servir como un programa complementario al tema que se maneja por parte de los libros de la SEP.

La estructura del documento está compuesta de la siguiente manera: en primer lugar, se aborda el estado del arte relacionado con el uso de estrategias lúdicas en el proceso de enseñanza aprendizaje. Posteriormente, se habla acerca de la metodología de diseño e implementación utilizada para generar una aplicación web. En la sección siguiente, se presentan los resultados de las pruebas de usabilidad que fueron realizadas sobre el proyecto. Se finaliza con una discusión y conclusión del trabajo realizado.

2. Estado del arte

La lúdica no es un concepto nuevo, aunque sí es bastante extenso, se puede definir a la lúdica como “ludo que significa acción que produce diversión, placer y alegría y toda acción que se identifique con la recreación y con una serie de expresiones culturales” [5]. Así, el componente lúdico entendido como un juego, puede ser visto existiendo desde el origen del hombre, históricamente pasando a través de ritos religiosos de las primeras civilizaciones, algo que también se observa inclusive en animales, lo cual deja ver como el juego siempre ha sido una manera de aprendizaje para actividades cotidianas [6].

Desde el punto de vista educacional, se toma a la lúdica bajo el concepto de “estrategia pedagógica fundamental en el proceso de aprendizaje de los niños, debido a que, por ser una necesidad innata del ser humano, estimula y favorece el desarrollo del pensamiento y la creatividad, generando disfrute por la adquisición de nuevos conocimientos.” [7], por su parte, en [5] señalan que “la lúdica se entiende como una dimensión del desarrollo de los individuos, siendo parte constitutiva del ser humano.”

[8] sugiere que “parece fundamental reflexionar sobre las estrategias entretenidas, agradables y lúdicas y creativas que vuelvan más atractivas las actividades educativas”. Los juegos didácticos educativos pueden ser capaces de potenciar la adquisición dé competencias tecnológicas, como lo analiza [9]. Por tanto, valdría la pena considerar que actualmente diversas investigaciones y universidades están dándole un mayor énfasis a este concepto.

A continuación, se citan, a manera de ejemplo, algunos trabajos donde consideran un componente lúdico para la enseñanza:

En el documento de [10] se puede observar que buscaron mejorar los procesos de aprendizaje en niños de 3 a 4 años mediante un componente apoyado en las tecnologías de la información utilizando una estrategia lúdico-pedagógica, donde nos muestra por medio de una encuesta cómo un componente lúdico, un juego interactivo virtual, puede llegar a aumentar la motivación y desencadenar un aprendizaje significativo en los niños.

En el trabajo de [11] se analiza cómo lograr la educación de una filosofía de sumak kawsay, o el buen vivir, donde se cuestiona la utilidad de la lúdica sin fundamentos apropiados, y habla acerca de que mediante esta técnica se puede lograr una educación inclusiva que permita alcanzar a todos los miembros de una sociedad, buscando acciones educativas. De igual forma, contemplan que las estrategias lúdicas son centradas en el alumno las cuales se adaptan a las necesidades de este, y como pueden llegar a motivar y participar activamente, entre el desarrollo de otras habilidades

En [12] muestra un estudio que se les hizo a niños de primaria de tercer grado sobre enfermedades bucales, en el cual se muestran resultados sobre un cd con juegos sobre una charla, aplicado a dos grupos diferentes, donde los resultados muestran como hubo un mayor aprendizaje en aquellos niños a los cuales se les fue aplicado el juego sobre la charla, donde también se destaca la motivación por parte de los niños.

Por otra parte, [13] plantea el diseño de materiales multimedia para alumnos del primer ciclo de primaria para favorecer el acceso a la información de forma interrelacionada, rápida y flexible, considerando la personalización en el ritmo de aprendizaje, la autonomía de navegación y la construcción significativa de los conocimientos, a través de procesos lúdicos, didácticos y formativos.

Asimismo, [14] reporta evidencia que muestra que los estudiantes consideran divertido usar simulaciones lúdicas, pero al mismo tiempo reportaron una experiencia de aprendizaje que potenció la exploración, la interacción, un ambiente inmersivo, de juego, enriquecido en medios, toma de turnos y escenarios de problemas desafiantes.

Los trabajos arriba descritos proponen estrategias lúdicas centradas en el alumno para mejorar su aprendizaje y conocimiento básico y para contribuir a estos esfuerzos. En este trabajo se propone el diseño e implementación de una aplicación que, además de proponer una estrategia lúdica, ofrece la oportunidad de realizar pruebas de usabilidad, como se describirá más adelante.

3. Metodología

En esta sección y las siguientes tres, se describen las etapas en las que se realizó la aplicación: 3.1) Contenido, donde se llevó a cabo la revisión documental de la información que se aborda en la aplicación; 3.2) Diseño, como su nombre lo indica, describe las características que se considerarían para la interfaz de la aplicación; 3.3) Implementación, que describe el proceso de codificación y, finalmente, 3.4) Pruebas de usabilidad, donde se realizó un estudio experimental con usuarios finales para saber qué tan bien podrían usarla.

3.1. Contenido

Para el contenido del proyecto, se investigó sobre actividades socioeconómicas del estado, tomando como referencia los libros de texto gratuitos del estado de Puebla [2], [3], [15]. Con esta información, se buscó obtener un conjunto de datos que pudiera ser añadido al proyecto de juego interactivo. Se pueden mencionar algunas de las actividades socioeconómicas identificadas como son la agricultura, la ganadería, la pesca, etc. La Figura 1 muestra los recursos que son más comunes en todas las regiones.

A la par de esta investigación, se realizó un análisis de la geografía del estado con ayuda de los mapas que proporciona la herramienta de Google Maps, puesto que éstos poseen imágenes satelitales precisas y pueden usarse para analizar la geografía del estado, porque como sabemos, la geografía no suele cambiar tanto. Los mantos acuíferos y los bosques sí tienden a generar un cambio con el paso de los años, esto debido principalmente a la interacción del hombre y fenómenos naturales. De igual manera, se usaron mapas regionales del estado para revisar los límites de las regiones; así como los ríos, bosques y montañas, e incluso algunas características de casas y graneros que fueron considerados en el diseño.

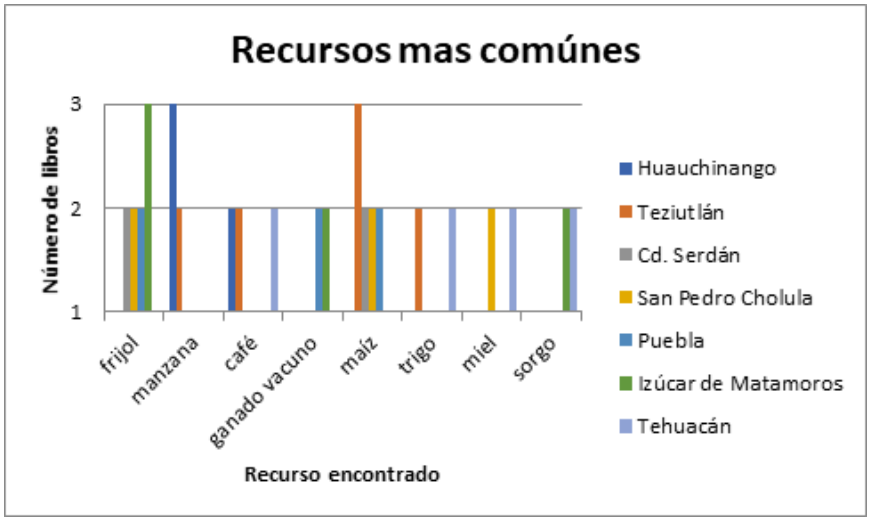


Figura 1. Recursos más comunes y regiones que los poseen.

 ISSN 2007-8102

A manera de ejemplo se puede señalar que, para la región de Huauchinango se obtuvo un mapa [16], como se puede ver en la Figura 2 (editado para que se vea la forma de la región). Esta imagen se utilizó de referencia para poder crear la imagen que se puede observar en la Figura 3, la cual muestra una sección de la región de Huauchinango, hecha con base en los mapas de Google Maps. Como se puede observar destaca el río Pantepec, esta es las zonas verdes del mapa corresponden a bosques, mientras que las zonas verdes claro corresponden a ciudades y zonas de cultivo. El mapa de la Figura 4, muestra el mismo procedimiento para la región de Ciudad Serdán-Puebla [17]. A la izquierda se puede observar el mapa que ayudo a la delimitación del terreno. El resto de los mapas sigue un control similar. Los mapas se cotejaron con los encontrados en [2], [3], [15].

3.2. Diseño

Interfaz. Para el desarrollo de la interfaz de usuario, se realizó la discriminación de la información, es decir, se realizó una categorización de información de acuerdo al tipo de actividades socioeconómicas como la agricultura, pesca, vegetación, etc., para obtener los datos que fueron usados en el proyecto de software. Una vez abstraída la información suficiente, se procedió al modelado de los objetos de software. Para esto, se consideraron algunos aspectos para facilitar la interacción, a saber:

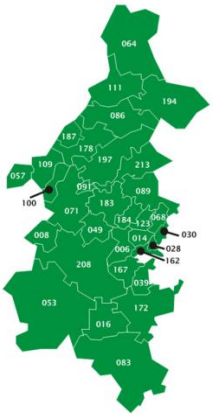


Figura 2. Mapa de la región de Huauchinango. Recorte de la imagen original. Fuente: Adaptado de [16].

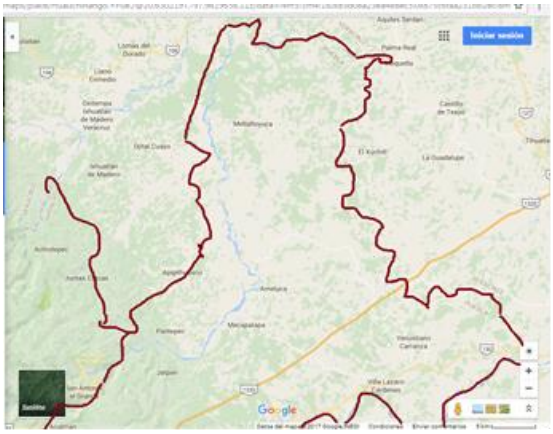


Figura 3. Mapa de una sección de la región de Huauchinango obtenida con ayuda de Google Maps y a su vez editada para mostrar dicha región.

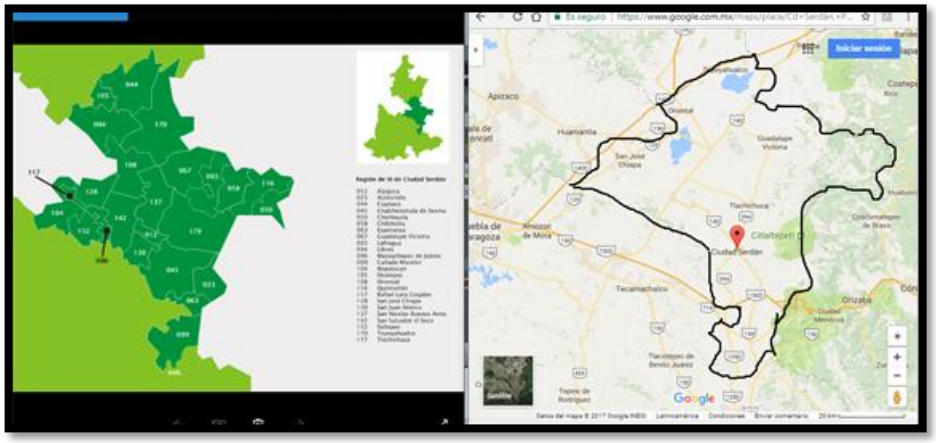


Figura 4. Extracción de límites y recursos geográficos con ayuda de un mapa adaptado de [17], y Google Maps.

 ISSN 2007-8102

Visualización: El diseño de estos objetos se realizó con una técnica conocida como pixel art la cual es "un tipo de arte digital el cual se basa en la manipulación de los pixeles en una imagen digital con el objetivo de generar una imagen artística" [18]. Esto con la finalidad de que se mantuviera un diseño simple y que pudiese ser realizado en un corto periodo de tiempo. Para ello, los objetos no pasaron más allá de 32 pixeles como medida de referencia (bloque), misma qué es proporcional a los mapas originales. También se buscó que éstos se pudieran adaptar con la finalidad de construir un ambiente sencillo y reutilizable para el resto de los mapas. Para los objetos se obtuvieron algunas imágenes base de Google, se modificaron para generar los modelos de imágenes de dichos objetos. Las imágenes base son principalmente flores, frutos, minerales, entre otros, y con cierta similitud con la realidad. Por ejemplo, para la planta madura de la manzana por citar un ejemplo se buscó que fuese la imagen de un árbol maduro de manzana. De igual forma, para el café se buscó que fuera una planta similar a la que aparece en [19]. Tomando estas dos plantas como referencia se formó un diseño estándar para representar los estados de las plantas planta joven y planta madura. Para los objetos que nacen de la tierra diseñaron dos estados: planta y fruto. Además, la planta cuenta con un proceso de tres fases: brote, planta joven y planta madura (ver Figura 5).



Figura 5. Representación gráfica de las distintas fases del objeto "Manzana". Fuente: Elaboración propia.

Para los bosques se pensó utilizar una serie de árboles que fueran característicos de cada región los cuales se pueden ver en la Tabla 1.

Tabla 1. Árboles más destacados del estado de Puebla.

Tipo árbol.	*Huauchinango*	*Teziutlán*	*Cd. Serdán*	*San Pedro Cholula*	*Puebla*	*Izúcar de Matamoros*	*Tehuacán*
Pino	X	X	X	X	X	X	X
Abeto	X		X				
Encino	X	X	X	X		X	X

Para objetos que no provenían de la tierra se diseñó únicamente una imagen que tuviera cierta equivalencia con el objeto real. De tal forma que para el caso de las imágenes de pescados se realizaron diseños similares a los originales [20], (ver Figura 6), mientras que para los minerales se tomaron de referencia bloques, de igual forma para el resto de los objetos se buscó que tuvieran una base en algún objeto real. En esta etapa se añadieron algunos animales, pero sólo con sentido estético. A futuro se les agregarán funciones para interactuar también con ellos.



Figura 6. Imagen de la trucha arcoíris en la que se basó el diseño de la Figura 7 (Fuente: Adaptado de ADEPESCA [20]).



Figura 7. Imagen de la trucha arcoíris dentro del juego. Fuente: Elaboración propia.

Integración de niveles de reto: se planeó dentro del diseño que existiera un tablero de misiones donde se pudiera ver los requisitos para avanzar y visualizar la imagen de una bandera en el mapa que permitiera la finalización del nivel.

Agrupación de elementos: algunos objetos están almacenados en un sistema de paleta de figuras para su de selección, a fin de poder ocultarlos cuando no se requieren.

Reducción de carga cognitiva: Dentro del diseño se buscó realizar al menos un mapa por cada región del estado. También, se planteó la posibilidad de fragmentar los mapas a fin de dejar una mayor relevancia a cierto contenido que se considere importante como el clima y la vegetación del estado de Puebla sin abrumar al usuario con demasiada información

Interacción. El recorrido de los mapas con sus distintos niveles se realiza a través de un personaje que simula ser un granjero, el cual recorre el estado de Puebla y sus movimientos son determinados por el usuario, que decide la ruta que debe recorrer y las actividades a realizar. Además, el alumno puede manipular los distintos objetos con ayuda de un dispositivo de entrada, puede ser un mouse u otro, mediante un sistema de arrastrar y soltar, y que éstos puedan interactuar con el terreno, con algún otro objeto (por ejemplo, en una tienda), y modificarlos mediante alguna otra actividad.

El sistema de inventario se presenta mediante un menú desplegable, donde se organizan todos los objetos que pudieran ser necesitados dentro del juego y poder interactuar con ellos para su siembra, extracción, recolección, fabricación o comercio. Desde este subsistema, los objetos pueden ser arrastrados y soltados hasta un punto en específico.

La finalización del juego interactivo se alcanza cuando se completan una serie de misiones, que requieren de un conjunto de acciones como las antes descritas, y posicionarse en determinado punto del mapa para la comprobación de la obtención total de las misiones y su finalización.

3.3. Implementación

Una vez recopilada la información, se procedió a realizar la codificación utilizando el programa llamado Stencyl, que es una herramienta parala creación de videojuegos basada en una interfaz orientada a bloques que permite producir juegos de manera simple reconocido por el MIT [21, 22]. Stencyl ya viene prediseñado con muchas características útiles a la hora de desarrollar un proyecto, lo que permitió una implementación sencilla en un periodo de tiempo relativamente corto. Además de la capacidad de exportar el proyecto de una manera sencilla en el formato de Adobe Flash Player, ya que en este formato puede ser utilizado en cualquier navegador web. Las imágenes fueron modeladas con ayuda del programa Piskel versión 8.0, un editor para sprites y Pixel Art [23].

Interfaz
Para el desarrollo de la interfaz se trabajó inicialmente con los escenarios, que se clasificaron en cuatro tipos: el primero se refiere al mapa de alguna región en el estado de Puebla, el segundo consiste en zonas más pequeñas y delimitadas como: casas, ciudades, molinos, entre otros. El tercer tipo de escenario permite realizar actividades específicas como la recolección de miel (donde existe un laberinto y una abeja que tiene que atravesarlo), la pesca, la minería etc. El último tipo es el que funciona como tutorial o como pantalla de inicio del juego, esto como una parte importante en el aprendizaje visual.

Para la implementación de los escenarios, se dispuso de distintos tipos de bloque, a saber: 1) terreno, 2) árbol, 3) agua, 4) recursos (fruto, ganado, mineral, etc.). En cada escenario se incorporaron los elementos que describieran de mejor manera los recursos disponibles en cada región del estado de Puebla. El modelado, si bien no se buscó que fuera perfecto, sí se trató de hacer lo más cercano posible a los datos obtenidos, aunque en algunos casos los elementos fueron inventados o reducidos. Esto fue con la finalidad de darle al usuario la oportunidad de poder obtener mayores puntos para obtener recursos.

En cada mapa se ofrece como actividad primaria a la agricultura, para que existan terrenos de siembra con los que el jugador pueda interactuar y que sea la principal fuente de obtención de recursos; sin embargo, a futuro se piensa proporcionar como actividad primaria a la más sobresaliente de la región. Sucede lo mismo con los

elementos de ciudad y granero, ya que así en cada mapa el usuario puede tener una casa y un punto de partida. El arquetipo base de la ciudad está pensado para poseer una casa que funja como tienda, donde el usuario pueda comerciar con los objetos que vaya recolectando.

Los recursos disponibles en cada región se encuentran especificados en la Tabla 2. Estos datos fueron compilados de diversas fuentes y se consideraron sólo aquellos que aparecen consistentemente en todas ellas.

Tabla 2. Elementos planeados para ser añadidos al juego.

Región	*Recurso*	*Recurso*	*Recurso*	*Recurso*	*Recurso*	*Recurso*	*Recurso*	**Recurso**
Huauchinango	Casablanca	Café	Durazno	Manzana	Acapulco	Aguacate	Papaya	
Teziutlán	Ciruela	Café	Maíz	Manzana	Cebada	Algodón	Naranja	Mango
Cd. Serdán	Maíz	Frijol	Nopal	Papa	Cebada	Pera		
San Pedro Cholula	Trucha arcoíris	Frijol	Jitomate	Maíz	Carpa	Bagre	Miel	Cebolla
Puebla	Frijol	Maíz	Ónix	Yeso	Mármol	Industria automotriz	Industria química	
Izúcar de Matamoros	Cacahuate	Frijol	Jitomate	Sorgo	Papaya	Sandía	Mango	Industria vidrio
Tehuacán	Café	Frijol	Miel	Sorgo	Agua mineral	Trigo	Aguacate	

La implementación de la disponibilidad de recursos se resolvió mediante un cuadro emergente, al que denominaremos inventario, donde las ocho imágenes usadas se generaron de las originales ampliadas a 64 bits.

Una vez teniendo los objetos se procedió a hacer una abstracción del terreno, que incluyera elementos como bosques (se consideraron tres tipos de árboles característicos para cada región), los terrenos montañosos más importantes, ríos y algunos lagos. Además, se diseñó un objeto especial para las plantas, la cual equivalía a un campo de arado. El terreno se diseñó, de manera similar a los objetos, mediante bloques de 32 pixeles. De esta forma, una serie de bloques permitían formar un objeto más grande. De igual forma se diseñaron imágenes para el personaje principal, ciudades y graneros, así como objetos complementarios.

Para el color de los mapas se buscó que tuviera cierta relevancia con el clima. En el caso de climas más secos se utilizaron colores claros, mientras que para climas más húmedos se utilizaron colores más obscuros.

3.4. Pruebas de usabilidad

Se realizaron dos pruebas de usabilidad en la escuela primaria Instituto Santander, en la ciudad de Puebla.

3.4.1 Prueba 1

Participantes: La prueba se realizó con 15 alumnos, niñas y niños de tercer año de primaria de edades alrededor de los 9-10 años de edad en el laboratorio de cómputo de la escuela. Estuvieron presentes dos docentes de la institución para supervisar las actividades.

Instrumentos: Los instrumentos utilizados fueron una presentación de Power Point, donde se explicaba brevemente el tema a tratar, así como el instructivo del juego. De igual manera, se ocuparon una computadora y el proyector de la escuela, y las computadoras del salón de computación.

Diseño: En la primera sesión se tuvo la finalidad de conocer y evaluar fortalezas y debilidades del sistema de software. Tuvo una duración de 45 minutos. Se utilizó un prototipo que poseía el primer nivel, así como el tutorial del juego y las pantallas de inicio. Se les dio una breve explicación del tema y posteriormente se procedió a darles una explicación de las instrucciones del juego, a las cuales se les pidió que interactuaran seguidamente mientras duraba la explicación. Posteriormente, se les dio carta libre para que interactuaran con el juego hasta que concluyeron los 45 minutos, momento en el que se suspendió la actividad.

3.4.2 Prueba 2

 ISSN 2007-8102

Participantes: La prueba se realizó con dos alumnos de tercer año de primaria en el laboratorio de cómputo de la escuela y un docente de la institución.

Instrumentos: Se ocupó una encuesta donde venían las actividades a realizar, así como los equipos de cómputo de la institución.

Diseño: En esta ocasión se procedió a hacer entrega de los cuestionarios a los alumnos con la finalidad de que los leyeran y, posteriormente, procedieran a realizar la actividad en la computadora. Se ocuparon 45 minutos para esta sesión.

4. Resultados

En ambas sesiones, fue evidente que la capacidad de las computadoras de la institución no era suficiente para poder procesar todos los objetos generados cuando el número de objetos se incrementaba.

4.1. Prueba 1

Del grupo que constituía un total aproximado de 15 alumnos se observaron los siguientes datos: Ningún alumno concluyó el 100% del juego, sólo 20% lograron completar un avance del 80% del juego (Figuras 8 y 9) y de ese porcentaje, el 13% accedió a la funcionalidad de la tienda (Figura 9). Esto dio lugar a plantear colocarle un letrero en un futuro próximo, respecto al grado de atención, se percibió que todos los alumnos mostraron un interés en el juego.

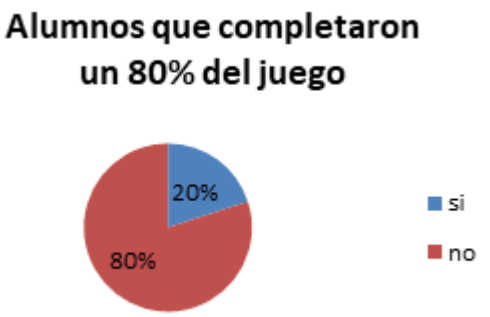


Figura 8. Alumnos que lograron completar el juego

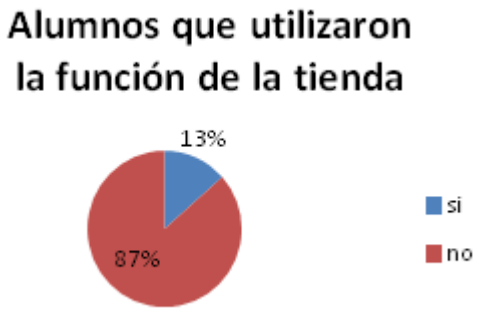


Figura 9. Alumnos que utilizaron la función de la tienda.

4.2. Prueba 2

Durante la segunda revisión del programa, se seleccionaron a dos alumnos aleatoriamente con la finalidad de poder observar mejor el comportamiento de los alumnos y su interés respecto en el programa, para esto se les hizo una encuesta sobre varios aspectos acerca del uso del programa. Los resultados de dicha encuesta se presentan en la Tabla 3.

De la segunda prueba se obtuvo que uno de los alumnos logró concluir el juego mientras que el otro se le dificultó terminarlo debido a problemas con la generación de múltiples objetos en el mapa. Esto fue debido principalmente al desconocimiento exacto de los objetivos del juego.

Tabla 3. Resultados de la encuesta.

Acción	*Muy fácil*	*Fácil*	*Normal*	*Difícil*	*Muy difícil*
Encontrar y juntar una manzana y unos granos de café	2				
Sembrar la manzana y los granos de café desde el inventario	2				

Recolectar 12 manzanas, cuatro semillas de café desde el inventario	2
Comprar dos casas blancas, (flor blanca) en la tienda	2
Terminar el juego	2

5. Conclusiones

Se logró diseñar un programa lúdico interactivo como herramienta de apoyo al aprendizaje de las actividades socioeconómicas de Puebla, mediante una plataforma web. Esto se alcanzó considerando información verídica del estado de Puebla para su diseño, como lo es la hidrografía y la geografía del estado. Los resultados de dos pruebas de usabilidad informan que el diseño de la interfaz, aunque sencilla, bastó para llamar la atención de los alumnos y mantenerlos interesados en el programa. Los alumnos comentaron que el proyecto les gustó, al igual que la profesora quien también mostró interés en el software-educativo. Estos resultados confirman lo ya reportado en los estudios que incorporan el uso de tecnología interactiva y lúdica para apoyar el proceso de enseñanza-aprendizaje, respecto al incremento en la curiosidad e interés de los alumnos. No obstante, como trabajo a futuro, es preciso llevar a cabo más pruebas enfocadas en el logro del aprendizaje, para verificar que los conocimientos esperados son mayores respecto a los alcanzados mediante una estrategia tradicional. Por último, se debe mencionar que, respecto a la parte técnica, hubo problemas para la generación de objetos, por lo que se debe considerar otra opción a futuro para resolver esta situación. Asimismo, el sistema de instrucciones requiere mejoras, para que pueda ser entendido de una manera más simple, dado que a pesar de los esfuerzos por hacer que el tutorial fuera claro, se pudo observar en las pruebas que este no cumplió en su totalidad su objetivo.

Referencias

1. Secretaría de Educación Pública (SEP), Programa. Tercer grado - La Entidad donde Vivo. México: Comisión Nacional de Libros de Texto Gratuitos, 2011.
2. Secretaría de Educación Pública (SEP), Puebla. De miniatura estatal a grandes volcanes, 4a ed. México: Comisión Nacional de Libros de Texto Gratuitos, 1996.
3. Secretaria de Educación Pública, Puebla La entidad donde vivo, 2a ed. México: Comisión Nacional de Libros de Texto Gratuitos, 2014.
4. E. Hervas, "Importancia del juego en la primaria", 2018. [En línea]. Disponible en: https://archivos.csif.es/archivos/andalucia/ensenanza/...13/ESTHER_HERVAS. [Accedido: 27- Mar- 2019].
5. T. Gómez, S. Rodríguez y O. Molano, "La actividad lúdica como estrategia pedagógica para fortalecer el aprendizaje de los niños de la institución educativa niño Jesús de Praga", Tesis de Pregrado, Universidad Del Tolima, 2015.
6. G. Sánchez Benítez, "Las estrategias de aprendizaje a través del componente lúdico", marcoELE. Revista de Didáctica Español Lengua Extranjera, no. 11, pp. 1-68, 2010.
7. L. Calderón, S. Marín, N. Vargas, “La lúdica como estrategia para favorecer el proceso de aprendizaje en niños de edad preescolar de la institución educativa Nusefa de Ibagué” Tesis de Pregrado, Universidad Del Tolima-Colombia, 2014.
8. M. Pérez-Yglesias, "Estrategia lúdico-creativa: Al conocimiento y la educación por el placer", Revista Educación, vol. 34, no. 1, pp. 55-72, 2010. Disponible en: https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=440/44013961003. [Accedido: 16- Sep.- 2020].
9. J. Sandí Delgado, "Análisis comparativo de juegos serios educativos", Sedici.unlp.edu.ar, 2018. [En línea]. Disponible en: http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/65653. [Accedido: 16- Sep.- 2020].
10. J. Gutiérrez Huérfano, C. Hernández Cerquera and J. Orjuela Acosta, "Los juegos interactivos como estrategia lúdica para facilitar los procesos de aprendizaje de los niños y niñas de 4 a 5 años en el colegio Venecia", Hdl.handle.net, 2016. [En línea]. Disponible en: http://hdl.handle.net/11371/665. [Accedido: 16- Sep.- 2020].
11. E. Pillajo, F. Lara and A. Umaña, "El juego como estrategia lúdica para la educación inclusiva del buen vivir [The game as a fun strategy for the inclusive education of good living]", Revista.uclm.es, 2017. [En línea]. Disponible en: http://www.revista.uclm.es/index.php/ensayos/ article/view/1346. [Accedido: 16- Sep.- 2020].

12. L. Ghezzi-Hernández, "Eficacia del programa educativo lúdico “aprendiendo a cuidar tu boca” en escolares de la Institución Educativa Miguel Grau", Aulavirtualusmp.pe, 2015. [En línea]. Disponible en: https://www.aulavirtualusmp.pe/ojs/index.php/Rev-Kiru0/article/view/759. [Accedido: 16- Sep.- 2020].
13. J. M. Merino Font, “Posibilidades de la tecnología multimedia para el diseño y elaboración de unidades didácticas en Educación Primaria”, Espacio y Tiempo: Revista de Ciencias Humanas, ISSN 1885-0138, Nº. 15, págs. 189-200. 2001.
14. M. Liu, L. Horton, J. Kang, R. Kimmons, J. Lee. “Making Learning Fun Through a Ludic Simulation”, EdMedia + Innovative Learning, AACE. 2013.
15. Secretaría de Educación Pública. Puebla Historia y Geografía tercer grado 4ª ed. Estado de México, México: Comisión Nacional de Libros de Texto Gratuitos. 2003.
16. Yavidaxiu, MX-PUE-Huauchinango.png, (2006). Accedido: 10-Sep-2018. [Imagen en línea] Disponible en: https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/7/7e/MX-PUE-Huauchinango.png
17. Yavidaxiu, MX-PUE-Serdán.png (2006). Accedido: 10- Sep.- 2018 [Imagen en línea]. Disponible en: https://es.wikipedia.org/wiki/Archivo:MX-PUE-Serdán.png
18. Y. Yue, K. Iwasaki, B. Chen, Y. Dobashi, T. Nishita. “Pixel art with refracted light by rearrangeable sticks. In Computer Graphics Forum", Blackwell Publishing Ltd., vol. 31, no. 2pt3, pp. 575-582, 2012. Disponible en: https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/j.1467-8659.2012.03036.x. [Accedido: 16- Sep.- 2020].
19. Bedri. El cafeto o planta del café, 2018. [En línea]. Disponible en: https://www.bedri.es/Comer_y_beber/Cafe/El_cafeto.htm. [Accedido 10- Sep. 2018]
20. ADEPESCA Asociación de Empresarios Detallistas de Pescados y Productos Congelados de la Comunidad de Madrid. Trucha Arcoíris - Come Pescado, 2018. [En línea] Disponible en: https://comepescado.com/trucha-arcoiris/. [Accedido 10- Sep.- 2018]
21. Stencyl. Stencyl: Make iPhone, iPad, Android & Flash Games without code. 2018. Disponible en: http://www.stencyl.com. [Accedido 13- Nov- 2018].
22. Borkwood, I. Learning Stencyl 3. x Game Development: Beginner's Guide. Packt Publishing Ltd. 2013.
23. J. Descottes, "Piskel - Free online sprite editor.", 2018. [En línea]. Disponible en: https://www.piskelapp.com/. [Accedido: 20- Nov- 2018].

 ISSN 2007-8102

Comprensión lectora. Estudiantes y su relación con herramientas de las Tecnologías de información y comunicación.

J. A. Castillo Hernández[1],

[1]*Departamento de Educación, Universidad Americana de Europa, Av. Bonampak, Sm. 6, Mz. 1, Lt. 1, 77500, Cancún, Quintana Roo. México. Doctor en Sistemas y ambientes Educativos,*
Correo electrónico: joseandres.castillo@aulagrupo.es

***Área de participación**: Investigación Educativa*

Resumen

La lectura —base de las actividades de los estudiantes— se realiza a través de medios electrónicos en un marco de uso de herramientas de las Tecnologías de Información y Comunicación, sin embargo, estás carecen de la interacción directa que el lector tiene con un libro objeto y su interrelación con éste. Los libros, y por ende, la lectura (como acto, no varía, a pesar de realizarse en medios electrónicos) han evolucionado a diferentes formatos cambiando en gran parte a la electrónica por la disponibilidad del internet y las bibliotecas virtuales, las cuales son un medio que favorece en este momento en el proceso de enseñanza- aprendizaje. Así como la forma de leer cambia, también lo hacen los ajustes, no es lo mismo ajustarse a un criterio de logro con un libro objeto que a uno electrónico, es decir hay que aprender a leer en un contexto y situación diferente a la tradicional.

***Palabras clave**: Comprensión lectora, estudiantes, TIC.*

Abstract

Reading -the basis of students' activities- is done through electronic means within a framework of use of Information and Communication Technology tools, however, these lack the direct interaction that the reader has with an object book and its interrelationship with it. Books, and therefore, reading (as an act, does not vary, in spite of being done in electronic media) have evolved into different formats, changing to a great extent to the electronic format due to the availability of the internet and virtual libraries, which are a medium that favors at this time in the teaching-learning process. Just as the way of reading changes, so do the adjustments; it is not the same to adjust to a criterion of achievement with an object book as with an electronic one, that is, one must learn to read in a context and situation different from the traditional one.

***Key words**: Reading comprehension, students, ICT.*

Introducción

> Incluso si ignoramos algunos detalles de un campo, particular en cuestión, no necesitamos inventar variables o principios para ocultar nuestra ignorancia. Es mejor admitirla.
> [1]

Los estudiantes han reemplazado la lectura en papel por los e-books, páginas de internet y los blogs, entre otras herramientas, las cuales son provistas por las tecnologías de información y comunicación (TIC), sustituyendo a la lectura tradicional.

Por ello se pretende definir, en este este estudio, la adquisición de la competencia lectora a través de medios electrónicos y su relación con los estudiantes, quienes dependen cada día más de las herramientas, de las TIC (aparatos y software, que permiten el almacenamiento, proceso, presentación y transmisión en formato electrónico, en este caso texto) para su formación académica, haciendo de éstas, parte obligada de su formación y, por ende, modificando los estilos de aprendizaje, lo cual deviene en acceso, casi en cualquier lugar, a libros, textos o manuales que coadyuvan en la realización de tareas o la adquisición de conocimientos, implicando que el estudiante debe ser competente para adecuarse a las exigencias de estas herramientas, estas circunstancias permiten que los estudiantes desarrollen nuevas habilidades y aptitudes en la comprensión lectora.

> La tecnología y las exigencias de la sociedad del siglo XXI hacen un gran eco en el ámbito de la educación, pues la sociedad del conocimiento requiere personas autónomas, emprendedoras, trabajadores creativos, ciudadanos solidarios y socialmente activos, por lo que se está promoviendo el concepto de “aprendizaje a lo largo de la vida” y “una educación desde la cuna hasta la tumba”, como lo diría Gabriel García Márquez (1996). El sistema educativo entonces no puede quedar rezagado a las nuevas exigencias de la sociedad, por tanto, es conveniente la formación de los nuevos ciudadanos, y la apropiación de las tecnologías que favorezcan el aprendizaje y así, proveer los medios y herramientas, que respalden el desarrollo de los conocimientos y de las competencias necesarias para la inserción social y profesional de calidad. [2, p.4].

Por otro lado:

> En medios digitales el texto mantiene una estructura flexible o multilineal., en una página Web se pueden seleccionar distintas páginas mediante vínculos, lo que obliga a modificar un proceso de lectura culturalmente aprendido durante años. Además, se deben considerar las diferentes características que presenta el material en medio digital, como la tipografía y la resolución de los caracteres. [3, p.118]

Al enfrentarse el lector (los estudiantes) a circunstancias nuevas, como lo es leer en un medio electrónico, en cualquiera de sus formatos, o en las herramientas de las TIC que ofrecen posibilidades diferentes, es necesario ajustarse efectivamente a este medio. Es decir, el estudiante debe reaprender a leer en una circunstancia diferente a la habitual en donde el lector interactúa con un objeto y aquí lo hace con una máquina, la cual le proporciona el medio a leer éste carece de cuerpo, pero toma la forma del recipiente que lo contiene como lo hace el agua, “un importante terreno en los cambios en la lectura y la escritura en el contexto de las nuevas tecnologías, y que luego de lo ya dicho necesita ser establecido con toda claridad, es el del aprendizaje” [4, p.160].

En el proceso de acompañamiento pedagógico [5] no se puede separar el aspecto social, la interrelación de un hombre con sus pares, el contexto o los objetos. Esta forma de actuar es la que ha sustentado el conocimiento y su difusión [6]. El texto electrónico carece del sentido social al que el lector, hasta este momento, está familiarizado y acostumbrado, ejemplo de esto son los universitarios cuya formación básica está basada en su mayoría en el uso del libro objeto, con el cual se establece una relación de agrado o rechazo. El libro como tal representa aprendizaje, conocimiento información o datos.

Esto tiene como objetivo principal que el estudiante se ajuste a las circunstancias en la lectura en medios electrónicos y esto le permita la aplicabilidad de dicha competencia.

La lectura en los medios electrónicos

La educación tradicional hasta ahora presenta elementos que están interrelacionados en el proceso de enseñanza aprendizaje, los cuales carecen del aspecto tecnológico [7] y el ajuste circunstancial para obtener un criterio de logro que permita al estudiante obtener un proceso completo conformado por el que enseña, el aprende y lo que se enseña, básicamente, por lo tanto, no puede variar.

El uso de estas TIC en el proceso de enseñanza aprendizaje necesita de ajustes a las circunstancias específicas y criterios de logro que permitan que este medio se convierta en una parte del proceso enseñanza aprendizaje a pesar de su carencia de interrelación hombre / objeto, En el ámbito educativo el uso de medios electrónicos constituye una práctica cada vez más frecuente en los estudiantes.

La incorporación de la Internet a la lectura en medios electrónicos demanda la interacción con pantallas, y esta lectura hace referencia a formas de enseñar y aprender cuya peculiaridad reside en la comunicación a través de estos medios.

Algunos ajustes en este sentido son:

> La lectura en pantalla exige conocimientos y práctica de habilidades y destrezas de lectura generales, de comprensión; y específicas, de la tecnología digital. Esta última, demanda que el lector posea conocimientos mínimos de computación, las capacidades para buscar, ubicar y establecer conexiones entre recursos desde múltiples y diversas perspectivas; la habilidad para manipular innumerables bases de datos y para la utilización de múltiples motores de búsqueda; la capacidad de asociación y de navegación para buscar, recorrer, encontrar, seleccionar, añadir, eliminar, fraccionar, reordenar y extraer de los textos en línea, con el menor esfuerzo posible, la información que necesitan o que les interesa e incluso, la facultad de realizar descubrimientos, por accidente, de documentos electrónicos con

> información que inicialmente no se buscaba, pero que termina por ser de gran utilidad [8, p.4].

La lectura es un proceso social [9]en el que toda decodificación o interpretación de signos lingüísticos, y la comprensión, están determinadas socialmente. Sin embargo, en este caso el aspecto de la interrelación queda a un lado del proceso de acompañamiento pedagógico. Esto hace necesario que el lector se ajuste a nuevos criterios y circunstancias que le permitan transformar la lectura y el aprendizaje basado en los libros objeto en criterios de logro dentro de los medios de lectura electrónicos, los cuales, a pesar de carecer del aspecto social, ayuden a transformar la manera de enseñar y aprender proponiendo una nueva forma de interactuar con los libros electrónicos y reformular la visión de la interrelación con un no objeto.

Haciendo necesario ajustarse a estas nuevas circunstancias para perpetuar el aprendizaje; las TIC permiten que los estudiantes desarrollen nuevas habilidades y aptitudes en la **comprensión lectora**, pues su práctica de vida ayuda al ajuste circunstancial en estas.

Actualmente los estudiantes en su mayoría tienen una dependencia de las TIC para su formación académica, haciendo de éstas parte obligada de su formación al transformar los estilos de **aprendizaje.** Los estudiantes pueden acceder casi en cualquier lugar a libros, textos o manuales que coadyuvan en la realización de tareas o la adquisición de conocimientos. Todo esto sin dejar a un lado que el estudiante debe ser competente para adecuarse a las exigencias de estas herramientas.

La lectura en los medios electrónicos o *e-reading* [9] necesita una competencia específica ya que esta práctica es una actividad sin contacto con un libro (desde el punto de vista tradicional). Esta nueva forma de leer, debido al uso masivo de las computadoras y al Internet, ha dado paso a una revolucionaria forma de lectura que empieza ya a tener un impacto muy importante en el desarrollo del saber, ya que, al tener acceso a un mayor y mejor número de libros y fuentes de información, sin importar donde se encuentren localizadas, permite que el estudiante lea en cualquier espacio en donde se encuentre, con o sin una conexión a internet, ya que los formatos de los libros electrónicos permiten que éstos se almacenen en memorias o discos duros. es necesario que el estudiante aprenda a distinguir una fuente confiable para su lectura académica.
En un futuro cercano el *e-learning* tal vez sea la única manera de acceder a un texto, un libro o una fuente de información en el medio educativo universitario.

La competencia de la lectura en los medios electrónicos

Ahora cada nuevo aprendizaje necesita competencias específicas que le permitan al estudiante necesita adecuarse a las circunstancias de éste y así obtener una educación efectiva. Por lo que ser competente es el **ajuste** de un sujeto a criterios de logro específico, resolviendo problemas en situaciones cambiantes. Una **competencia** se muestra cuando se da una interacción efectiva de ajuste a la

situación específica y con el uso del conocimiento aprendido en la práctica de vida o en condiciones controladas, obteniendo el ajuste y la resolución del problema.

El concepto de competencia ha adquirido importancia en los últimos años, no solo en la literatura sino también en distintos campos de aplicación, especialmente en el ámbito educativo. Sin embargo, su delimitación conceptual es ambigua, con poca relación con un cuerpo teórico sustentado en la ciencia básica del comportamiento humanos [10].

> Ser **competente** es el **ajuste funcional** de un sujeto a **criterios de logro específicos**, resolviendo problemas en situaciones cambiantes por la **singularidad** del individuo respecto al **lenguaje, contexto, conocimiento, circunstancia y temporalidad**. Una competencia se muestra cuando se da una interacción efectiva de ajuste a la situación específica y con el uso del conocimiento aprendido en la práctica de vida o en condiciones controladas, obteniendo el ajuste y la resolución del problema [11, p.7].

La lectura en un medio electrónico necesita un ajuste a las circunstancias del estudiante, ya que a pesar de saber leer en el formato tradicional, no es lo mismo leer en un medio electrónico, pues éste carece del aspecto social del cual se desprende la autogeneración del conocimiento, debido a la interacción del hombre con sus pares, en este caso el aprendizaje depende del ajuste a las circunstancias para resolver el problema de la lectura en un medio electrónico en el cual las demandas para realizar ésta cambian dependiendo el contexto.

> El conocimiento sobre los textos al que hemos aludido hasta aquí se modifica en la medida de las transformaciones que las prácticas de lectura y escritura sufren con el tiempo. En efecto, hay que tener en cuenta que las condiciones de interacción de una comunidad lingüística se desarrollan en forma continua. Por ello, los esquemas del tipo que estamos tratando se modifican con las cambiantes necesidades de las tareas comunicativas de una comunidad. Por ejemplo, las nuevas formas textuales que se han generado a partir de los intercambios lingüísticos producidos a través de las nuevas tecnologías de la información (chat, e-mail, etc.). [12, p.9].

Aunque el autor antes citado no hace una referencia específica a la lectura en medios electrónicos o *e-reading* en su investigación, es primordial que el estudiante reaprenda a leer en estas circunstancias donde el futuro de la lectura en los estudiantes estará mediado por los *e-books, e-pub, ePub 2, ePub 3* (maquetación fija), *iBooks Author, PDF, 3D Issure, Adobe Digital Publish* o similares, páginas web, blogs, entre otros, ya que estos formatos hacen necesario el reaprendizaje de una lectura de comprensión pues el medio con el que se interactúa es diferente.

La sociedad del conocimiento [13] de la que ahora se está hablando, no puede quedarse con medios de aprendizaje que no estén adecuados a los medios de los cuales el estudiante dispone para aprender. Estos medios permiten tener acceso a lecturas que carecen de un espacio físico o bien de una forma, estos medios son omnipresentes, siempre y cuando se tenga un acceso a internet o bien se disponga del

medio electrónico en una memoria, dando la ventaja que cualquier espacio donde se encuentre el estudiante lo puede convertir en un aula o un lugar de estudio, aunque tradicionalmente estos no sean los adecuados.

La enseñanza no puede quedar al margen de esta realidad tecnológica.

> La diversidad de nuevas formas de enseñar y aprender, basadas en las tecnologías, difiere mucho de las posibilidades que ofrecen los entornos tradicionales. El apoyo que las tecnologías de la información y comunicación están ofreciendo a los procesos de acompañamiento pedagógico, la están dotando de un gran potencial que están haciendo repensar y replantear los procesos didácticos. Una de las características que mejor la definen es la superación de las barreras del espacio, del tiempo y de la percepción. [14, p.132].

En esta nueva forma de leer, los medios electrónicos son una fuente inagotable, aunque en algunos casos no confiable, de libros y documentos proporcionados por investigadores y autores de manera que a pesar de no interactuar directamente con el lector su obra sirve de puente para la interacción entre el autor y el lector, cumpliendo la función del libro objeto. Adquiriendo la forma física del contenedor como el agua en el recipiente que le contiene, un *smartphone*, *tablet*, computadora personal, *laptop* entre otros.

Esta nueva forma de leer se desprende de prácticas sociales derivadas de la forma de vida de la sociedad, donde:

> El tutor tendrá que comprender como seleccionar, diseñar o adaptar los ejercicios para que coincidan con el dominio, nivel de habilidad, y el grado cognitivo de los estudiantes de la acción formativa, mientras que los hace lo suficientemente claros como para permitir a los estudiantes en sitios remotos, participar en ellos sin mucha supervisión directa. [15, p.254].

Con esta formación el estudiante es independiente y modula sus horas de estudio a partir de que lo puede hacer en casi cualquier lugar, por esto requiere de competencias para la lectura en formatos electrónicos, y que esta ventaja no se convierta en un obstáculo para su aprendizaje.

Desde este aspecto el *e-reading* o lectura en medios electrónicos es parte de un proceso educativo del cual no se puede separar.

Ahora bien, la llamada sociedad del conocimiento [13] se obtiene debido a la facilidad que disponen los medios para obtener y compartir la información. Siendo este término acuñado a partir de la educación como un actor de cambio en la sociedad y del conocer como un recurso económico, adecuándose el individuo al aprendizaje permanente para no quedar relegado en el trabajo y por ende en el aspecto económico y de inserción laboral.

Una vez más el aprendizaje es el motor de la economía, pero esta vez no como un sujeto doblegado por los mercados laborales sino como un actor de cambio y motor de la economía, dependiendo esta del hombre.

 ISSN 2007-8102

Consideraciones finales

La comprensión lectora por la mayoría de los estudiantes en los medios electrónicos es el primer paso para que ninguna persona se quede a un lado en la sociedad del conocimiento [13] ya que existen tres ciudadanías dentro de esta y el extranjero digital no las ocupa [16], en los usuarios de las herramientas de las TIC, y en la cual cada participante debe ser actor y no espectador de ésta.

No se puede separar el aprendizaje y la lectura electrónica, el proceso de la lectura en medios electrónicos no está aislada. El *e-learning* es un condicionante del ajuste a las circunstancias en la lectura en medios electrónicos. Estos dos procesos son inseparables para lograr un ajuste a las circunstancias con resultados positivos, ningún tipo de acción dentro de las TIC está aislada si se refiere al proceso de acompañamiento pedagógico.

> El aprendizaje basado en competencias no requiere de procedimientos de evaluación extrínsecos a la propia situación de acompañamiento pedagógico. La competencia tiene lugar o no tiene lugar en términos de actividades, criterios y logros en una situación determinada. Para programar la adquisición de una competencia se debe identificar la situación de aprendizaje en términos de la naturaleza de los objetos, organismos, personas, materiales o acontecimientos con los que se debe interactuar, así como las características de las acciones o conductas que corresponden funcionalmente a dicha situación. [10, p.42].

El fin de esto es lograr un comportamiento en el cual el hombre se ajuste a las circunstancias para lograr la comprensión lectora en los medios electrónicos y llegar al comportamiento que [17] define de la siguiente manera:

> Comportamiento lector – Es apropiarse del significado del texto y reconocer con poder de quien es detentor de esta información, para conseguir expresar con entendimiento lo que el autor quiso decir. Así, el lector puede confrontar con otros lectores las interpretaciones generadas y defender la comprensión obtenida en las lecturas efectuadas [p.48].

La comprensión lectora en los medios electrónicos permite que el sujeto aprenda y así sea un generador de conocimiento y se genere el aspecto social del proceso de acompañamiento pedagógico.

En estos casos la interacción dentro del proceso de acompañamiento pedagógico [5], hace a un lado momentáneamente la interrelación directa con el que crea y comparte estos conocimientos a través de los medios electrónicos, la interacción se da cuando el autor pone a disposición un libro o documento con el cual interactuará el lector, esto como un objeto-puente entre el autor y el lector, así tal vez recuperando la interacción y el aspecto social del proceso educativo.

Esta propuesta sirve para que se pueda definir una línea de investigación especifica de lectura en medios electrónicos, ya que la adecuación circunstancial a esta forma de lectura requiere competencias especificas por ser no lineal, la cual está en uso en los estudiantes que pertenecen a la aldea global, donde la perpetuación y transmisión de este es importante para la formación profesional de estos y la autopoiesis del conocimiento.

Referencias

[1] Kantor, Jacob Robert. (1978). *Psicología interconductual. Un ejemplo de construcción científica y sistemática*. México: Trillas (Trabajo original publicado en 1967).

[2] Clavijo Cruz, Jairo., Maldonado Carrillo, Ana Teresa., & Sanjuanelo Cuentas, Milagro. (2011). *Potenciar la comprensión lectora desde la tecnología de la información. Escenarios*, 9(2), 26-36. Recuperado de http://www.uac.edu.co/images/stories/publicaciones/re vistascientificas /escenarios/volumen-9-no- 2/articulo3.pdf

[3] Romo González, A. E. (2011). *Hacia una nueva cultura: La comprensión en la lectura digital*. Recuperado de https://www.comprensionlectora.es/index.php/2013-11-27-14-18-14/2013-11-27-16-12- 41/articulos-cl/item/download/281_1dd894d8a8c4e0af5a2fb28a0f6be540

[4] Gutiérrez, Eduardo. (2009). Leer digital: la lectura en el entorno de las nuevas tecnologías de la información y la comunicación. *Signo y Pensamiento,* XXVIII (54), 144-163. Recuperado de http://www.redalyc.org/pdf/860/86011409010.pdf

[5] Ostos, Eduardo. (2006). *Proyecto Formativo*. México: Ediciones S.T.J.

[6] Luhmann, Niklas. (1984), *Sistemas Sociales*, Barcelona: Anthropos-UIA-CEJA.

[7] Maldonado, Estela & Juárez, José Inés. (2006). *De profesor a asesor*. Recuperado de http://cad.cele.unam.mx:8080/RD3/prueba/pdf/maldonado.pdf

[8] Torres, María Bernarda. (2012). *La lectura en pantalla y las nuevas competencias de la era digital*. Recuperado de http://seadiuncoma.files.wordpress.com/2012/06/017-la-lectura-en-pantalla-y-las-nuevas- competencias-de-la-era-digital.pdf

[9] Carpio Brenes, María de los Ángeles (2013). Escritura y lectura: hecho social, no natural. *Revista Electrónica Actualidades Investigativas en Educación*, 13 (3), 1-23. Recuperado de http://www.redalyc.org/comocitar.oa?id=44729878016

[10] Ribes, Emilio. (2011). El concepto de competencia: su pertinencia en el desarrollo psicológico y la educación. *Bordón. Revista de pedagogía*, 63(1), 33-45.

[11] Castillo Hernández, José Andrés (2017). *El concepto de competencia desde el interconductismo*. Manuscrito presentado para su publicación.

[12] Gatti, Alberto Edgardo. (2008). *Comprensión de textos y aprendizaje en la formación universitaria: diseño y valoración de una intervención educativa orientada a mejorar la compresión lectora con adultos universitarios* (Tesis doctoral). Recuperada de http://e-spacio.uned.es/fez/view.php?pid=tesisuned:Psicologia-Aegatti

[13] Prensky, Marc. (2010). *Nativos e Inmigrantes Digitales*. Recuperado de http://www.marcpr ensky.com/writing/Prensky-NATIVOS%20E%20INMIGRANTES%20DIGITALES%20%28SEK %29.pdf

[14] Perera, V.H. (2007). *Estudio de la interacción didáctica en E-Learning*. Tesis doctoral. Universidad de Sevilla. Recuperada de https://docplayer.es/95400854-Perera-v-h-2007-estudio-de-la-interaccion-didactica-en-e-learning-tesis-doctoral-universidad-de-sevilla.html?cv=1

[15] Yot Domínguez, Carmen Roció. (2013). *E-learning: Análisis de competencias y perfiles profesionales* (Tesis doctoral). Recuperada de http://fondosdigitales.us.es/media/thesis/ 1923/K_Tesis-PROV46 .pdf

[16] Castillo Hernández, José Andrés (2017b). *La sociedad del conocimiento y la otra sociedad, ¿un abismo?*. Recuperado de http://debate2017.eduqa.net/file.php/1/Memorias_2017/Memoria_2017_tomo_5_de_5.pdf

[17] Duarte Cunha, Rosemary. (2012). *La enseñanza de la lectura y su repercusión en el desarrollo del comportamientolector* (Tesis doctoral). Recuperada de http://dspace.uah.es/dspace/ bitstream/handle/10017/15281/Tesis%20Doctoral.%20Rosemary%20Duarte%20CunhaB.pdf?sequence= 1

 ISSN 2007-8102

WEBNotebooks sobre Internet

A. Lorandi Medina[1], G. Ortigoza Capetillo[2], G. Hermida Saba[1],*
[1]Instituto de Ingeniería, Universidad Veracruzana, Av. S. S. Juan Pablo II s/n, Fracc. Costa Verde, C.P. 94292, Veracruz, Ver., México
[2]Facultad de Ingeniería, Universidad Veracruzana, Blvd. Adolfo Ruíz Cortines 455, Costa Verde, 94294 Veracruz, Ver., México
**alorandi@uv.mx*

***Área de participación**: Investigación Educativa*

Resumen

En este trabajo se hace una revisión de las aplicaciones de Software Libre que permiten poner en operación un servidor WEB donde alojar WEBNotebooks (libretas de notas WEB) interactivas para hacer matemáticas desde un navegador, no son consideradas las aplicaciones de software privativo o servicios WEB que impliquen costo a pesar de que presentan características importantes porque, se busca ofrecer solo aplicaciones libres que las universidades públicas puedan poner en servicio para su comunidad académica, sobre todo para el área técnica donde se requiere de gráficos, matemáticas, algoritmos y sobre todo un entorno donde poder escribir documentos técnicos. Para valorar las distintas aplicaciones se consideran algunas características como el tipo de licencia, facilidad de instalación, seguridad, desarrollo, consumo de recursos, etc. Todo con el objetivo de poder dimensionar su instalación, características y posibilidades de uso.

***Palabras clave**: WEBNotebooks, Libretas científicas, Software Libre, Aplicaciones WEB.*

Abstract

A review is made of Free Software applications that allow putting on line a WEB server to host interactive WEBNotebooks (notebooks for WEB notes) to do mathematics from a browser, they are not considered proprietary software applications or WEB services that imply cost although they have important characteristics, because it seeks to offer only free applications that public universities can put into service for their academic community, especially for the technical area where graphics, mathematics, algorithms are required, and especially an environment where they can write technical documents. To assess the different applications, some characteristics such as the type of license, ease of installation, security, development, resource consumption, etc. are considered. All with the aim of being able to size its installation, characteristics and possibilities of use.

***Key words**: WEBNotebooks, Scientific Notebooks, Open Source, WEB Applications*

Introducción

Una libreta de notas científicas o Notebook en inglés en este trabajo se considera un documento donde, se puede escribir texto libre o con formato, fórmulas de todo tipo que sean resueltas de manera automática, generar gráficas de todo tipo en 2 y 3 dimensiones, prácticamente el equivalente a una libreta de notas científicas inteligente que permite crear un documento con contenido enriquecido (Rich media en inglés), que además permite realizar cómputo científico, matemáticas simbólicas o numéricas, macrodatos (Big data en inglés), cálculos estadísticos, *LaTeX* (un sistema de composición de textos, orientado a la creación de documentos escritos que presenten una alta calidad tipográfica.) para escribir en lenguaje matemático y muchas otras más que, pueden representar una valiosa herramienta para la docencia [1], [2], [3], [4], investigación [5], [6], [7], [8] y hasta publicación en universidades [9], [10].

 ISSN 2007-8102

Por otro lado, una WEBNotebook es una libreta (Notebook en inglés) que se aloja en la WEB y que se puede compartir o colaborar en ella mediante el uso de un navegador de Internet, esto implica que la arquitectura es cliente – servidor, que además puede tener diferentes núcleos para ofrecer acceso a lenguajes, principalmente *Python* [11] u otras aplicaciones instaladas en el servidor, librerías especializadas como *Matplotlib* para gráficas de todo tipo, *SymPy* [12] para matemáticas simbólicas, *NumPy* para manejo de vectores y matrices, *Pandas* para análisis de datos, etc. En otras palabras, un servicio WEB donde poder publicar páginas conteniendo matemáticas y contar con la posibilidad de crear documentos dinámicos y lograr interactuar con todas estas herramientas matemáticas.

Desde el punto de vista del usuario, una WEBNotebook ofrece un entorno de trabajo interactivo donde se puede desarrollar código principalmente en Python (aunque permite otros lenguajes) donde de manera dinámica, se van integrando en un mismo documento, bloques de código, texto, gráficas o imágenes, mediante el uso de celdas en donde se escribe una o varias líneas de código que se van ejecutando. También en estas celdas es posible escribir texto plano o con formato que se muestre de diferente manera si se quiere que funcione como título, separador de sección, etc.

Lógicamente el uso de estas Notebooks requiere de una curva de aprendizaje que implica además, saber algo de programación, estar familiarizado con el lenguaje Python, con el uso de LaTeX, del lenguaje HTML y algunas cosas más, para explotar debidamente esta herramienta, pero afortunadamente, existe una excelente documentación y manuales en línea disponibles para ello. De hecho, en algunas universidades los profesores hacen sus notas de clase usando WEB Notebooks con buenos resultados ya que es posible descargarlas en formatos PDF, HTML o colocarlas en GitHub para su libre distribución, la figura 1 es un ejemplo típico de WEBNoteboks.

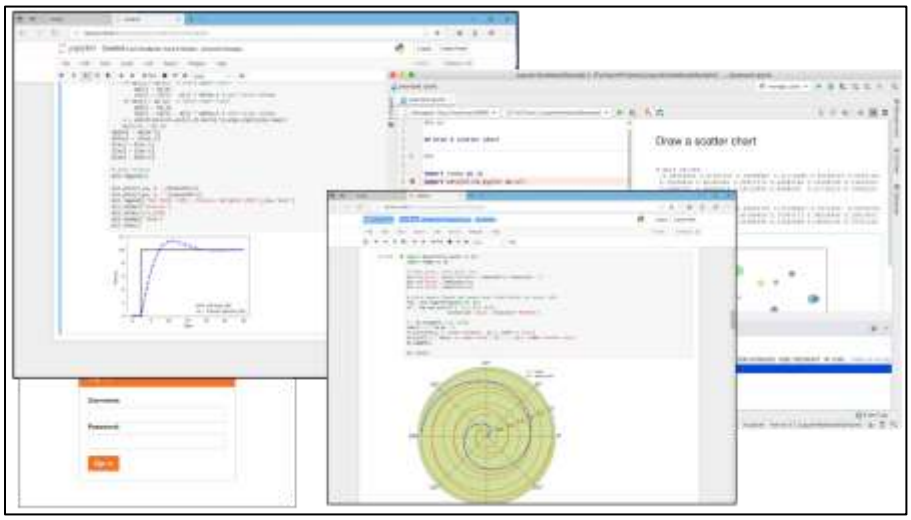


Figura 1 Ejemplo de WEBNoteboks

Un poco de historia de las Notebooks y las WEBNotebooks

Las Notebooks fueron inventados según Wolfram Research [13] en 1988 con la aparición de *Mathematica* 1.0 [14] aunque, *Mathcad* de MathSoft (ahora *PTC MathCad*), ya ofrecía algo similar desde 1986, inclusive para 1982 ya existía *Macsyma* (Project MAC's SYmbolic MAnipulator) desarrollado de 1968 a 1982 por el proyecto MAC (machine-aided cognition) del MIT [15] que al ser licenciado a Symbolics Inc., se convirtió en *Symbolic Macsyma* (ya desaparecido), que también presentaba una interface semejante a un Notebook usando el lenguaje *Lisp* (del que surgió *Maxima* en 1982, una versión de Software Libre escrita en *Coomon Lisp*), *Matlab* también ofrece un entorno semejante y la primera versión data de los 70 y por la década de los 80, INRIA inició un desarrollo (*Blaise*) que terminó en *Scilab*, que ofrece una versión en línea. Una perspectiva interesante se pude consultar en [16].

Por otro lado las WEBNotebooks representadas posiblemente de la mejor manera por las Notebooks de *IPython* [17], [18] un shell interactivo de *Python*, son libretas de notas científicas interactivas soportadas por un núcleo (kernel en inglés) que interpreta las instrucciones y una interface gráfica (dashboard en inglés), a las que se accede mediante un navegador de Internet, donde además se pueden incluir texto en formato marcado ligero (m*arkdown en inglés*), código de diversos lenguajes, imágenes y gráficas de 2D y 3D, HTML acompañado de *MathML*, *XML*, *MathJax*, librerías que complementen el ambiente y acceso a otras aplicaciones que sean llamadas para solucionar el problema que escribimos.

Una característica importante de las WEBNotebooks es que se pueden compartir, permitiendo así la colaboración en línea de otros usuarios, o inclusive soporta la ejecución de aplicaciones en paralelo. Por ejemplo, *nbviewer* ofrece la posibilidad de compartir Notebooks de *Jupyter* en forma de páginas estáticas que se pueden visualizar desde cualquier navegador.

Actualmente la muestra más representativa de WEBNotebooks es el proyecto Jupyter [19] que soporta una amplia variedad de núcleos y lenguajes como *Julia, Python* y *R* de donde toma su nombre, así como la alusión a los cuadernos de Galileo relatando el descubrimiento de las lunas de *Jupyter*; y las *SAGE Notebooks* [20] con soporte inclusive para *Jupyter*; ambas soportadas por *Python* principalmente y con un intenso desarrollo y posibilidades de crecimiento.

Restricciones del trabajo

Bajo todo lo anterior, no se consideran en este análisis aplicaciones de escritorio de software privativo como *Mathematica* que *Mathics* prácticamente suple su lenguaje, *PTC MathCad*, *Matlab* que se puede suplir por *NumPy, SciPy* y *Matplotlib/Pylabser* por ejemplo [21], *Mapple*, etc. porque tienen costo y no se ofrecen para correr sobre Internet con acceso mediante un navegador (salvo algunas excepciones como *Mathematica on line*), tampoco se consideran las aplicaciones de software libre como *Scilab, GNU/Octave, R, Maxima*, etc. por las mismas razones aunque, pueden ser ejecutadas bajo una WEBNotebook en línea mediante un kernel o llamadas desde el ambiente WEB.

En resumen, en este trabajo se hace una revisión de las aplicaciones de Software Libre que permiten poner en operación un servidor WEB donde alojar WEBNotebooks (libretas de notas WEB) para hacer matemáticas y cálculos científicos desde un simple navegador. No se consideran las aplicaciones de software privativo o servicios WEB que impliquen costo a pesar de que presentan características importantes; esto es en virtud de que se busca ofrecer solo aplicaciones libres, que las universidades públicas puedan poner en servicio para su comunidad académica, sobre todo para el área técnica, donde se requiere de gráficos, matemáticas, algoritmos y principalmente un entorno donde poder escribir documentos técnicos que pueden representar un valioso apoyo a la docencia.

Herramientas de soporte

Dentro del tema, el lenguaje de *Markup* combinado con algunas adiciones representa un enorme potencial para la docencia sobre la World Wide WEB (WWW) y pueden ofrecer un entorno libre para la enseñanza de las matemáticas además de un medio para compartir notas de clase e inclusive aplicar exámenes en línea. De la misma forma *MathML* (Mathematics Markup Language) permite almacenar y transferir fórmulas matemáticas en la WEB por lo que es importante para poder escribir notación matemática.

MathJax [22] es una biblioteca *JavaScript* que permite visualizar fórmulas matemáticas en navegadores web, utilizando los lenguajes de marcado LaTeX o *MathML, MathJax* tiene licencia libre (licencia Apache, concretamente) y soporta múltiples navegadores. Por su parte, *XML* ofrece *SGML* (Standard Generalized Markup Language) en la WEB por lo que también es una herramienta adecuada para manejar documentos textuales. Adicionalmente, con la ayuda de *Pandoc* [23] una utilería para la conversión de texto en formato *Markdown* a muchos formatos incluyendo *MS-Office, OpenOffice/LibreOffice, LaTeX* y *HTML*.

 ISSN 2007-8102

Por último *Python*, por el hecho de que muchas de las aplicaciones a considerar están soportadas por este [24], ya que es un lenguaje de programación interpretado cuya filosofía hace hincapié en la legibilidad de su código y por ser, un lenguaje multiparadigma que soporta orientación a objetos, programación imperativa y en menor medida, programación funcional. Lógicamente, lo anterior también aplica a *Cython* un lenguaje de programación para simplificar la escritura de módulos de extensión para *Python* en *C* y *C++* e *IPython* y todas las librerías relacionadas.

Aplicaciones WEB seleccionadas

Para propósitos de este trabajo y considerando aspectos tales como: que sean de software libre, que corran desde un navegador WEB y que se puedan instalar en un servidor, se seleccionaron las siguientes aplicaciones:

- Mathics
- SAGEMath
- CoCalc
- Jupyter
- Jupyterhub
- Jupyterlab
- Zeppelin
- Polyplot

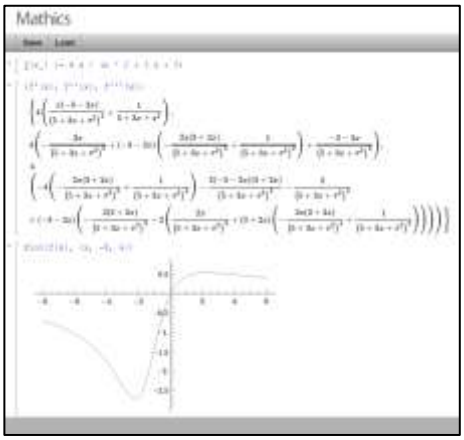


Figura 2 Mathics

Como primera opción (aunque es muy complicado ponerla en un servidor en ambiente multiusuario) esta *Mathics (Fig. 2)*, una alternativa libre (*GPL*) a programas de matemáticas como *Mathematica* y *Matlab*, es un sistema de álgebra computacional (*CAS*) libre y gratuito con una interfaz web y basado en *SymPy* y *Sage*, de propósito general, con una sintaxis semejante a *Mathematica*, soportado sobre *Pyhthon* y para la mayoría del trabajo matemático rutinario. Se puede instalar directamente desde el sistema con *PIP* o desde código fuente, la versión actual es la 1.0. Existe adicionalmente un kernel en *Jupyter* para *Mathics*.

Este desarrollo es un proyecto personal de Jan Pöschko, un estudiante austríaco y desde 2013 es mantenido por Angus Griffith. Aunque está basado en SymPy y cuenta con soporte para *SAGE*, trata de tomar la sintaxis de *Mathematica*, ya que busca parecerse a *Mathematica* lo máximo posible. No se puede ejecutar remotamente pero se accede a él desde un navegador así que con un cliente remoto cada usuario podría correr la aplicación.

Dentro de las aplicaciones que si son multiusuario y se pueden alojar en un servidor se encuentra *SageMath* (antes *Sage*, desarrollado en 2005) ver Fig. 3. Una aplicación de matemáticas de software libre (GPLv2) desarrollada sobre *Python* y *Cython*, que puede hacer uso de *NumPy, SciPy, matplotlib, Sympy, Maxima, GAP, FLINT, R* y otros. Su misión es crear una alternativa libre a *Magma, Maple, Mathematica* y *Matlab*. Ofrece un Notebook que soporta casi todo lo que los Notebooks de I*Python*, Jupyter y adicionalmente diferentes lenguajes como R, soporta también LaTeX mediante JavaScript y va en la versión 8.9. Se puede instalar desde fuentes, binario o Imagen para *Docker* y para *VirtualBox*. Corre en ambiente WEB y multiusuario por medio de la creación de cuentas mediante su propia herramienta de manejar usuarios.

 ISSN 2007-8102

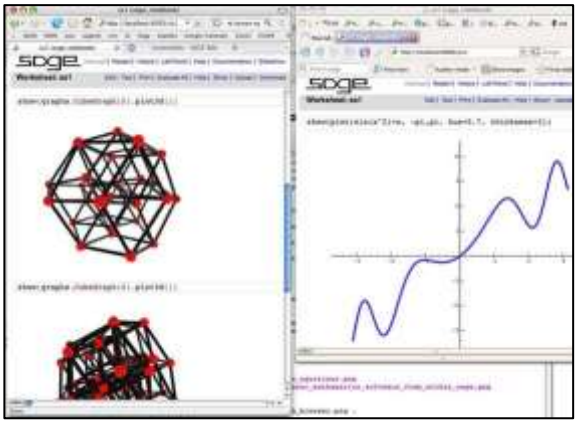


Figura 3 SageMath

Para el manejo de usuarios, ya instalado *SAGE Math* (en Debian y Ubuntu está en los repositorios y basta un “apt install sagemath”), se debe crear un usuario dedicado a correr la aplicación y al iniciar se escribe: *notebook(interface=,secure=True* que preguntará por el password de administrador y el nombre del servidor; hecho esto iniciará un servidor WEB al que se conecta sobre el puerto 8082, se inicia con el usuario “admin” y el password seleccionado previamente, y desde ahí, se podrán adicionar más usuarios desde “Settings”, “Manage Users”.

Sage hace uso de muchas aplicaciones de software libre como: *Maxima, GAP, ATLAS, BLAS y LAPACK, NumPy, SciPy, PARI/GP, Matplotlib, Jmol, R* y varios más, además es posible ejecutar instrucciones de *GNU/Octave* si está instalado en el servidor sin necesidad de algo adicional (*Octave* debe estar dentro de las variables de entorno “*path*”), lo mismo aplica para ejecutar código de *Scilab* inclusive, SAGE soporta Notebooks de Jupyter lo que lo hace muy versátil y adecuado para instalar en universidades públicas al servicio de su comunidad académica.

Como una evolución de SAGE, se encuentra *CoCalc* (Collaborative Calculation in the Cloud) o *SageMathCloud* ver Fig. 4. Un desarrollo posterior a *SAGE Math* que consiste en un sofisticado espacio de trabajo en línea que soporta tanto *Jupyter notebooks* como *SageMath worksheets*. Basado en *Python* y *R* ofreciendo una amplia variedad de paquetes y librerías. Se puede usar *LaTeX* y documentos en *R* dentro del navegador aunque se puede correr en una terminal. *CoCalc* es una plataforma pensada en gestión de cursos para la docencia en línea con colaboración en sus Notebooks.



Figura 4 Cocalc

CoCalc se ofrece como un servicio en línea hasta el momento sin costo aunque se puede instalar en un servidor mediante una imagen para *Docker* con las restricciones pertinentes. En virtud de que no hay documentación para hacer una instalación limpia desde fuentes, la única posibilidad es usar la imagen de docker por lo que no presenta una alternativa significativa para universidades públicas, salvo que se quiera usar el servicio en línea que es gratuito a pequeña escala pero el precio para explotar el sistema va desde los $149.00 dólares al año hasta $1,499.00 dólares anuales.

La idea de *CoCalc* es construir o trabajar en proyectos para trabajar en equipo, cada proyecto consiste de archivos a los que solo pueden acceder el dueño del proyecto y sus colaboradores. Cada usuario y sus colaboradores pueden editar estos archivos al mismo tiempo lo que implica que están sincronizados y en tiempo real.

Como alternativa importante a *SAGE* están *Jupyter, Jupyterhub* y *JupyterLab, ver Fig. 5*. Un proyecto desarrollado como el siguiente paso a las Notebooks de IPython, es un ambiente de desarrollo interactivo basado en WEB donde las Notebooks soportan código y datos. Jupyter es muy flexible donde la interface del usuario soporta un amplio rango de flujos de trabajo en ciencia de datos, computación científica y sistemas de aprendizaje automáticos (Machine Learning en inglés). Además, el sistema es modular y expandible mediante complementos o plugins que se integran al sistema y resulta muy adecuado, por ejemplo para la docencia [25].

 ISSN 2007-8102

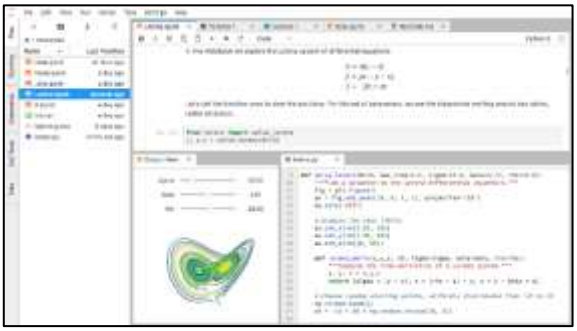


Figura 5 Jupyterlab

Jupyter Notebook es una aplicación cliente-servidor lanzada en 2015 por la organización sin ánimo de lucro Proyecto Jupyter. Permite crear y compartir documentos WEB en formato *JSON* que siguen un esquema versionado y una lista ordenada de celdas de entrada y de salida. Estas celdas albergan, entre otras cosas, código, texto (en formato Markdown), fórmulas matemáticas y ecuaciones, o también contenido multimedia (Rich Media). La aplicación es de código abierto con una licencia *BSD* modificada.

El programa se ejecuta desde la aplicación web cliente que funciona en cualquier navegador estándar. El requisito previo es instalar y ejecutar en el sistema el servidor Jupyter Notebook. Los documentos creados en Jupyter pueden exportarse, entre otros formatos a: *HTML, PDF, Markdown* o *Python* y también pueden compartirse con otros usuarios por correo electrónico, utilizando Dropbox o GitHub o mediante el visor integrado de Jupyter Notebook.

En Jupyter se pueden instalar diversos núcleos (kernels) entre los que destacan: *Gap* para álgebra computacional discreta, GNUPlot para gráficas de todo tipo, IOctave para una Notebook con *GNU/octave, iScilab* para usar *Scilab, Maxima-Jupyter* para usar *maxima y R* para hacer estadísticas. Inclusive para software privativo como: Matlab-kernel para tener *Matlab, Wolfram Language for Jupyter* para ejecutar *Mathematica*.

Para el área de ingeniería de control por ejemplo, existen una buena cantidad de librerías que se pueden adicionar a Jupyter tanto para la docencia como la investigación como por ejemplo: *Python Control Systems Library* que prácticamente suple a *Matlab* (sin Simulink), *Slycot* (Python wrapper for the Subroutine Library in Systems and Control Theory), *Harold* (A control systems package for Python).

JupyterHub es un servidor con proxy multiusuario que interconecta varias instancias Jupyter Notebook. Puede estar alojado en la nube o en nuestro propio hardware y lo que permite es utilizar un entorno compartido del Notebook. El administrador del servidor se encarga de gestionar el acceso compartido a cada uno de los documentos según considere oportuno (se puede implementar un método de autenticación) y el resto de los usuarios individuales pueden concentrarse por completo en realizar sus tareas. Se puede encontrar información detallada sobre cómo instalar y alojar JupyterHub en el repositorio GitHub oficial del entorno multiusuario.

La aplicación tiene soporte para usar autentificación de usuarios con *PAM* (Pluggable Authentication Modules) y *LDAP* (Lightweight Directory Access Protocol en inglés), *SAMBA* y experimentalmente se puede usar Active Directory con una aplicación en Linux Centrify Express for Linux. Además tiene una herramienta de administración de usuarios si se habilita la cuenta de administrador en el archivo de configuración.

JupyterLab es el sucesor oficial de Jupyter Notebook, pero a la larga acabará reemplazando al programa clásico. Las diferencias entre ambos residen en que JupyterLab ofrece más opciones de personalización e interacción y en él es más sencillo aún implementar extensiones. Además de los editores de texto, terminales y otros componentes que pueden abrirse y visualizarse al mismo tiempo que los documentos de Notebook, la nueva interfaz de usuario, gracias a su nuevo diseño, incluye también accesos directos a Google Drive y otros servicios en la nube, nuevas opciones en el menú y atajos de teclado para que el trabajo en el entorno de código sea aún más fácil.

Jupyterlab ofrece nuevas funcionalidades como: expandir y contraer celdas, arrastrar y soltar celdas en las Notebooks, completar texto e instrucciones con el tabulador, algunos temas para la interface

 ISSN 2007-8102

y sobre todo, extensiones o paquetes *npm* en *JavaScript*), inclusive acceso a GoogleDrive, GitHub, Git y hasta diagramas con drawio.

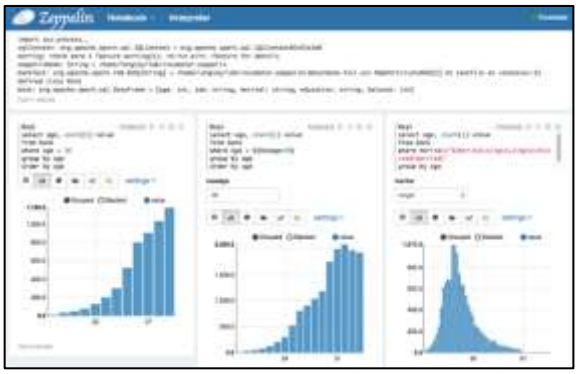


Figura 6 Apache Zeppelin

Por el lado de la Apache Software Foundation está Apache Zeppelin, ver Fig. 6. Una implementación del concepto de WEB Notebook, centrado en la analítica de datos interactivo mediante lenguajes y tecnologías como Shell, Spark, SparkSQL, Hive, Elasticsearch, R, etc., soporta Python/Ipython y Apache Spark por lo que puede correr en clusters, también permite la mezcla de lenguajes en una sola Notebook. Está en desarrollo (iniciado en 2013 y está en su versión 0.8.2) y se puede instalar desde código fuente, docker y hasta como servicio con Amazon. No tiene tantas extensiones como Jupyter aunque ofrece mayores posibilidades en seguridad. Soporta cerca de 20 kernels contra cerca de 85 que soporta Jupyter y requiere de Java.

Apache Zeppelin es una solución más para visualizaciones de analítica de datos como web notebook, esto es, podremos generar a partir de nuestro webserver un Dashboard con muestras analíticas, o también, en formato incrustado (embedded en inglés) dentro de nuestras propias aplicaciones.

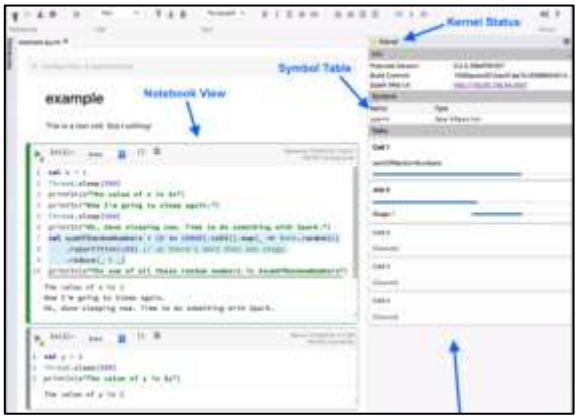


Figura 7 Polynote

Por el lado de compañías que uno supondría que no ofrecen soluciones libres, se encuentra Polynote, ver Fig. 7. Una alternativa a Jupyter desarrollada por Jeremyr Smith y Jonathan Indig con inversión de Netflix (Open Source Software Center), en desarrollo inicial (va en la versión 0.2.14) y se anuncia como un tipo diferente de Notebook que soporta la mezcla de múltiples lenguajes en la misma libreta con la idea de generar modelos de datos inmutables. Requiere de mayor desarrollo para poder competir realmente con Jupyterhub o Jupyterlab. Es posible instalarla desde código abierto, Docker (un proyecto de código abierto que automatiza el despliegue de aplicaciones dentro de contenedores de software, proporcionando una capa adicional de abstracción y automatización de virtualización de aplicaciones en múltiples sistemas operativos.) e inclusive como un servicio con costo, soporta Python o Scala, Apache Spark (un framework para clusters), SQL o Vega, soporta TeX y usa Java o JVM.

Polynote [26] consiste en una aplicación instalada en un servidor, basada en JVM que sirve a clientes basados en WEB. De forma estándar se usa para acceder a este el puerto 8192 y su principal característica es que es “polyglota” por soportar múltiples lenguajes en una Notebook. Además Polynote proporciona configuración de dependencia guardada en la Notebook en sí, al mismo tiempo que permite la exploración de datos con matplotlib y la gramática de visualización de Vega.

 ISSN 2007-8102

Resultados y discusión

Análisis

En este apartado se valora a cada una de las aplicaciones atendiendo los aspectos más importantes desde el punto de vista de su instalación, seguridad, tipo de licencias, estado desarrollo, soporte y consumo de recursos. Para poder contrastar las aplicaciones se realizó el proceso de instalación de cada una de ellas y se probaron con algunos problemas de cómputo científico, además se hizo una búsqueda detallada en google que permitió valorar su soporte.

Licencias

Las licencias y plataformas en que corren las aplicaciones seleccionadas son las siguientes:

Tabla 1. Tipos de licencia de las aplicaciones revisadas

Aplicación	Licencia	Multiusuario	Plataforma
Mathics	GPLv3	No	Linux/Windows
SAGEMath	GPLv3	Si	Linux/Windows/MAC OSX
CoCalc	GPLv3	Si	Linux/Windows/MAC OSX/*Docker
Jupyter	BSD modificada	No	Linux/Windows/MAC OSX con Python
Jupyterhub	BSD modificada	Si	Linux/Windows/MAC OSX/Docker
Jupyterlab	BSD modificada	Si	Linux/Windows/MAC OSX
Zeppelin	Apachev2	Si	Linux/Windows/MAC OSX
Polynote	Apachev2	Si	Linux/ MAC OSX

Facilidad de instalación

De las seis aplicaciones (lógicamente si se usa Docker es simple la instalación de CoCalc) la más simple de instalar es Mathics, en segundo término, Jupyter en todas sus variantes, aunque la configuración es un poco complicada para Jupyterhub y Jupyterlab, SAGE es la siguiente en cuanto a la facilidad de instalación y Zeppelin y Polynote tienen más o menos la misma complejidad.

El sistema operativo donde resulta más sencillo instalarlas es Linux, posiblemente siga MACOSX por ser un FreeBSD y al final Windows, aunque con una instalación como WinPython o Anaconda se simplifica el trabajo (pero no es adecuado para usarse como servidor), pero en definitiva Linux es la mejor opción.

Seguridad

En lo referente a seguridad Polynote no ofrece autentificación ni posibilidad de restringir el acceso, de hecho en la instalación dice claramente que “actualmente no tiene seguridad o autentificación”. Mathics y Jupyter al correr en la misma computadora donde se ejecutan, se pueden considerar seguros pero no son adecuadas para su explotación vía WEB.

Las aplicaciones restantes Jupyterhub, Jupyterlab, SageMath y Zeppelin, cuentan con esquemas de autentificación o inclusive acceso por HTTPS, Zeppelin puede ser configurado para usar LDAP, Active Directory y con la ayuda de Shiro (un framework de seguridad en Java) presenta buenas perspectivas de seguridad, encriptación, control de acceso y autentificación, además de acceso por HTTPS; en lo referente a SageMath el sistema tiene su propio manejador de usuarios, se puede configurar con SSL (Transport Layer Security), y para mayores opciones se puede consultar la tesis [27] por lo que se puede considerar una aplicación segura; finalmente Jupyterhub y Jupyterlab soportan encriptación en SSL y al basar el acceso en los usuarios del servidor, es posible considerar que tiene una buena seguridad.

 ISSN 2007-8102

Estado de desarrollo

Por el grado de desarrollo y pensando en que la aplicación pueda ser instalada en universidades públicas como un servicio WEB para sus usuarios, las alternativas que mejores prestaciones y soporte ofrecen son SAGE y Jupytyer ya sea Jupyterhub o Jupyterlab. De las dos aplicaciones Jupyter supera por mucho a Sage por lo que se podría decir que es la más indicada para poner en servicio, al menos en Stackshare así se muestra. Inclusive con BeakerX es posible como una extensión de Jupyter tener acceso a JVM, Spark clusters, programación polyglota, gráficas interactivas, tablas, formas y publicación a Github.

Soporte

En lo referente a soporte y considerando la información disponible en Google y Google Académico se tiene que en una búsqueda en ambas plataformas arroja:

- Jupyter.- Google cerca de 262,000 resultados, Google académico aproximadamente 457 resultados.
- SageMath .- Google cerca de 481,000 resultados, Google Académico aproximadamente 6,690 resultados
- Apache Zeppelin.- Google cerca de 4,000,000 resultados y Google Académico aproximadamente 1,420 resultados

Lo que indica una buena cantidad de información y soporte de las tres aplicaciones.

Consumo de recursos

De las tres aplicaciones que mayores posibilidades de instalación ofrecen en ambientes universitarios, SageMath es la que mayores recursos consume ya que se requiere de un ambiente gráfico en el servidor para poder administrar las cuentas de usuarios lo que implica uso de memoria adicional para ello, inclusive con un ambiente gráfico ligero.

Tanto Apache Zeppelin como Jupyter recomiendan 1GB por usuario pero hay opciones de configuración para limitar este valor, inclusive hasta para limitar cuanto del CPU pueden usar los usuarios y ambas aplicaciones pueden correr en clusters. De hecho hay una extensión para Jupyter *nbresuse* y una aplicación *memory_profiler*, que permiten monitorear el uso de recursos y que podrían correr en Zeppelin usando un Notebook de Jupyter.

En lo referente al servidor WEB al menos en las pruebas realizadas el desempeño fue similar, aunque no se pueda hablar de una comparación real porque Apache, es un servidor WEB muy usado y Tornado un Framework y servidor WEB escalable sin bloqueo, pero para las aplicaciones analizadas al menos en las pruebas realizadas el desempeño fue similar.

Resumiendo las características analizadas y considerando solo las tres aplicaciones que mejores ventajas ofrecen se puede clasificar las características en la tabla 2, considerando 1 como la mejor valoración y 3 la menor.

Tabla 2 Valoración de las características

Aplicación	Licencia	Consumo de recursos	Seguridad	Facilidad de Instalación	Grado de desarrollo	Soporte
SAGEMath	GPLv3	1	1	2	2	2
Jupyterlab	BSD modificada	2	1	1	1	1
Zeppelin	Apachev2	2	1	3	3	3

Conclusiones

A partir del análisis realizado y considerando aspectos como la estabilidad de operación, manejo de gráficos, configuración, extensiones, kernels soportados y comunidad que lo soporta podemos concluir que Jupyter y Zeppelin son las aplicaciones mejor valoradas, poniéndose de manifiesto de manera importante los siguientes aspectos:

- De las aplicaciones consideradas podemos decir que Jupyter en sus variantes es la mejor elección, tanto por la comunidad que lo soporta y la que soporta Python, de hecho en Google Trends la diferencia es notoria (a pesar de que Jupyter nace en 2012 y Zeppelin en 2013). Además Jupyter ha sido usado por Google y NASA durante un buen tiempo.

- En lo referente a los núcleos soportados, Jupyter menciona un poco más de 80 mientras que Zeppelin cerca de 19, lo que le da mayor versatilidad a las variantes de Jupyter. Una característica interesante de Zeppelin es que soporta un solo proceso para todos los usuarios en forma compartida (todos los usuarios usan la misma sesión) y también puede correr en forma protegida.

- Jupyter también tiene disponibles mayores extensiones que Zeppelin lo que ofrece una mayor posibilidad de ampliar el entorno y en lo referente a estabilidad Jupyter es el ganador por el momento.

- En lo que respecta a configuración Jupyter también presenta una ventaja por tener más claro cada parámetro y en un solo archivo, mientras que Zeppelin por usar múltiples interpretes requiere de más consideraciones.

- En lo que corresponde a gráficas a pesar de que Jupyter tiene muchas opciones y librerías, Zeppelin por usar diferentes intérpretes en una misma Notebook ofrece mayor riqueza.

- Una ventaja adicional de la familia de Jupyter sobre Zeppelin es el poder compartir código en GitHub, Según Nature [6] de cerca de 200,000 notebooks públicas disponibles en 2015, al 2018 había cerca de 2.5 millones de ellas, lo que representa una enorme ayuda para cualquiera que use esta plataforma.

Referencias

[1] J. Brown, "Using Jupyterhub in the Classroom: Setup and Lessons Learned," 12 diciembre 2019. [Online]. Available: http://aircconline.com/ijsea/V9N2/9218ijsea01.pdf.
[2] A. Lorandi, G. Hermida, A. García, P. García and G. Ortigoza, "Llevando Python a las aulas," Journal CIM, vol. 5, no. 2, p. 1472 – 1478, 2017.
[3] A. Raju, "IPython notebook for teaching and learning.," Proceedings of the International Conference on Transformations in Engineering Education, p. 611, 2015.
[4] J. Zentner and T. McDermott, “Web notebooks as a knowledge management tool for system engineering trade studies,” Annual IEEE International Systems Conference (SysCon, pp. 1-5, 2017.
[5] P. Szabó and J. Galanda, "Sage math for education and research," 15th International Conference on Emerging eLearning Technologies and Applications (ICETA), pp. 1-4, 2017.
[6] J. Perkel, "Why Jupyter is data scientists' computational notebook of choice," Nature, pp. 145-146, 2018.
[7] B. Randles, I. Pasquetto, M. Golshan and C. Borgman, “Using the Jupyter Notebook as a Tool for Open Science: An Empirical Study,” 2017 ACM/IEEE Joint Conference on Digital Libraries (JCDL), pp. 1-2, 2017.
[8] D. Donoho and V. Stodden, "Reproducible Research in the Mathematical Sciences," The Princeton Companion to Applied Mathematics, pp. 1-12, 2015.

[9] T. Kluyver, B. Ragan-Kelley, F. Pérez, B. Granger, M. Bussonnier, J. Frederic and P. Ivanov, "Interactive notebooks: Sharing the code. Nature News, 515(7525), 151.," Proceding of the 20th International Conference on ELectronic Publishing, pp. 86-89, 2016.
[10] H. Shen., "Interactive notebooks: Sharing the code.," Nature 515 doi:10.1038/515151a, p. 151–152, 2014.
[11] T. Oliphant, "Python for scientific computing," Computing in Science & Engineering, pp. 10-20, 2007.
[12] D. Joyner, O. Čertík, A. Meure and B. Granger, “Open source computer algebra systems: SymPy,” ACM Communications in Computer Algebra, pp. 225-234, 2012.
[13] S. Wolfram, "Stephen Wolfram Writings," 20 diciembre 2019. [Online]. Available: https://writings.stephenwolfram.com/2019/10/the-new-world-of-notebook-publishing/.
[14] Wolfram-Research, "The Mathematica Story: A Scrapbook," 12 diciembre 2019. [Online]. Available: https://www.wolfram.com/mathematica/scrapbook/1988/03/05/1988_mathematicagetsready-2/.
[15] MIT-Cambridge-Project-MAC, "The MAC system: a progress report (No. MAC-TR-12," 1964.
[16] M. Kery, M. Radensky, M. Arya, B. John and B. Myers, “The story in the notebook: Exploratory data science using a literate programming tool,” In Proceedings of the 2018 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems, p. 174, 2018.
[17] F. Pérez and B. Granger, "IPython: A System for Interactive Scientific Computing," Computing in Science & Engineering, vol. 9, no. 3, pp. 21-29, mayo - junio 2007.
[18] F. Perez, “The IPython notebook: a historical retrospective,” 12 diciembre 2019. [Online]. Available: http://blog.fperez.org/2012/01/ipython-notebook-historical.html.
[19] F. Perez and B. Granger, "Project Jupyter: Computational narratives as the engine of collaborative data science," 2015. [Online]. Available: http://archive.ipython.org/JupyterGrantNarrative-2015.pdf.
[20] B. EröcalB and W. Stein, The Sage Project: Unifying free mathematical software to create a viable alternative to Magma, Maple, Mathematica and MATLAB. In International Congress on Mathematical Software ICMS-2010, Berlin: Springer, 2010, pp. 12-27.
[21] J. Ranjani, A. Sheela and K. Meena, “Combination of NumPy, SciPy and Matplotlib/Pylab-a good alternative methodology to MATLAB-A Comparative analysis,” 1st International Conference on Innovations in Information and Communication Technology (ICIICT), pp. 1-5, 2019.
[22] D. Cervone, “MathJax: a platform for mathematics on the Web,” Notices of the AMS, vol. 59, no. 2, pp. 312-316, 2012.
[23] M. Dominici, “An overview of Pandoc,” TUGboat, vol. 35, no. 1, pp. 44-50, 2014.
[24] F. Perez, B. Granger and J. H., “Python: an ecosystem for scientific computing,” Computing in Science & Engineering, vol. 13, no. 2, pp. 13-21, 2010.
[25] E. Díaz-García and E. Cabrera-Granado, Manual de uso de Jupyter Notebook para aplicaciones docentes, Universidad Complutense de Madrid, 2018.
[26] J. Smith, J. Indig and F. Siddiqi, "NetFlix Tech Blog," 10 diciembre 2019. [Online]. Available: https://medium.com/netflix-techblog/open-sourcing-polynote-an-ide-inspired-polyglot-notebook-7f929d3f447.
[27] Y. Aner, Securing the Sage Notebook (Doctoral dissertation, Master’s thesis, Londres: Royal Holloway University, 2009.

Uso de recursos digitales y actividades académicas en periodo de contingencia por COVID-19.

R. Limón-Rivera[1], L.A. Cosme-Reyes[1], S. López-Loyo[1], S.I. Castillo-Martínez[1], U.A. Morales-Carrera[1*]
Tecnológico Nacional de México. Campus Instituto Tecnológico Superior de Zongolica, Km 4 Carretera a la Compañía S/N, Tepetitlanapa, 95005 Zongolica, Ver.
**uriel_ige@zongolica.tecnm.mx*

***Área de participación**: Investigación Educativa*

Resumen

El 11 de marzo de 2020 la Organización Mundial de la Salud realizó la declaración de pandemia por COVID-19; derivado de esto, las instituciones de educación superior usaron aplicaciones y plataformas en línea para continuar el trabajo académico. El presente trabajo tuvo como objetivo conocer la respuesta de los estudiantes con respecto al acceso, uso de recursos digitales y actividades académicas en el período de contingencia. La muestra se conformó por 126 estudiantes del Tecnológico Nacional de México-Campus Zongolica, a los que se les aplicó un cuestionario en línea. Los resultados mostraron que: 1) solo el 13% de los estudiantes tienen una computadora e internet en casa en el municipio; 2) el 70% de los estudiantes deben trasladarse fuera de su domicilio, localidad o municipio para tener conectividad; 3) el acceso a la conectividad es costosa y; 4) los estudiantes prefieren actividades académicas de síntesis de información.

***Palabras clave**: Actividades académicas, COVID-19, Educación Superior, TIC*

Abstract

On March 11, 2020, the World Health Organization declared a COVID-19 pandemic; As a result of this, higher education institutions used applications and online platforms to continue academic work. The present work aimed to know the response of students regarding access, use of digital resources and academic activities in the contingency period. The sample consisted of 126 students from the Tecnológico Nacional de México-Campus Zongolica, to whom an online questionnaire was applied. The results showed that: 1) only 13% of the students have a computer and internet at home in the municipality; 2) 70% of students must move outside their home, town or municipality to have connectivity; 3) access to connectivity is expensive and; 4) Students prefer academic information synthesis activities.

***Key words**: Academic activities, Contingency, Higher Education, ICT.*

Introducción

En marzo del 2020, la Organización Mundial de la Salud declaró que el virus COVID-19 se había convertido en pandemia [1]. Derivado de este hecho, el gobierno de México tomó medidas para resguardar la seguridad de la población en general; particularmente, en materia educativa, declaró la suspensión de actividades del 23 de marzo al 17 de abril de 2020 en todos los niveles escolares de las instituciones dependientes de la Secretaría de Educación Pública, a través del Acuerdo 02/03/20 del Diario Oficial de la Federación [2]. Posteriormente, el periodo de suspensión se amplió hasta la conclusión del ciclo escolar. Sin embargo, aunque hubo suspensión de actividades presenciales, las Universidades y Tecnológicos siguieron con sus actividades académicas de manera virtual para concluir el periodo febrero - junio 2020 [3].

Los centros de educación superior se vieron obligados a usar las tecnologías de información y comunicación (TIC), mediante el uso de software para el seguimiento, administración de los contenidos y actividades de aprendizaje [4]. Tanto docentes como estudiantes, utilizaron medios

tecnológicos, tales como correo electrónico y *Google Classroom*; además, se establecieron horarios para mantener comunicación y continuar con las actividades académicas. Así, con estas circunstancias y en el contexto rural-indígena del Tecnológico Nacional de México-Campus Zongolica, no era posible saber si el uso generalizado de TIC sería eficiente en el proceso de enseñanza-aprendizaje.

Considerando estos hechos, la presente investigación parte de estudios previos realizados referente a las TIC, que demuestran: 1) que existe una correlación positiva entre el número de teléfonos móviles en municipios de pueblos originarios y el acceso a internet [5]; 2) que sólo uno de cada dos hogares rurales dispone de acceso a internet y las actividades en línea realizadas se encuentran limitadas por brechas de género, edad, ingreso, pobreza, nivel educativo y lugar de residencia [6]; 3) que en la educación tecnológica intercultural, la apropiación y uso de las TIC varía de acuerdo con las condiciones específicas de las localidades de la zona de influencia de las universidades [7] y; 4) que las TIC en materia educativa se pueden derivar en *e-learning* (aprendizaje virtual), *b-learning* (combinación de ambientes virtuales y físicos) y *m-learning* (aprendizaje con dispositivos móviles).

Por otro lado, se considera la situación de confinamiento, en la que los docentes comienzan a "aprender a enseñar virtualmente", repensando las prioridades, los contenidos a dictar, las estrategias de enseñanza y su actuación ya no frente al aula, sino desde su casa a través de una pantalla [8]; siendo necesario para este cambio, tener una visión multidisciplinaria que permita dejar claro que lo virtual no representa la yuxtaposición de lo presencial, sino que representa un nuevo paradigma de transformación de los modelos educativos [9].

Este nuevo paradigma, implica la creación de un entorno adecuado que favorezca el aprendizaje a través de la tecnología y, ante un ambiente de pandemia, quizá dicho entorno no fue generado de la mejor manera [10]. Así, uno de los mayores retos a solventar por parte de los profesores, es la correcta aplicación de herramientas digitales que promuevan el desarrollo de todas las competencias, incluyendo los niveles más complejos de la taxonomía de Bloom [11]. Con esto, se plantea la importancia de la aplicación de las TIC en el proceso de enseñanza-aprendizaje y las posibilidades que de ellas emergen para crear ambientes centrados en el estudiante, interactivos, accesibles, eficientes y flexibles [12].

Por tales motivos, la presente investigación tuvo el propósito de identificar qué recursos digitales se utilizaron y, con base en ellos, cómo se desarrollaron las actividades académicas en el Tecnológico Nacional de México-Campus Zongolica en la fase de contingencia del ciclo escolar febrero - junio 2020. Los resultados pueden contribuir a la eficiencia de la toma de decisiones para el proceso de enseñanza-aprendizaje en ambientes virtuales, en el contexto de la pandemia por COVID-19 y en zonas rurales indígenas.

Metodología

El estudio es exploratorio y descriptivo, transversal simple, no experimental, con enfoque cuantitativo. Se utilizó como caso de estudio al Tecnológico Nacional de México-Campus Zongolica. La población de estudio se integró con 260 estudiantes de dicha institución, de los cuales, se obtuvo una muestra de 126 estudiantes mediante un muestreo probabilístico por proporción [13]; en la ecuación 1 se presenta el cálculo de la determinación muestral:

$$n = \frac{P(1-P)\cdot Z_{\alpha/2}^2 \cdot N}{P(1-P)\cdot Z_{\alpha/2}^2 + e^2\cdot(N-1)} = \frac{0.5\,(1-0.5)\,\cdot\,1.87^2\,\cdot\,260}{0.5\,(1-0.5)\,\cdot\,1.87^2\,+\,0.06\,\cdot\,(259)} = 126$$

Ecuación 1. Determinación del tamaño de muestra probabilística por proporción

n= Tamaño de la muestra
N= Población total (260)
P= Proporción (50%)

e= Error máximo admisible (0.06)
z= Valor Z para un 94% de confianza (1.87)
Para la recolección de información se usó como instrumento un cuestionario en línea, bajo la plataforma *Google Forms*. En la tabla 1, se presenta como variable independiente "Uso de recursos digitales" y como variable dependiente "Actividades académicas"; así mismo, se muestran las dimensiones que las conforman y la manera de abordarlas dentro del cuestionario.

Tabla 1. Descripción de variables y dimensiones utilizadas en el cuestionario.

Variable	Dimensiones	Número de Ítems	Tipo de respuesta
Uso de recursos digitales (variable independiente)	Característica de los grupos	3	Nominal
	Acceso a las Tics	8	Dicotómica
	Uso de plataforma	3	Dicotómica
Actividades académicas (variable dependiente)	Horarios	3	Dicotómica y ordinal
	Actividades escolares	14	Dicotómica
	Sugerencias	1	Cualitativa

Se aplicó al cuestionario el método de confiabilidad de consistencia interna [14], este método se aplica en ítems dicotómicos. La prueba se realizó con cinco personas; el grado de confiabilidad fue alto con una puntuación de 0.54.

$$r_{tt} = \frac{n}{n-1} * \frac{s_t^2 - \Sigma s_i^2}{s^2}$$

Ecuación 2. Confiabilidad de consistencia interna K-20

r = coeficiente de confiabilidad
n = número de ítem
S 2 = varianza total de la prueba
∑S2 = es la suma de las varianzas individuales de los ítems

Resultados y discusión

Acceso a las Tecnologías de la información y comunicación (TIC)

En la Tabla 2, se presentan los resultados del acceso a las TIC, en ella se muestra que sólo el 13% de la población tiene internet y computadora en casa, y el 84% de la población usa el teléfono móvil para realizar actividades escolares. Así mismo, por medio de un análisis de asociación entre variables usando tablas de contingencia y chi-cuadrada, se presentaron los siguientes hallazgos: 1) aun cuando la localidad cuenta con internet, los estudiantes tienen que trasladarse para tomar clase, lo cual representa un aumento en los gastos escolares, 2) los que tienen internet en casa no tienen la necesidad de trasladarse, sin embargo, sólo representa el 19% de la muestra.

Tabla 2. Resultados de acceso a las TIC.

Acceso a las TIC	Sí	No
Internet en la comunidad	71	53
Internet en casa	24	100
Internet en celular	63	61

 ISSN 2007-8102

Acceso a las TIC	Sí	No
Computadora propia	58	66
Uso PC para actividades en línea	58	66
Uso del móvil para actividades en línea	105	19
Es costoso tener internet para tus actividades	92	32
Tienes que trasladarte para tomar clase	88	36

Uso y manejo de plataformas

En el uso de software o aplicaciones para mantener la comunicación se identificó que sólo el 73% de los estudiantes usaron una plataforma especializada en videoconferencia y trabajo colaborativo (Tabla 3); otras aplicaciones que se utilizaron fueron *Whatsapp* y *Facebook* para videollamadas. El uso de software de comunicación por videoconferencia permite desarrollar las clases de forma síncrona y brindar asesoramiento, orientación y ayudar en la comprensión de tareas y actividades. Sin embargo, hay que reconocer que no todos los estudiantes tienen acceso, y que tanto estudiantes como docentes: 1) no están familiarizados con las clases en línea, 2) no cuentan con las competencias necesarias, 3) tuvieron un tiempo corto para la adaptación; además de las complicaciones sociales.

Tabla 3. Resultados de uso de plataformas.

Uso de plataforma	Sí	No
Google meet	23	103
Zoom	58	68
Otras plataformas de videoconferencia	10	116

Horarios y días de trabajo

El horario más aceptado para tomar clases es de 9 - 13 horas; en relación a la entrega de actividades, los estudiantes esperan que se amplíe el horario de recepción hasta la noche (Tabla 4); el 74% de ellos, mencionaron que se extienda el periodo de entrega de actividades hasta el domingo. En el apartado de sugerencias, se mencionó en repetidas ocasiones, que los docentes ampliaran el tiempo de entrega y que exista comprensión en el caso de que se entregue con retraso.

Tabla 4. Resultados de horarios de actividades

Horario de clases	Sí	No	Horario de entrega de actividades	Sí	No
7-9	16	110	7-9	1	125
9-11	42	84	9-11	2	124
11-13	44	82	11-13	4	122
13-15	18	108	13-15	4	122
15-17	19	107	15-17	6	120
17-19	22	104	17-19	13	113
19-21	23	103	19-21	41	8
21-24	14	112	21-24	57	69

 ISSN 2007-8102

Actividades escolares

Como resultado de la apreciación de los estudiantes en las actividades impartidas al final del periodo de contingencia se obtuvo que estos, prefieren las actividades de compresión mediante la organización de la información [15]. En el caso de las prácticas de asignatura, los estudiantes mencionan que se incrementan sus gastos, y que se requiere una educación síncrona; es decir, esperan tener comunicación con los docentes por videoconferencia.

Las actividades en medios audiovisuales tienen el menor índice de aceptación promedio con el 38%, esto se explica: 1) los estudiantes consideran que sí es importante incluir videotutoriales o videos informativos, pero se requiere la interacción del docente para resolver dudas que surgen de los temas, 2) incluir vídeos implica un mayor gasto en el caso del consumo de datos por celular. En las sugerencias, los estudiantes mencionan que las actividades en línea no deben ser excesivas.

Tabla 5. Resultados de la preferencia de actividades escolares

Tipo de actividades	Media	Desviación
Audiovisuales	38%	7%
Síntesis	79%	15%
Prácticos	39%	11%

Por lo que respecta al análisis de sugerencias, se elaboró una nube de palabras (Figura 1) para visualizar los elementos que identificaban más a los comentarios que realizaron los estudiantes; en los que destacan las palabras: tareas, entrega, tiempo, actividades, comprender. Con esto se puede determinar que los estudiantes requieren más tiempo y comprensión de los profesores para la entrega a tiempo de sus actividades y tareas.



Figura 1. Nube de palabras para el análisis de texto de las sugerencias de los estudiantes.

Por último, se realizó una categorización de las respuestas emitidas por 72 estudiantes en el ítem “sugerencias”; con base en ellas, se elaboró el diagrama que se muestra en la Figura 2. Los resultados muestran que las respuestas se pueden categorizar en “Actividades académicas” “Condiciones” y “Costo” y, en algunos casos se mencionaron complicaciones enfrentadas, en lugar de sugerencias. Así mismo, el análisis de categorías mostró que: 1) los estudiantes consideraron que algunos profesores dejaban muchas actividades y que a algunas de ellas no les encontraron

 ISSN 2007-8102

sentido; 2) se presentaron algunas fallas técnicas de infraestructura y falta de servicios estables y; 3) aumentó la erogación al adquirir datos para celular.



Figura 2. Diagrama de problemáticas y sugerencias.

Trabajo a futuro

Realizar un estudio de seguimiento para evaluar la percepción de los estudiantes en la adecuación del proceso de enseñanza-aprendizaje en modalidad virtual para el ciclo escolar agosto - diciembre 2020; considerando también a los docentes y personal administrativo-directivo.

Divulgar los resultados de la investigación en el área académica del Tecnológico Nacional de México campus Zongolica, con la finalidad de diseñar estrategias educativas que puedan alinearse a las condiciones y necesidades de la mayoría de estudiantes, en relación a la educación a distancia.

Conclusiones

El problema de salud ocasionado por el virus SARS-CoV-2, ha permitido confirmar algunas desigualdades que existen en los centros de enseñanza ubicados en zonas rurales, como es el caso del acceso a las TIC. De igual forma se demuestran los esfuerzos realizados por docentes para mantener la comunicación con los estudiantes por medio de aplicaciones y plataformas; sin embargo, aun cuando se busca tener una educación síncrona, no todos los estudiantes están preparados ni tienen las condiciones suficientes para tomar las clases. Es importante considerar las observaciones de los estudiantes para tener una mejor experiencia educativa en tiempos de confinamiento y tomarlo como un área de oportunidad para fortalecer la infraestructura y capacidades institucionales.

Finalmente, las instituciones de educación superior se enfrentan al reto de proporcionar las condiciones para usar de manera provechosa las herramientas para la enseñanza en línea. Para ello, es importante considerar el contexto de los estudiantes, la estructura organizacional institucional y la capacitación que deben recibir los docentes en el uso de TIC; todas ellas adaptadas a las circunstancias y retos que se presentan en el entorno actual.

Agradecimientos

A los jefes de grupo de las academias de gestión empresarial y sistemas computacionales, por su apoyo y seguimiento al presente estudio.

Referencias

[1] D. Cucinotta y M. Vanelli, «WHO Declares COVID-19 a Pandemic,» Acta Bio-Medica: Atenei Parmensis, vol. 91, nº 1, pp. 157-160, 2020.
[2] DOF, Acuerdo 06/03/20, 2020.
[3] J. A. Román, Universidades preparan fin de semestre con programas en línea, La Jornada, 2020.
[4] E. Ruiz-Larraguivel, « La práctica docente universitaria en ambientes de educación a distancia. Tensiones y experiencias de cambio. UNAM,» Educación y pandemia, Una visión académica , pp. 109-113, 2020.
[5] M. G. Chávez-Angeles y J. F. Tapia, «Etnografía cuantitativa. Revitalización lingüística y difusión de las tecnologías digitales en municipios de Oaxaca, México.,» Alteridades, vol. 59, 2020.
[6] M. Martínez-Domínguez, «Apropiación social de TIC: el caso de internet en México. Estudios Sociales.,» Revista de Alimentación Contemporánea y Desarrollo Regional, vol. 30, nº 55, 2020.
[7] D. A. Gómez-Navarro, «Apropiación social y comunitaria de las TIC: desafíos para las universidades interculturales en México.,» Dilemas Contemporáneos: Educación, Política y Valores, vol. 7, nº 2, 2020.
[8] G. Maldonado Gómez, M. d. l. Á. Miró, A. E. Stratta, A. Barreda Mendoza y Lara Zingaretti, «La educación superior en tiempos de COVID-19: Análisis comparativo México-Argentina,» Revista de Investigación en Gestión Industrial, Ambiental, Seguridad y Salud en el Trabajo - GISST, pp. 35-60, 2020.
[9] R. Edel Navarro, «Entornos virtuales de aprendizaje. La contribución de "lo virtual" en la educación,» Revista Mexicana de Investigación Educativa, pp. 7-15, 2010.
[10] L. Vargas-Mendoza, M. G. Gómez-Zermeño y R. d. L. Gómez-Zermeño, «Desarrollo de habilidades cognitivas y tecnológicas con aprendizaje móvil,» Revista de Investigación Educativa de la Escuela de Graduados en Educación, vol. 3, nº 6, pp. 30-39, 2013.
[11] S. Ramírez, «Recursos tecnológicos para el aprendizaje móvil (M Learning) y su relación con los ambientes de educación a distancia: implementaciones e investigaciones.,» Revista Iberoamericana de Educación a Distancia, vol. 12, nº 2, pp. 57-81, 2009.
[12] J. M. Boneu, «Plataformas abiertas de e-learning para el soporte de contenicos educativos abiertos.,» Universities and Knowledge Society Journal, vol. 4, nº 1, pp. 36-47, 2007.
[13] C. E. V. Taborga, R. V. Castellón y O. Á. V. Taborga, «Determinación del tamaño muestral mediante el uso de árboles de decisión sample size. Determination using decision trees.,» Investigación & desarrollo, vol. 11, nº 1, pp. 53-80, 2011.
[14] G. F. Kuder y M. W. Richardson, «The theory of the estimation of test reliability,» Psychometrika, vol. 2, nº 3, pp. 151-160, 1937.
[15] R. M. López Torres, M. L. J. A. y E. Vázquez Cruz, «Aplicación de estrategias de aprendizaje para disminuir los índices de reprobación de los estudiantes del Instituto Tecnológico De Durango. In R. D. de Investigadores Educativos A. C.,» Estrategias de enseñanza aprendizaje. Una mirada desde diferentes niveles educativos, pp. 43-51, 2016.

Análisis de las preferencias de uso de un objeto de aprendizaje para algoritmos

P.Quitl González[1], M.A.Herrera Hernández[2], C.Nava Arteaga[1], J.A.Vázquez López[3], J.F.Hernández García[3].*
[1]Dep.de Sistemas y Computación, Tecnológico Nacional de México/I.T. Orizaba Av. Ote.9 No.852, Orizaba, Ver.
[2]Dep. de Ciencias Básicas, Tecnológico Nacional de México/I.T. Orizaba Av. Ote.9 No.852, Orizaba, Ver.
[3]Estudiantes de Ing. en Sistemas Computacionales, Tecnológico Nacional de México/I.T. Orizaba Av. Ote. 9 No.852, Orizaba, Ver.
**pquitlg@orizaba.tecnm.mx*
***Área de participación**: Investigación Educativa*

Resumen
Este estudio se centra en el análisis de preferencias por parte de los estudiantes de los recursos didácticos que se ofrecen a través un objeto de aprendizaje orientado al diseño de algoritmos (OA-A) distribuido mediante un servicio Web para las asignaturas de Programación en el Instituto Tecnológico de Orizaba, para tal fin se aplicó Google Analytics como herramienta de monitoreo, el uso de esta herramienta permitió conocer e interpretar los indicadores de uso de los recursos didácticos que componen el OA-A, arrojando que la mayoría de los estudiantes tienden a preferir los videos facilitados, seguido de las actividades didácticas propuestas. Los resultados contribuyen a plantear una mejora en los recursos del OA-A que incida en recursos visuales y aporten una influencia positiva directa en la realización de actividades de aprendizaje.

***Palabras clave**: enseñanza, analítica Web, objeto de aprendizaje.*

Abstract
This study focuses on the analysis of preferences by the students of the didactic resources that are offered through a learning object oriented to the design of algorithms (OA-A), distributed through a Web service for the programming subjects in the Instituto Tecnológico de Orizaba, for this purpose Google Analytics was applied as a monitoring tool, the use of this tool allowed to know and interpret the indicators of use of the didactic resources that make up the OA-A, showing that most students tend to prefer the videos provided, followed by the didactic activities proposed. The results contribute to suggest an improvement in the OA-A resources that affects visual resources and provides a direct positive influence on the performance of learning activities.

***Key words**: teaching, Web analytics, learning object.*

Introducción
En la actualidad las instituciones de educación, así como los docentes gestionan e implementan nuevas estrategias de enseñanza considerando el uso de la tecnología de vanguardia para lograr el aprendizaje significativo y el desarrollo de las competencias en los estudiantes [1]. El empleo de las herramientas tecnológicas en la toma de decisiones adquiere relevancia en el mejoramiento de las condiciones que prevalecen en el ámbito educativo [2].

De hecho, los docentes han transformado sus estrategias de enseñanza considerando los nuevos modos de producir el conocimiento con ayuda de las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) [3] mediante aplicaciones Web denominadas: objetos de aprendizaje. Así mismo, cabe destacar que el análisis de las estrategias de enseñanza basadas en los recursos didácticos que se ofrecen a través de TIC ayuda a los docentes a identificar patrones de conducta de los estudiantes durante la ejecución de los entornos virtuales de aprendizaje. Además, el análisis del impacto de los recursos didácticos a través de las preferencias de uso permite a los docentes mejorar la planeación, organización y ejecución de las actividades realizadas durante la impartición de las asignaturas así como desarrollar los conocimientos, habilidades y actitudes en los estudiantes [4]. Este tipo

de análisis permite modelar el comportamiento de los estudiantes, predecir las actitudes de los participantes, analizar el impacto sobre el uso de los recursos tecnológicos y mejorar los servicios para la retroalimentación [5]. A su vez, un objeto de aprendizaje (OA) es un conjunto de recursos didácticos digitales que pueden ser distribuidos a través de la Web. Hacen posible el acceso a contenidos educativos, integrando diferentes elementos multimedia para presentar elementos didácticos al estudiante. Consiste en la presentación de contenidos al estudiante y el desarrollo de actividades para practicar lo aprendido.

Por otro lado, el proceso de análisis de los recursos didácticos con ayuda de *herramientas Web especializadas*, denominadas: analítica Web inicia con la recolección de los datos sobre las acciones realizadas por los estudiantes en el entorno virtual. Al mismo tiempo, el empleo de estas herramientas que se basan en la minería de datos, permiten interpretar los datos generados para la toma de decisiones.

Estas herramientas de analítica Web facilitan la recolección de datos al mismo tiempo ofrecen una interfaz gráfica denominada *dashboard* que favorece la interpretación del impacto de los recursos utilizados en los OA. Cabe destacar que los docentes pueden utilizar las herramientas de analítica Web para mejorar las actividades didácticas por medio de la interpretación de los datos originados durante el monitoreo de un OA.

Las características que se buscan en el análisis de los OA [4] se muestran en la tabla 1:

Tabla 1 Características que se buscan en el análisis de recursos didácticos basados en las TIC

Característica	Descripción
1. Usabilidad	Preparar una interfaz entendible para el usuario
2. Utilidad	Proporciona indicadores sobre el comportamiento de los estudiantes
3. Interoperabilidad	Garantiza la compatibilidad para los entornos virtuales
4. Tiempo real	Presenta información en el momento
5. Privacidad	Protege la confidencialidad de los datos del usuario

De hecho, las ventajas del análisis de los recursos didácticos contenidos en los OA se relacionan con la disponibilidad de los datos y visualización de información, así como la identificación de patrones de preferencias de uso de los recursos didácticos para mejorar el aspecto y desempeño de los recursos didácticos[5].

Adicionalmente, las herramientas de analítica Web brindan un avance en la actualidad, gracias a ellas se pueden recopilar datos relacionados con las aplicaciones virtuales tal como:

1. Distinguir que recursos de la aplicación virtual acceden con mayor frecuencia los usuarios
2. Cuáles recursos dan mejores resultados en distintos periodos de tiempo
3. Generar informes completos para conocer el estado de las mismas.

Estas herramientas de analítica Web ofrecen diversos indicadores que facilitan la interpretación de las preferencias de los usuarios, los más representativos de muestran en la tabla 2.

Tabla 2 Principales indicadores que ofrecen las herramientas de analítica Web.

1. Usuarios activos	Número de usuarios que acceden al sitio Web
2. Sesiones	Visitas totales registradas en un periodo de tiempo.
3. Páginas vistas	Total de páginas que se han visitado durante las sesiones.
4. Páginas vistas únicas	Número de sesiones que una página se ha visto al menos una vez.
5. Tráfico	Evento en que los usuarios llegan directamente a la aplicación desde sus navegadores.

En este orden de ideas, Google Analytics es una herramienta de analítica Web que proporciona datos de series de tiempo, es un servicio gratuito ofrecido por Google que genera datos estadísticos sobre las visitas a un sitio Web [6]. Adicionalmente, para llevar a cabo la interpretación de los indicadores que se muestran en la tabla 2 se requiere insertar un de código de seguimiento o *script* en cada página que conforma el OA a ser analizado.

Una vez realizado lo anterior, los interesados en realizar el estudio de comportamiento deben acceder a Google Analytics en la sección de informes a través del *dashboard* que presenta información gráfica y se aprecia en las figuras 1 y 2 las cuales su vez representan los datos de los indicadores de la tabla 2, que deben ser analizados en un estudio posterior para identificar las preferencias de los estudiantes en el uso del OA.

 ISSN 2007-8102

Por consiguiente, en este estudio se realiza un análisis sobre las preferencias de los estudiantes acerca de los recursos didácticos que son parte de un objeto de aprendizaje, el cual fue desarrollado como estrategia didáctica para el área de desarrollo de algoritmos (OA-A: Objeto de Aprendizaje-Algoritmos) como apoyo para las asignaturas de Programación que se imparten en los programas educativos del Instituto Tecnológico de Orizaba.

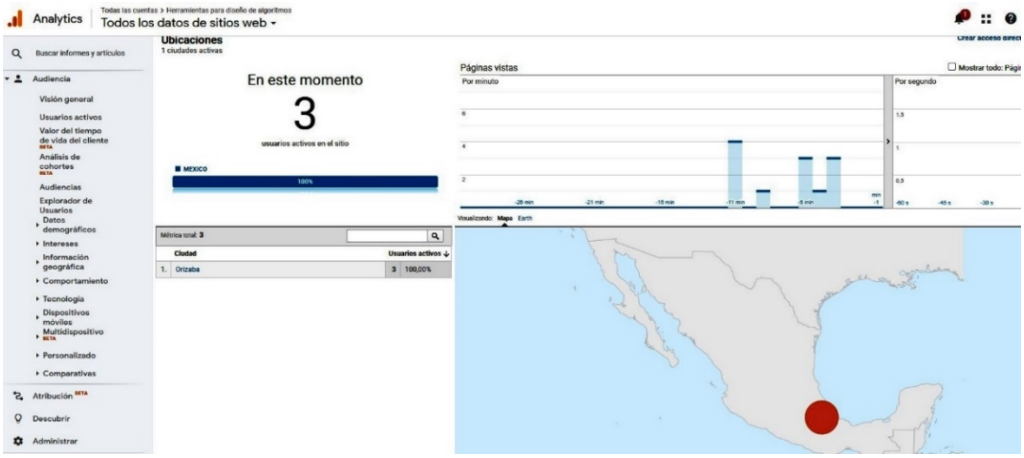


Figura 1. Dashboard de Google Analytics, fuente: Google Analytics.



Figura 2. Dashboard con información gráfica del comportamiento del OA-A, fuente: Google Analytics.

Metodología

Objetivo

Analizar las preferencias en el uso del OA-A por parte de los estudiantes que cursan las asignaturas de Programación en los periodos enero-junio y agosto-diciembre 2019 mediante la interpretación de los indicadores que se registran en Google Analytics a fin plantear mejoras en los recursos didácticos ofrecidos.

Población

Se realizó un estudio descriptivo, no experimental sobre el uso de los recursos didácticos que conforman el del OA-A mediante el análisis de las preferencias de uso por parte de los estudiantes de los programas académicos de Ingeniería Industrial, Ingeniería Electrónica e Ingeniería en Sistema en los periodos enero-junio y agosto-diciembre 2019, reportándose un total de 240 estudiantes. Para tal fin se registraron indicadores del comportamiento de los estudiantes durante el uso del OA-A con ayuda de Google Analytics.

 ISSN 2007-8102

Elemento de estudio

El OA-A se encuentra distribuido en *http://asignaturas-ito.com/OA-AlgoritmosV1*, está conformado por las páginas denominadas: *Animaciones lúdicas*, *Herramientas gráficas*, *Herramientas textuales*, *Ejercicios propuestos*, *Actividades didácticas* y *Estadísticas de las herramientas* como se aprecia en la figura 3. A través de estas páginas se puede acceder a los recursos didácticos del OA-A. Cada página ofrece los siguientes recursos didácticos:

1. Videos YouTube
   1.1. Videos tutoriales introductorios
   1.2. Videos tutoriales con ejemplos de aplicación
2. Manuales en formato PDF
3. Actividades didácticas
   3.1. Cuestionarios
   3.2. Ejercicios propuestos



Figura 3. Páginas que integran al OA-A.

A su vez la Tabla 3 presenta los recursos distribuido por cada página.

Tabla 3 Distribución de los recursos didácticos en el OA-A por página que lo componen

Página	Tema	Recurso didáctico	Tipo e ID recurso
Animaciones lúdicas	Alice, Scratch, Karel	Secuencial, pasos	Video1
Herramientas gráficas	Blockly,RAPTOR,DFDk PSeInt	Condicional, pasos	Video2
Herramientas textuales	PSeInt	Cíclico, pasos	Video3
Ejercicios propuestos	Secuencial,Condiciones, Ciclos	Manual	PDF2,PDF3,PDF4
Actividades didácticas		Videos introductorios	Video4
		Apuntes	PDF1
		Actividades,Cuest.	A1,A2,A3,A4

Configuración de Google Analytics

Google Analytics, muestra indicadores relacionados con el número de sesione de cada módulo, así como el tiempo promedio de acceso en cada elemento que conforma el objeto de aprendizaje con la finalidad de conocer las preferencias de los estudiantes durante el uso de los recursos y acceso a las actividades didácticas. La Tabla 4 describe los pasos para configurar Google Analytics.

Tabla 4 Pasos instalar y configurar Google Analytics.

No	Paso	Descripción
1	Cuenta de correo	Contar con una cuenta de correo Gmail
2	Acceso a Google Analytics	Ingresar Google Analytics con los datos de la cuenta de correo por medio de la dirección https://analytics.google.com/
3	Código de seguimiento o ***script***	Obtener código de seguimiento, el usuario selecciona la pestaña de administrador y proporcionar los siguientes datos: Nombre de la cuenta, Nombre del sitio, URL del sitio Web, Categoría del sector y Zona horario de los informes
4	Sitio Web	Insertar el código de seguimiento de las páginas Web que se desean administrar a través del tablero de control (*dashboard*)
5	Reportes	Para obtener los reportes de la aplicación Google Analytics, el usuario ingresa a la sección de Informes y seleccionar la opción de Comportamiento.

 ISSN 2007-8102

El *script* que se generó en la configuración de Google Analytics para el OA-A se muestra en la figura 4, éste se almacenó en un archivo denominado *Analytics.php*, y posteriormente se incluyó en las páginas que conforman el OA-A mediante las líneas de código que se muestran en la figura 5.

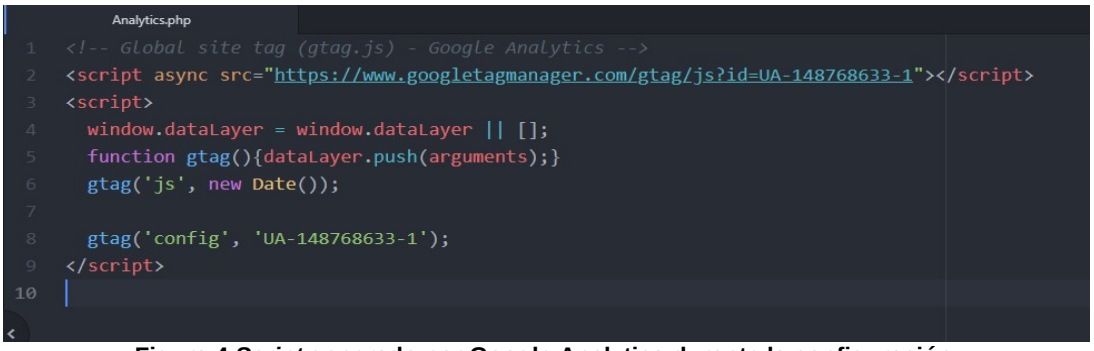


Figura 4 *Script* generado por Google Analytics durante la configuración.

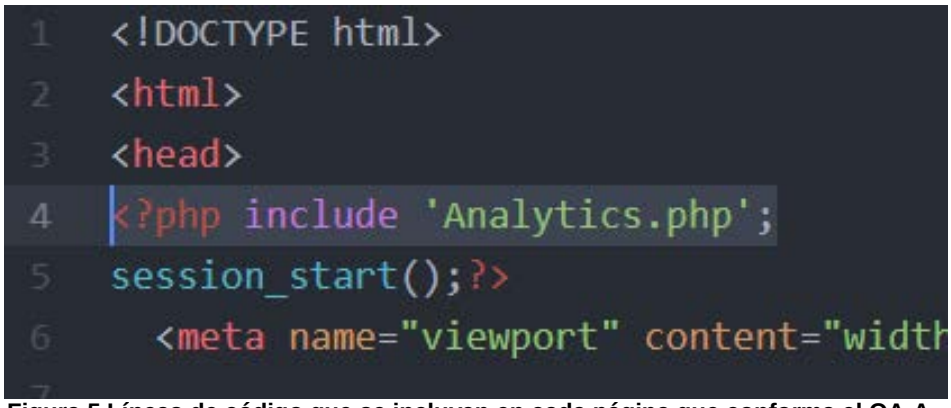


Figura 5 Líneas de código que se incluyen en cada página que conforma el OA-A.

Insumos

Se registró el comportamiento de 240 estudiantes que cursan las asignaturas: "*Fundamentos de Programación*", "*Programación Estructurada*" y "*Algoritmos y lenguajes de programación*" de las carreras de ingeniería en sistemas, ingeniería electrónica e ingeniería industrial, respectivamente durante los periodos enero-junio y agosto-diciembre 2019.

Además, Google Analytics mediante la sección *Información del perfil del sitio Web principal*, permitió acceder datos estadísticos gráficos acerca del uso de los recursos del objeto de aprendizaje mediante el registro de número de páginas visitadas y tiempo de sesión, tal como se muestra en las figuras 6 y 7.

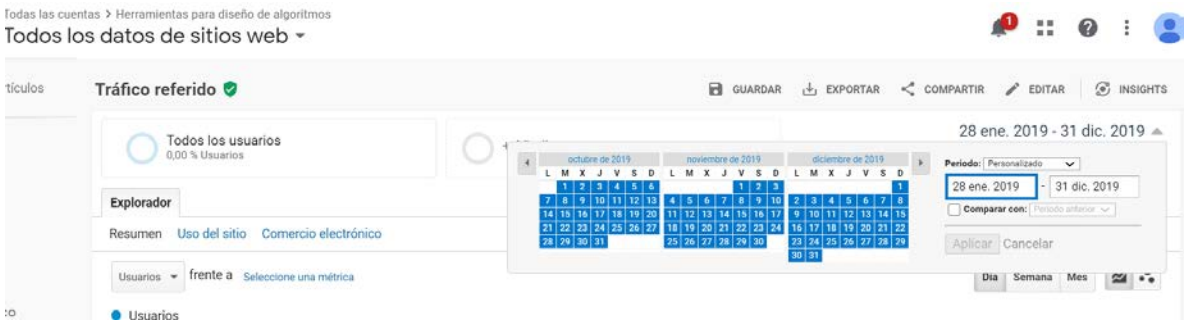


Figura 6 Elección del periodo a consultar enero-diciembre 2019, fuente: Google Analytics.



Figura 7 Comportamiento del número de visitas en las páginas del OA-A enero-diciembre 2019, fuente: Google Analytics.

Resultados y discusión

A continuación, se presenta la interpretación del comportamiento de los estudiantes sobre el empleo de los recursos didácticos que componen el OA-A. La Tabla 5 presenta los resultados obtenidos sobre el uso de los videos.

Tabla 5 Uso de videos

ID recurso	Número de visitas en la página	Promedio de tiempo de sesión en la página
Video1	524	06.10
Video2	512	06.20
Video3	617	09:56
Video4	510	07.50

Como se observa en la Tabla 5 los estudiantes dedicaron el mayor del tiempo a observar el Video 3 relacionado con el tema de *ciclos* con un tiempo de 9 minutos y 56 segundos.

Por otro lado, la Tabla 6 muestra que el uso de PDF3 que corresponde al tema de condiciones tiene el mayor tiempo promedio con 5 minutos y 28 segundos.

Tabla 6. Uso de Manuales en formato PDF

ID recurso	Número de visitas en la página	Promedio de tiempo de sesión en la página
PDF1	290	03:25
PDF2	434	04:15
PDF3	337	05:28
PDF4	205	03.27

Otro de los elementos interpretados son las actividades didácticas (véase la Tabla 7).

Tabla 7. Uso de actividades didácticas

ID recurso	Número de visitas en la página	Promedio de tiempo de sesión en la
A1	438	08:25
A2	428	08:56
A3	424	08:03
A4	432	08:56

En la Tabla 7 se observa que las actividades 1 y 4 tienen el mayor número de visitas con 438 y 432 respectivamente.

Por otro lado, el mayor tiempo promedio registrado es para la actividad 2 y 4 con 8 minutos y 56 segundos.

En particular *Google Analytics* permite registrar mediante indicadores generales la conducta de los estudiantes sobre el uso de los elementos que componen al objeto de aprendizaje, sin embargo, es responsabilidad de los

 ISSN 2007-8102

docentes que dan seguimiento al OA-A conocer la configuración y manejo de la plataforma, así como gestionar e interpretar los datos obtenidos, como se muestra en las figuras 8 y 9.



Figura 8 Número de visitas en la página de cada recuso didáctico, fuente: Elaboración propia.

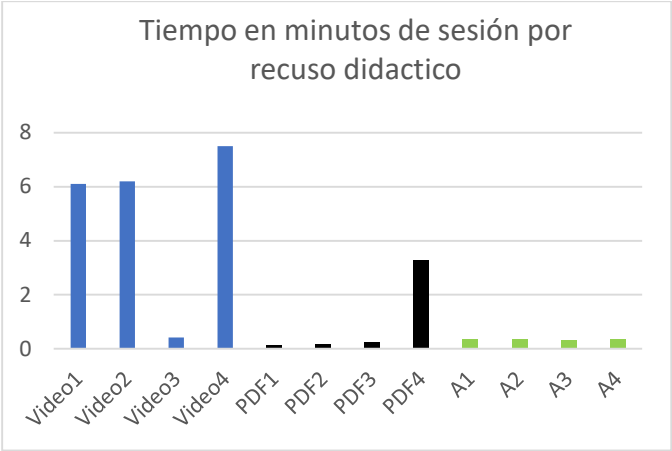


Figura 9 Tiempo empleado en cada sesión por recurso didáctico, fuente: Elaboración propia.

Cabe señalar que a través la interpretación de los datos obtenidos por la herramienta citada se determina que el OA-A cubre con las características propuestas por [4]. Contempla *usabilidad*, ya que el alumno ha logrado acceder al OA-A sin problema, es *interoperable* pues se puede emplear a través de cualquier dispositivo electrónico capaz de ingresar a la Web, además, mediante la herramienta mencionada se puede evaluar el comportamiento de los usuarios en *tiempo real* cubriendo su *utilidad* y *privacidad* de la información de los usuarios.

Trabajo a futuro

Teniendo en cuenta que el OA-A analizado cumple con las características de recursos didácticos basados en las TIC [4]. Se concluye que los estudiantes tienden a emplear los recursos visuales como los videos, por tal motivo es importante plantear mejoras a través del establecimiento de un plan de acciones que comprenda: el monitoreo periódico con Google Analytics, la extracción automática de los datos, así como el desarrollo de software que permita la gestión estadística de los datos extraídos, además de la inclusión de más elementos visuales dentro de los manuales y actividades didácticas del OA-A.

Conclusiones

En definitiva, se determina que en la mayoría de las sesiones realizadas por los estudiantes se invierte más tiempo en el uso de los videos proporcionados, por consiguiente, se pretende la inclusión de elementos visuales con video dentro de los manuales y actividades didácticas del OA-A.

Adicionalmente, en la actualidad los docentes deben encarar retos que involucran el uso de medios basados en OA. Tan importante es lo anterior como también es realizar un análisis del comportamiento de los estudiantes durante el uso de los ambientes didácticos para identificar en lo posible sus preferencias para diseñar e implantar planes de mejora continua sobre el OA.

Finalmente, el análisis de los recursos didácticos a través de la interpretación de las preferencias de los estudiantes a través de las preferencias de uso, podría convertirse en un elemento fundamental durante la organización de las actividades educativas al proporcionar distintos indicadores sobre la conducta de los estudiantes en ambientes didácticos virtuales.

Agradecimientos

Se agradece la colaboración estrecha del departamento Académicos: Sistemas y Computación, Ing. Electrónica e Ing. Industria. De igual forma a los estudiantes que hicieron aportaciones con los recursos didácticos en el desarrollo del OA-A.

Referencias

[1] M. Jing , H. Xibin , . Y. Juan y C. Jiangang , «Examining the necessary condition for engagement in an online learning,» *The Internet and Higher Education,* vol. 24, pp. 26-34, 2015.

[2] M. Heitink, J. Voogt, L. Verplanken y . J. Van Braak,, «Teachers' professional reasoning about their pedagogical use of technology,,» *Computers & Education,* vol. 101, pp. 70-83, 2016.

[3] R. Ramírez Martinelli y M. Casillas Alvarado, Háblame de TIC, Tecnología digital en la educación superior, Córdoba : Brujas: SOCIALTIC, 2014.

[4] A. Dyckhoff, D. Zielke, M. Bültmann, M. Chatti y U. Schroeder, «Design and Implementation of a Learning Analytics Toolkit for Teachers.,» *Educational Technology and Society,* vol. 15, 2012.

[5] Z. Papamitsiou y A. Economides, «Learning Analytics and Educational Data Mining in Practice: A Systematic Literature Review of Empirical Evidence.,» *Educational Technology & Society,* vol. 17, pp. 49-64, 2014.

[6] B. Plaza, «Google Analytics for measuring website performance,» *Tourism Management,* vol. 32, pp. 477-481, 2011.

[7] M. Scheffel, H. Drachsler, . S. Stoyanov y M. Specht, «Quality Indicators for Learning Analytics.,» *Educational Technology and Society.,* vol. 17, pp. 117-132., 2014.

Uso de Internet por parte de los estudiantes, dentro de los Bachilleratos de Teziutlán Puebla.

A. Pérez López[1], H. Vicenteño Rivera[1], J.A. Hernández Méndez[2]*
[1]Cuerpo Académico Calidad y Mejora Continua en Servicios Tecnológicos. Instituto Tecnológico Superior de Teziutlán, Sección I y II S/N Aire Libre C.P. 73960, Teziutlán, Puebla, México
[2]Alumno de Maestría en Sistemas Computacionales. Instituto Tecnológico Superior de Teziutlán, Sección I y II S/N Aire Libre C.P. 73960, Teziutlán, Puebla, México

*adriana.pl@teziutlan.tecnm.mx
Área de participación: Investigación Educativa

Resumen

La finalidad de este trabajo es informar la manera en que los estudiantes de Bachilleratos Públicos de la zona centro de Teziutlán, Puebla utilizan el servicio de Internet dentro de sus instituciones educativas; esta investigación es la tercera y última etapa del proyecto "Modelo para detectar vulnerabilidades en el uso de Internet (VUL-INT)"; cabe mencionar que al igual que en las etapas anteriores, las escuelas privadas no permitieron llevar a cabo la instalación de los servidores para el monitoreo por políticas propias, sin embargo las escuelas públicas que contaban con los servicios básicos autorizaron realizar la investigación, éstas representan el 60% de la zona de estudio, donde se implementaron estrategias de mejora que permitieron ofrecer información confiable gracias al módulo de regresión lineal, que dio a conocer no solo el tipo de servicio que un estudiante consulta en internet, sino realizar una predicción en relación a sus tendencias de navegación.

Palabras clave*: Internet, sitios, estudiantes, predicción*

Abstract

The purpose of this work is to inform the way students of Public high schools from inner city area of Teziutlan, Puebla use the Internet service within their educational institutions. This research is the third and last stage of the project named "Modelo para detectar vulnerabilidades en el uso de Internet (VUL-INT)". It is worth mentioning that, as in previous stages, private schools didn't allow the installation of monitoring servers by their own policies, however, public schools which contained with all basic services needed authorized the research. These represent 60% of the study area, where improvement strategies that allowed offering reliable information throught to the linear regression module were implemented. This disclosed not only the type of service a student consults on the internet, but makes a prediction regarding about their browsing trends.

Key words*: Internet, sites, students, prediction.*

Introducción

En el TecNM Campus Teziutlán, se llevó a cabo el proyecto "Modelo para detectar vulnerabilidades en el uso de Internet (VUL-INT)" con el objetivo de identificar y clasificar el uso que se le da al servicio de internet dentro de instituciones educativas de los niveles básico y medio superior en horarios escolares; lo anterior derivado de la implementación del Programa de Inclusión y Alfabetización Digital (PIAD) que inicio en 2014, con entrega de 709 824 tabletas a los alumnos de nivel primaria en seis estados de la República Mexicana [1], éste buscaba disminuir la brecha de desigualdad que representa el acercamiento a las TIC en los sistemas educativos; sin embargo el acceso a los servicios de Internet en la región de Teziutlán se proporcionan en mayor porcentaje a través de las instituciones educativas. Dicha investigación se realizó en Instituciones educativas de Teziutlán, Puebla y estuvo conformada por 3 etapas, siendo la primera un análisis del uso no controlado del

servicio de Internet en las escuelas de nivel primaria [2], posteriormente en la segunda etapa en instituciones de educación secundaria, con el mismo objetivo que en la etapa anterior pero incorporando mejoras tecnológicas en base en la experiencia anterior, esto con el objetivo elevar la calidad de la información recolectada [3]. Finalmente, en esta tercera y última etapa se mejoraron las estrategias de recolección de datos mediante la implementación de esquemas de autenticación, así como de la implementación del módulo de regresión lineal.

Dentro del Modelo para detectar vulnerabilidades en el uso de Internet VULINT; se contó con la implementación de técnicas de intercepción de datos a través de equipos de hardware y software libre para establecer la captura de los hábitos de navegación de un estudiante, aunado a este, se agrega la funcionalidad de un sistema completo que brinda información de los sitios en internet que mayormente visualiza un estudiante a través de reportes estadísticos y predictivos.

El modelo de regresión lineal permite con base en registros anteriores (primaria y secundaria) realizar una proyección de los contenidos web que se podrían consultar en futuros periodos a través de internet, otorgando un claro panorama de lo que no se percibe mientras un estudiante utiliza su dispositivo móvil.

La base estructurada del proyecto consiste, en que las Instituciones educativas puedan identificar de manera eficaz los contenidos que, a través de internet consultan los alumnos de bachillerato mediante sus dispositivos móviles, y realizar un pronóstico en futuros periodos (ciclos escolares) sobre la cantidad de tráfico, el tipo de acceso, el número y tiempo de conexiones. Todo lo anterior bajo el uso de un modelo matemático basado en regresión lineal; esto con la intención de apoyar la toma de decisiones para que, en la medida de lo posible, se diseñen esquemas de seguridad dirigidos a recursos que fortalezcan su formación académica, logrando a la par el uso eficiente del servicio de internet dentro de las mismas.

La figura 1 muestra la metodología de desarrollo, únicamente para esta última etapa, ya que varias de las actividades fueron consecución de las dos primeras.

Metodología.

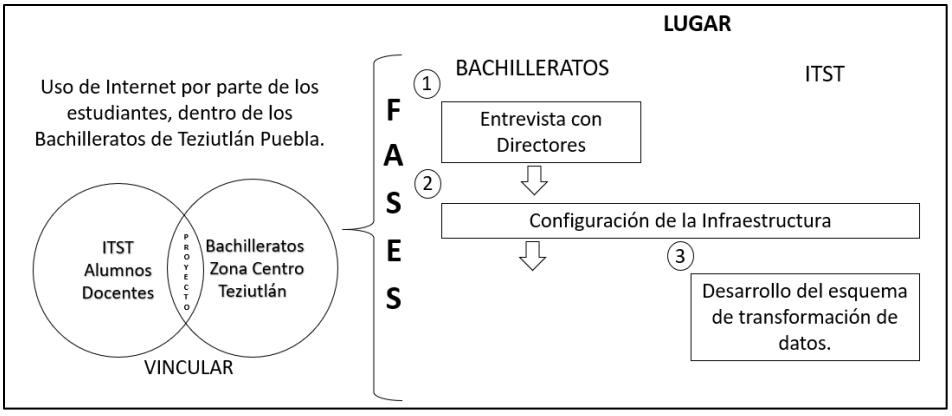


Figura 1. Metodología del Uso de Internet por parte de los estudiantes, dentro de los Bachilleratos de Teziutlán Puebla

1. Entrevista con directores

Se llevaron a cabo visitas a los directores de 10 instituciones de nivel bachillerato, tanto privadas como públicas, de la zona urbana de Teziutlán, Puebla. Cinco Bachilleratos son instituciones privadas y que por políticas internas no permitieron realizar el monitoreo del servicio de internet a sus alumnos; dos instituciones más que, aunque son públicas, no contaban con la infraestructura

 ISSN 2007-8102

para la implementación del servidor de monitoreo del proyecto VULINT, por lo que se trabajó solo con tres instituciones y que son nuestro espacio muestra.

2. Configuración de la infraestructura

A la par que se realizaban las visitas por parte de los docentes responsables, los alumnos participantes, Jhony Alejandro Hernández Méndez de la carrera de Ingeniería Informática y Saraí Hernández Mendoza de Ingeniería en Sistemas Computacionales realizaron la instalación y configuración de la infraestructura necesaria que resume en la Figura 2, así como del sistema de monitoreo Pfsense [6] en equipos de cómputo que cumplieron la función de ser proveedores de internet (Servidores).

Fase 1: Instalación de la infraestructura (hardware)
Los requerimientos mínimos solicitados para participar en el proyecto son:

- Servicio de internet en la institución
- Equipo de cómputo de escritorio con mínimo 2 Gb de memoria RAM, 2 Tarjetas de red, procesador superior o igual a Intel Core i3, y un disco duro de al menos 250 GB.
- Equipo Access Point

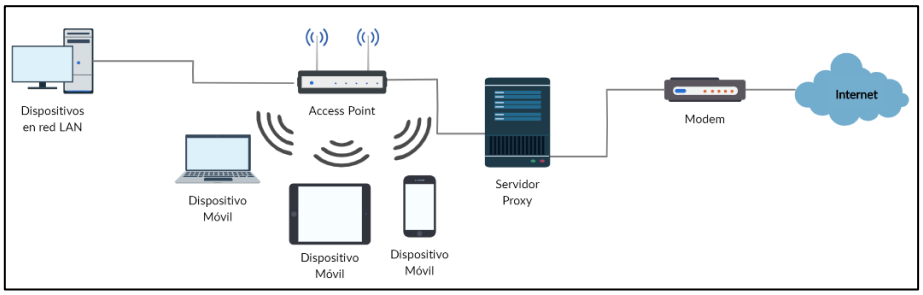


Figura 2. Infraestructura instalada

Fase 2: Creación del portal cautivo
Una característica adicional que se incorpora en esta tercer etapa es la relacionada al portal cautivo [4] que tuvo una doble finalidad, por una parte permitió verificar a los usuarios como miembros de la institución y por otro lado permitir identificar dentro de las bitácoras recolectadas tanto al alumno (usuario solicitante) como el servicio o página, la hora y fecha de cada una de las consultadas realizadas por este último, en las primeras dos etapas del proyecto VULINT no se conocía con exactitud que estudiante era el que visitaba ciertos sitios, dando como resultado un análisis general y no uno particular por estudiante, es importante mencionar que en todo momento y durante el tiempo que duró el proyecto se cumplió con el marco jurídico en relación a la privacidad y acceso a datos personales mediante esto mediante la incorporación y publicación de un aviso de privacidad, que todos los usuarios aceptaron al hacer uso de la plataforma implementada, tal como se muestra en la Figura 3.

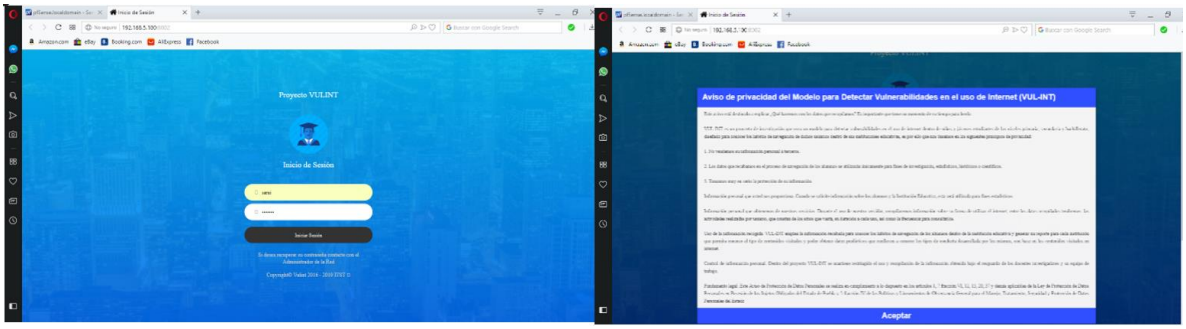


Figura 3. Registro de usuarios que tendrán acceso a la conexión de Internet

 ISSN 2007-8102

Fase 3: Desarrollo de la herramienta de monitoreo

Todas las características implementadas permitieron contar con un ambiente de mayor control, adicionalmente se compilaron todas las configuraciones, programaciones y aplicaciones adicionales, desarrolladas en cada una de las tres etapas del proyecto, conformando todo ello en un imagen del tipo ISO, lo que permite contar con una distribución de la plataforma VULINT, agilizando su portabilidad mediante una unidad USB, como se visualiza en la figura 4, e instalarlo en equipos de cómputo, ahorrando tiempo en configuraciones completas de forma individual. Algunas de las actividades principales fueron, gestión del paquete SQUID SSL a través del gestor Synaptic, y creación de certificados auto firmados, se utilizó el sistema operativo de libre distribución Ubuntu, con un servidor web bajo el protocolo HTTPS, mismo que tiene la protección de un certificado SSL [5], que integró la funcionalidad y capacidad de monitorear el tráfico generado por los alumnos; el objetivo fue replicar el funcionamiento de PfSense, un sistema operativo de propósito específico, diseñado para implementar un cortafuego [6].

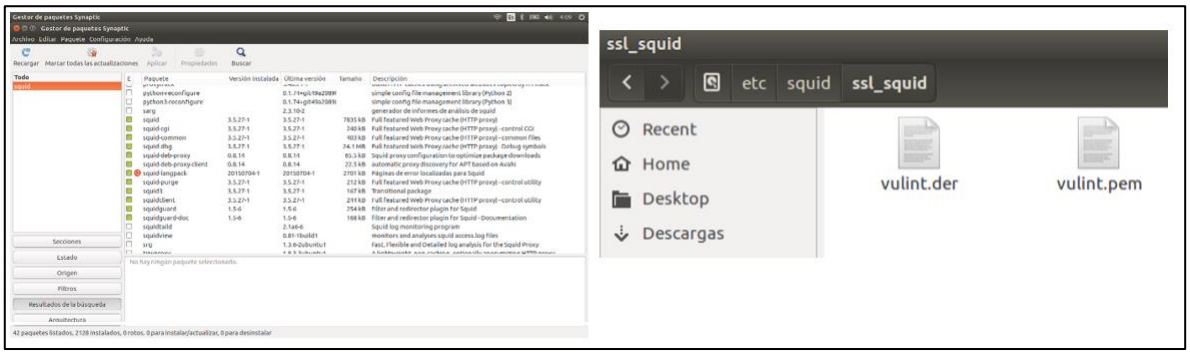


Figura 4. Desarrollo de distro VULINT como herramienta de monitoreo por SSL.

3. Desarrollo del esquema de transformación de datos

La integración y transformación de los datos capturados a través de archivos log, que contienen las peticiones, consultas y registros de navegación de los usuarios, fue realizada en un servidor Linux que enviaba los registros a un esquema de bases de datos, como se ilustra en la figura 5.

El ambiente de transformación de la información se realizó en la distribución Ubuntu 16.04, se instaló Mysql como motor de base de datos y Mysar con herramientas de trasformación la cual fue generada mediante un archivo .iso

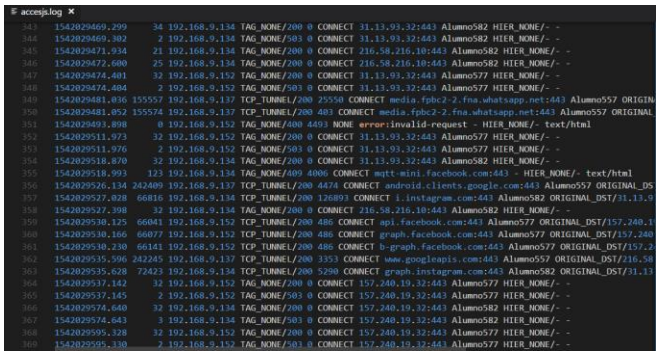
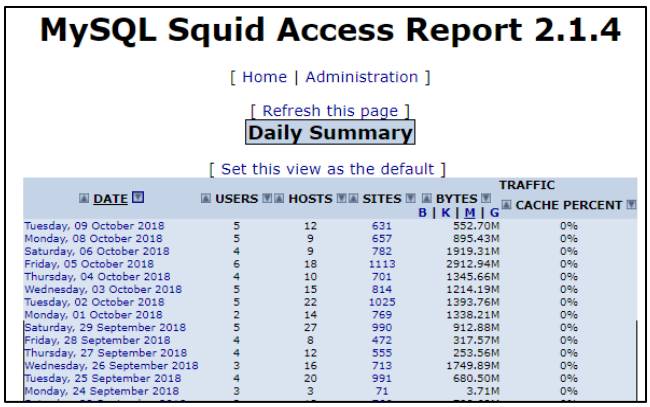


Figura 5. Registros Navegación Archivos.log

Mysar permitió transferir los registros de texto plano a un entorno de base de datos, a través de un script realizado en el lenguaje de programación PHP permitiendo realizar la inserción de estos en tablas de MySQL, tal como se puede apreciar en la figura 6.

 ISSN 2007-8102



MySQL Squid Access Report 2.1.4

[Home | Administration]

[Refresh this page]

Daily Summary

[Set this view as the default]

DATE	USERS	HOSTS	SITES	TRAFFIC BYTES B | K | M | G	CACHE PERCENT
Tuesday, 09 October 2018	5	12	631	552.70M	0%
Monday, 08 October 2018	5	9	657	895.43M	0%
Saturday, 06 October 2018	4	9	782	1919.31M	0%
Friday, 05 October 2018	6	18	1113	2912.94M	0%
Thursday, 04 October 2018	4	10	701	1345.66M	0%
Wednesday, 03 October 2018	5	15	814	1214.19M	0%
Tuesday, 02 October 2018	5	22	1025	1393.76M	0%
Monday, 01 October 2018	2	14	769	1338.21M	0%
Saturday, 29 September 2018	5	27	990	912.88M	0%
Friday, 28 September 2018	4	8	472	317.57M	0%
Thursday, 27 September 2018	4	12	555	253.56M	0%
Wednesday, 26 September 2018	3	16	713	1749.89M	0%
Tuesday, 25 September 2018	4	20	991	680.50M	0%
Monday, 24 September 2018	3	3	71	3.71M	0%

Figura 6. Registros integrados a Mysql mediante Mysar

Los registros dentro del gestor de bases de datos, son almacenados con base en el siguiente esquema mismo que es el encargado de realizar el registró de las peticiones de los alumnos a sitios web, tomando en cuenta todos aquellos datos históricos que son importantes para los objetivos del proyecto VULINT, todo esto está representado en la figura 7.

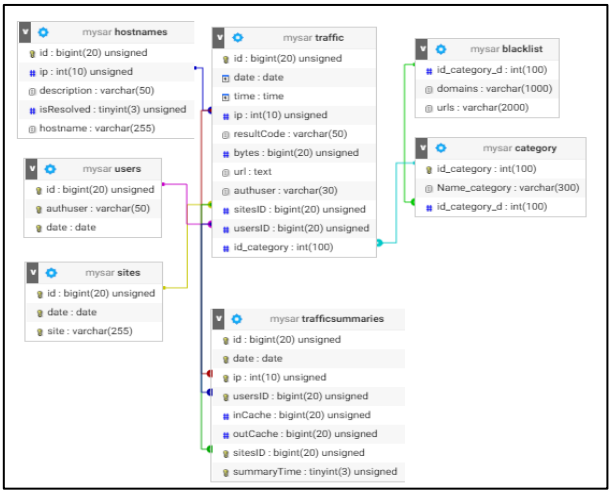


Figura 7. Diseño Base datos generado al importar registros.log

La última etapa del desarrollo del esquema de transformación de datos, fue la creación del Sistema de Pronósticos Estadísticos (SIPREES), identificado en la figura 8; quien establece mecanismos de control, asignación de usuarios y generación de pronósticos estadísticos sobre los hábitos de navegación en el uso de internet, cabe mencionar que existen sistemas y proyectos que llevan a cabo el control, monitoreo y regulación de los canales de comunicación a través de internet como lo es la empresa denominada FORTINET [7], el sistema integra la capacidad de generar reportes muy básicos sobre la navegación de los usuarios, un punto importante es que la integración de dicho sistema a las empresas o instituciones genera un costo variado por licencia desde los $6,000.00 hasta $115,000 MXN anual. [8]

 ISSN 2007-8102



Figura 8. Página principal aplicación SIPREES

Resultados y discusión

La penetrabilidad de las TIC y su uso dentro de nuevos modelos educativos hacen indispensable de su aprovisionamiento interinstitucional como un servicio adicional a los ofertados a la comunidad estudiantil dentro de los centros educativos, el interés dentro de esta última etapa del proyecto consistió en identificar los hábitos de navegación de estudiantes del nivel medio superior el periodo de monitoreo se realizó en tres bachilleratos, en un periodo que fue del 20 de noviembre al 14 de diciembre de 2018, cubriendo un total de 4 semanas mismas que conformaron 120 horas de monitoreo. La figura 9 muestra los 5 tipos de sitios web, más consultados por institución, que permiten identificar el contenido mayormente consultado por los estudiantes cuando hacen uso de internet cuando hacen uso de la infraestructura implementada para la recolección de datos.

Como se puede observar, las clasificaciones de los tipos de sitios web de contenido consultado por los alumnos muestran un comportamiento heterogéneo.

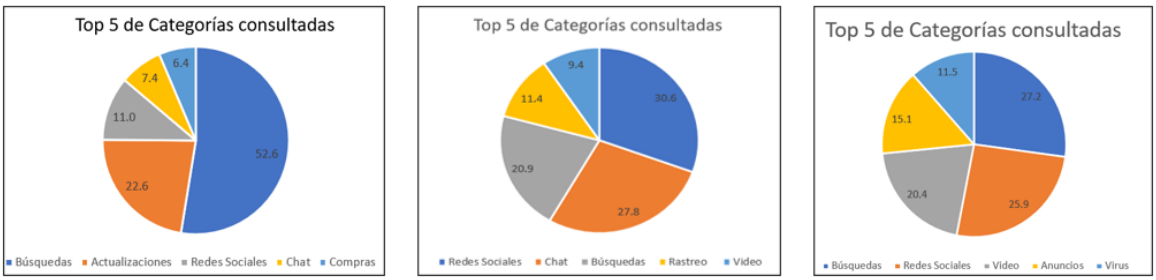


Figura 9. Los 5 tipos de sitios web más consultadas por institución

La figura 10 muestra a manera de diagnóstico de la zona estudiada los 5 tipos de sitios web con mayor demanda.

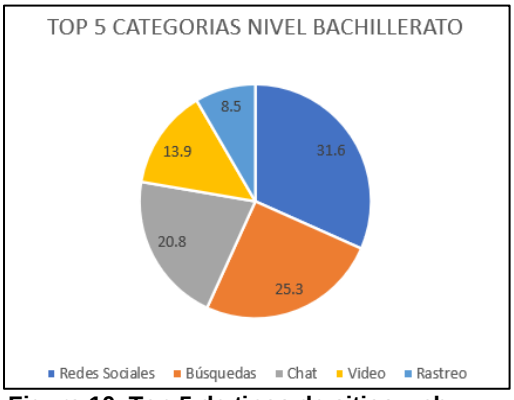


Figura 10. Top 5 de tipos de sitios web consultados

 ISSN 2007-8102

Mediante el módulo de predicción matemático basado en regresión lineal [9] que se puede observar en la figura 11, se permitió identificar el comportamiento que se podría presentar en cada una de las instituciones, esto permitirá apoyar a los procesos de toma de decisión que cada autoridad educativa crea pertinente implementar.



Figura 11. Módulo de predicción basado en regresión lineal

La figura 12 muestra el funcionamiento del módulo de predicción, mismo que toma como base el histórico de acceso observado por parte de los usuarios con acceso a Internet y se realiza una estimación del comportamiento que se tendrá.

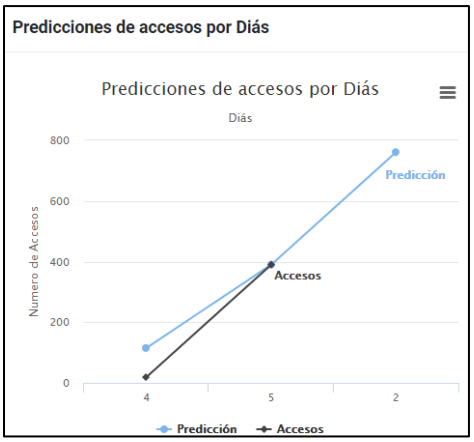


Figura 12. Gráfica de predicción

Trabajo a futuro

Después de identificar los hábitos de navegación en los niveles educativos básico (primaria, secundaria) y medio superior que conforman las 3 etapas del proyecto VUL-INT, y mediante el uso de del módulo de regresión lineal implementado, se establece como trabajo futuro el contrastar los datos recolectados en las primeras dos etapas con la tercera para validar o refutar los resultados obtenidos.

Conclusiones

La tercera etapa del proyecto VUL-INT es la culminación a un proceso de búsqueda, configuración e implementación de herramientas que permitan la recolección, análisis, interpretación y toma de decisión en temas relacionados al conocer los hábitos de navegación por la población estudiantil cuando se encuentra en horario escolar interinstitucional, es importante resaltar la importancia del módulo predicción basada en regresión lineal así como de la aplicación web SIREES misma que

permite ofrecer reportes sobre el consumo real del servicio de internet dentro de la zona de estudio, estos dos importantes módulos no se encuentran disponibles en proyectos similares al presente y que le diferencian del resto, un objetivo planeado desde el inicio del proyecto fue el poder ofrecer a cualquier persona interesada sobre este tema una plataforma sencilla para su implementación, la ISO que fue conformada permite ofrecer una versión de libre distribución lista para su puesta en operación en cualquier entorno educativo de cualquier nivel.

Referencias

[1] UNESCO, “Programa piloto de inclusión y alfabetización digital,” 2016. [Online]. Available: https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/233755/PROGRAMA_PILOTO_DE_INCLUSI_N_Y_ALFABETIZACI_N_DIGITAL_PIAD__ok.pdf.

[2] H. V. R. F. R. S. Adriana Pérez López, «Análisis del uso no controlado de Internet, en Primarias Zona Escolar 007 de Teziutlán, Puebla,» *Coloquio de Investigación Multidisciplinaria,* pp. 1665-1670, 2017.

[3] H. V. R. P. G. A. C. Adriana Pérez López, «Internet y los hábitos de navegación en zona escolar 03 nivel secundaria de Teziutlán, Puebla,» *Coloquio de Investigación Multidisciplinaria,* pp. 2159-2166, 2018.

[4] Linksys, «Linksys,» [En línea]. Available: https://www.linksys.com/es/r/resource-center/portal-cautivo/. [Último acceso: 11 Marzo 2020].

[5] digicert, «digicert,» [En línea]. Available: https://www.digicert.com/es/what-is-ssl-tls-https/. [Último acceso: 24 julio 2020].

[6] «EcuRed,» La enciclopedia cubana, [En línea]. Available: https://www.ecured.cu/Pfsense. [Último acceso: 11 junio 2020].

[7] P. Fortinet, «Fortinet,» [En línea]. Available: https://www.fortinet.com/lat. [Último acceso: 24 enero 2020].

[8] Sistro, «sistro.net,» [En línea]. Available: https://www.sistro.net/licencias_Fortinet_1yer. [Último acceso: 10 mayo 2020].

[9] C. Laguna, «Instituto Aragonés de Ciencias de la Salud,» 2014. [En línea]. Available: http://www.ics-aragon.com/cursos/salud-publica/2014/pdf/M2T04.pdf. [Último acceso: 13 septiembre 2019].

El impacto de las LMS en Tiempos de Covid-19

M.A Ahumada Cervantes[1], E. Alvarez Baltierra[2], J. P Melo Morin[3,]

[1] Instituto Tecnológico Superior de Pánuco, Veracruz, México. angeles.ahumada@itspanuco.edu.mx
[2] Instituto Tecnológico Superior de Pánuco, Veracruz, México. eric.alvarez@itspanuco.edu.mx
[3] Instituto Tecnológico Superior de Pánuco, Veracruz, México. patricia.melo@itspanuco.edu.mx
***Área de participación**: Investigación Educativa.*

Resumen

Las plataformas LMS representan herramientas primordiales para el trabajo en la educación a distancia para los docentes y alumnos del Instituto Tecnológico Superior de Pánuco, por lo que se debe evaluar el impacto en tiempos de Covid19. De igual forma el rendimiento académico es una variable importante que debe ser considerada para ser evaluada, así como, conocer los instrumentos y medios de comunicación que fueron más utilizados. El presente estudio es no experimental por cuotas con un muestreo no probabilístico, para ello se utilizaron dos fases, en la primera fase se analizaron las calificaciones de varios periodos para verificar su rendimiento académico y en la segunda fase se utiliza un instrumento de medición para cuantificar el uso de herramientas educativas. Se determinó finalmente la necesidad de homogenizar el uso de la tecnología educativa y que pese a la contingencia de salud, los estudiantes no decayeron en su rendimiento académico.

***Palabras clave**: Tecnología educacional, Educación a Distancia*

Abstract

The LMS platforms represent essential tools for work in distance education for teachers and students of the Higher Technological Institute of Pánuco, so the impact must be evaluated in times of Covid19. In the same way, academic performance is an important variable that must be considered to be put, as well as, to know the instruments and means of communication that were most used. The present study is non-experimental because of a non-probabilistic sampling, for this, two phases were used, in the first phase the grades of several periods were analyzed to verify their academic performance and in the second phase a measurement instrument is used to quantify the use of educational tools. The need to homogenize the use of educational technology was finally determined and that despite the health contingency, the students did not decline in their academic performance

***Key words**: Educational Technology, Distance Education*

Introducción

El confinamiento de la población mundial por los efectos de la pandemia de enfermedad por coronavirus en el año 2019 y el 2020 [1], ha impulsado a la humanidad a sortear retos desde diversos aspectos de la vida cotidiana. El virus COVID-19 dada sus formas de contagio [2] [3], puede provocar infecciones si se promueven las aglomeraciones de personas, como puede ser en los centros educativos, eventos deportivos, culturales o de entretenimiento entre otros [4].

Los acontecimientos presentados en la emergencia sanitaria en todo el país [5] desde la declaratoria de emergencia del gobierno federal mexicano, así como la suspensión anticipada de actividades escolares [6], ha puesto en un verdadero reto para el sistema educativo en México en todos los niveles educativos.

El presente artículo se basa en los resultados de un esfuerzo por conocer el impacto en los estudiantes del Instituto tecnológico Superior de Pánuco frente a los retos que presenta la pandemia, el confinamiento en relación rendimiento académico de los estudiantes durante el semestre Enero-junio del 2020. Se pretende dar a conocer el impacto educativo y las herramientas tecnológicas que maestros y alumnos utilizaron para concluir sus actividades académicas, así mismo se pretende influir en los directivos en la toma de decisiones sobre el uso de la tecnología en torno a la educación a distancia y en la mejor forma de comunicarse con los alumnos.

Diversos son los aspectos que el presente estudio toma en consideración para poder medir el impacto provocado por los acontecimientos dentro de la presente crisis sanitaria en nuestro país. La comunicación de los directivos con el personal docente, la comunicación de los alumnos y los profesores, las herramientas utilizadas por los alumnos, los materiales didácticos que fueron manejados, son entre otros, los aspectos de mayor importancia sobre la cual se analizaría para determinar su influencia e impacto sobre el rendimiento académico de los alumnos.

La presente pandemia y su consiguiente confinamiento social, dio pie a la utilización y explotación masiva de herramientas tecnológicas y de comunicación para fines educativos. Dado que en tiempos de normalidad no se utilizaban tan ampliamente como en tiempos del Covid-19, es importante para las instituciones educativas de nivel superior realizar un estudio sobre las herramientas de comunicación utilizadas, así como de las aplicaciones consumidas, como pueden ser LMS, Learning Management System (Sistema de Gestión de Aprendizaje) [7] y que herramientas de computación en la nube se utilizaron por la comunidad académica del ITSP.

Existe en el mercado computacional una amplia oferta de aplicaciones que ayudan a la gestión del contenido educativo, estas son llamadas Sistemas de gestión de Aprendizaje (LMS) por sus siglas en ingles. Por muchos años los LMS han ayudado a coordinar las actividades educativas concentrando generalmente en una plataforma en línea [8], una serie de herramientas computacionales orientadas a administradores educativos, docentes, alumnos e incluso padres de familia, donde utilizan un único medio de comunicación, en el cual se consume y monitorea todo tipo de actividades orientadas al aprendizaje.

Es bien sabido que las herramientas LMS [8] principalmente forman parte de un solo conjunto de recursos que dependiendo de la aplicación que se utilice, tendrá diversas funciones que ayudarán a la gestión de los cursos en línea. No obstante, las aplicaciones de video conferencias y de mensajería instantánea, son ampliamente utilizadas dentro de la gestión del curso, por lo que se incluyen para nuestro estudio como herramientas de tipo LMS, ya que se han vuelto indispensables para coordinar el proceso de enseñanza aprendizaje en línea [9].

El conocer no solo el impacto que hubo con el uso de la tecnología en el entorno del confinamiento sanitario, se evalúa de la misma forma la existencia de un avance o retroceso en el rendimiento académico mediante el análisis de las calificaciones obtenidas por parte de los alumnos con la utilización de herramientas de análisis de bases de datos [10] .

Metodología

Dada la misma naturaleza del problema planteado sobre los tiempos del Covid-19 se presenta un reto de grandes dimensiones para lograr obtener los resultados lo más objetivamente posibles. El estudio fue divido en dos momentos:

En la primera fase se llevará a cabo el diseño de investigación no experimental longitudinal de tendencia, debido a que se analizará la variable de rendimiento académico en un contexto social en diferentes momentos [11], para ello se realizará un análisis de las calificaciones para la obtención del rendimiento académico, en cada una de las asignaturas impartidas durante el periodo Febrero-Junio de los años 2018 y 2019 con clases presenciales, contra el periodo Febrero-Junio del 2020 donde se llevó gran parte del semestre de forma Virtual. Salvo algunas excepciones, en los tres periodos propuestos se tienen pocos cambios en la cantidad de grupos y asignaturas asignadas. Para la homogenización de los resultados se establecerá un estándar en donde se agruparán a los alumnos dependiendo del resultado obtenido en la asignatura cursada, esto es bajo la premisa de acreditado y no acreditado, así mismo de la acumulación de los alumnos mediante la calificación obtenida, cuantos alumnos obtuvieron 70, 80, 90 y 100. Los datos fueron obtenidos de la Base de datos del Sistema para la administración escolar denominado Sistema de integración Escolar SIE [12], el cual está desarrollado en un sistema manejador de bases de datos DBMS, llamada Visual Foxbase Versión 9 [13] . Este DBMS es una Manejado de Base de datos antiguo por lo cual lo hace incompatible con los actuales DBMS. Debido a lo anterior se llevó a cabo la integración de los datos con una herramienta denominada SQL Server Integration Services (SSIS) [14] que es el componente de la plataforma SQL Server de Microsoft, con la finalidad de captar datos de diversas fuentes

heterogéneas, convirtiéndolas en datos compatibles, por lo que los datos obtenidos del sistema SIE fueron suministrados al SSIS consiguiendo una base de datos funcional para el análisis mediante el SQL Server Analysis Services (SSAS) [10]. Esta última herramienta llamada Analysis Services proporciona un motor de datos analíticos la cual es usada en la ayuda de la toma de decisiones y el análisis datos empresarial, con la cual se procesarán los datos que darán como resultado el rendimiento académico de los alumnos de los tres periodos considerados en esta fase de estudio.

La segunda fase se llevará a cabo mediante un diseño de investigación no experimental transeccional descriptivo, que busca conocer las propiedades de un objeto de estudio [11], el cuál se enfocará en conocer el uso y conocimiento de las herramientas tecnológicas utilizadas en tiempos de COVID19 tomando como base el periodo Febrero-Junio 2020. Se utilizará el tipo de investigación cuantitativa mediante un instrumento de medición que será aplicado a dos tipos de usuarios, docentes y alumnos en el mismo momento, con la finalidad de analizar desde los dos puntos de vista el uso eficiente o no de las tecnologías de comunicación y la administración de los contenidos educativos. Posteriormente se obtendrá una muestro no probabilístico para la realización del estudio, En este tipo de muestreo se recolectarán los datos en un proceso que no brinda a todos los individuos iguales oportunidades de ser seleccionados debido a la imposibilidad de la entrevista personal. Teniendo en cuenta que se requiere que el muestreo sea lo más representativo a la población del estudio [11] debido a que todos los elementos son conocidos dada la existencia de alumnos ordenados por carrera, semestre y separados por grupos; así mismo cada grupo muestra la materia impartida.

Contando con los datos ordenados, se procede con el muestreo no probabilístico por cuotas, en la que se debe asegurar que se entrevisten a la mayor cantidad de alumnos por cada asignatura, por lo que se continua con la selección como metodología a los alumnos representantes de cada grupo, ya que se tiene mayor certeza de que ellos tienen mejores medios de comunicación, así mismo proporcionarán los contactos de sus compañeros de estudio. Dadas las circunstancias de falta de comunicación se aplicará el instrumento al 10% de alumnos por grupo que serán suficientes para la realización del estudio correspondiente.

Según la entrevista a la Jefatura del Departamento de Escolares del ITSP [15], Tabla 1 muestra los datos referentes a las materias y grupos que fueron dispuestos durante el periodo evaluado. Dados los datos proporcionados por el departamento de escolares, la cantidad de encuestas bajo el caso optimo del 10% de alumnos arroja 142 encuestas. Para el caso más pesimista suponiendo que solo se entrevista a un alumno a lo sumo por cada grupo arroja que 41 alumnos serán encuestados. Existe riesgos al intentar analizar los datos de la forma propuesta, pero dada las circunstancias, es posible que los resultados obtenidos puedan ser una buena imagen del universo estudiado ya que como mínimo se intentará analizará por lo menos un alumno por cada asignatura académica.

Tabla 1 Grupo de estudio de los alumnos. Materias y grupos por carrera

Carrera	Periodo Febrero a Junio 2020		
	Materias	Grupos	Alumnos
Ingeniería Informática	22	4	76
Ingeniería en Industrial	24	12	530
Ingeniería en Gestión Empresarial	24	8	302
Ingeniería en Petrolera	23	4	81
Ingeniería Electrónica	24	4	118
Contador Publico	26	5	188
Ingeniería en Sistemas Computacionales	23	4	133

Para el grupo de estudio de los docentes, la población actual según los datos de la dirección académica del ITSP [16], consta de 87 profesores quienes imparten todos las asignaturas. Siendo este segundo grupo de estudio muy pequeño comparado con el grupo de alumnos, se tomarán en consideración para el estudio el 100% de población del universo de los catedráticos.

Una vez que se encontró la forma más eficiente de obtener la muestra para los dos grupos de estudio, de los alumnos y profesores, se procede a la creación del instrumento de evaluación. Los objetivos requeridos por el estudio se centran en saber qué herramientas educativas y medios de

comunicación son los utilizados en los tiempos del confinamiento sanitario, razón importante para lograr una valoración cuantitativa de los hechos.

Dada la forma en que se encuentran distribuidos los docentes y alumnos del presente estudio se realizará la recopilación de datos utilizando un instrumento de evaluación con preguntas de respuestas cerrada, ideales para recabar las condiciones actuales que se encuentra la población de estudio.

Tabla 2 Instrumento de Evaluación para los docentes

Pregunta	Opciones de respuesta				
1. Seleccione el principal medio que utilizó para acceder a Internet.	Wifi en casa propia	Internet Móvil	Alquiler en Ciber Café	Casa de familiar/amigo	
2. Calidad del enlace a internet utilizado	Excelente	Muy bueno	Bueno	Malo	
3. Cuenta con equipo de cómputo, marque más de una.	Laptop propia	Computadora personal	Laptop prestada	Únicamente Dispositivo móvil	No cuento con computador
4. Seleccione las herramientas principales que utilizó con los alumnos para comunicarse.	Correo electrónico	Llamada telefónica	Mensaje de WhatsApp/ Messenger	Facebook Twitter Instagram	
5. Enumere la importancia en el uso de las herramientas de comunicación	Correo electrónico	Llamada telefónica	Mensaje de WhatsApp/ Messenger	Facebook Twitter Instagram	
6. Herramienta tecnológica utilizada para organizar su curso (aula virtual, LMS)	Moodle	Schology	Claroline	otro	No utilice
7. En caso de no utilizar una herramienta LMS, que utilizó para organizar su curso	Si utilice LMS	FaceBook	Drive google o similar	Correo electrónico	Otro
8. La herramienta utilizada para la impartición de clases a distancia	Zoom	NetMeet	Salas de FaceBook	WhatsApp	Otra especificar
9. El promedio de tiempo dedicado a una clase a distancia	3hrs	2hr	1hr	30Min	15Min
10. Tiempo Semanal dedicado a clases en línea	30 a 20 horas	19 a 10 horas	9 a 5 horas	4 a 3 horas	Menos de 2 horas
11. Realizó algún gasto mensual extra para todas sus actividades a distancia.	2000 a 1500	1499 a 1000	999 a 500	499 a 200	199 a 0 / Ninguno
12. Si utilizó Moodle, califique la herramienta.	No la use	Excelente	Muy buena	Buena	Regular
13. Si utilizó Schoology, califique la herramienta	No la use	Excelente	Muy buena	Buena	Regular
14. Si utilizó Claroline, califique la herramienta	No la use	Excelente	Muy buena	Buena	Regular
15. Si utilizó FaceBook, califique la herramienta para uso académico	No la use	Excelente	Muy buena	Buena	Regular
16. Si utilizó Zoom, califique la herramienta	No la use	Excelente	Muy buena	Buena	Regular
17. Si utilizó NetMeeting, califique la herramienta para uso académico	No la use	Excelente	Muy buena	Buena	Regular
18. Si utilizó WhatsApp, califique la herramienta para uso académico	No la use	Excelente	Muy buena	Buena	Regular

 ISSN 2007-8102

El instrumento de evaluación para los alumnos tiene el mismo número de preguntas que el instrumento destinado a los docentes Tabla 2, de la misma forma, tiene el mismo enfoque en las cuestiones, solo cambió la redacción, se expone a continuación los cambios aplicados. La pregunta 4 del instrumento del docente dice “Seleccione las herramientas principales que utilizó con los alumnos para comunicarse.”, se ha hecho la adecuación a la pregunta hecha para el alumno a “Seleccione las herramientas principales que utilizó con los profesores para comunicarse.”. La pregunta 6 cambio a “Herramienta tecnológica utilizada por el profesor para organizar su curso (aula virtual, LMS)”.

Resultados y discusión

Análisis del rendimiento académico

El estudio se involucró a todas las carreras del ITSP, siendo para este articulo una muestra de los resultados obtenidos, se hará una presentación únicamente de la Ingeniería Informática.

Como se muestra en la figura 1 y la figura 2, se indica el acumulado de calificaciones aprobatorias de cada materia que los alumnos han recibido en los dos periodos anteriores y el periodo actual. Se puede decir con toda certeza que en periodo 2020 existió una tendencia de mejora en las calificaciones con respecto a los periodos 2018 y 2019. Observando más a detalle el comportamiento de las calificaciones, se destaca que en el caso de las materias con el enfoque teórico hubo mayor rendimiento que las materias de enfoque práctico. Así mismo con respecto al índice de reprobación se observa de la misma forma una mejoría.

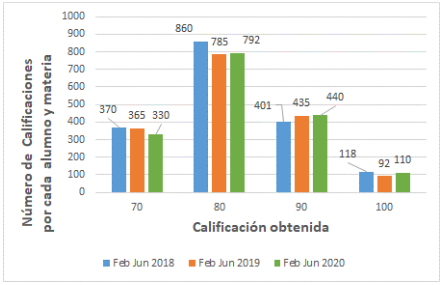


Figura 1: Resultado de las calificaciones de las materias de los alumnos de la carrera de Ingeniería informática

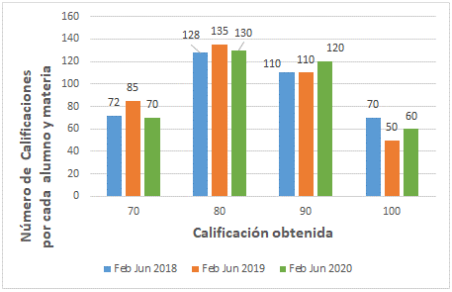


Figura 2: Gráfica del segundo semestre de las calificaciones de las materias de los alumnos de la carrera de Ingeniería informática

Queda demostrado que los alumnos presentan aumento en calificaciones aprobatorias de mejor calificación por ejemplo 92 alumnos del periodo Febrero Julio del 2019 sacaron una calificación de 100 mientras que 110 alumnos obtuvieron la misma calificación en el periodo del año 2020. Esa tendencia se repite en la mayoría de las materias. Se observa de la misma forma la falta de apoyo de las materias que dependen del uso de un laboratorio por su bajo rendimiento, sin embargo, se usó simuladores para solucionar esos inconvenientes.

La figura 3 muestra la cantidad de materias aprobadas por cada alumno y periodo. Mientras que en la figura 4, se muestran las materias que los alumnos no aprobaron, de la misma forma se realizó una consulta de todas las materias que los alumnos cursaron y se seleccionaron aquellas que no acreditaron. El dato del número de materias aprobadas del periodo del año 2020 se ve un claro aumento con respecto al periodo inmediato anterior. De la misma forma se observa notoriamente un menor número de materias reprobadas en el periodo Febrero-junio del 2020 con respecto los periodos anteriores. Algunos factores que influyeron para el mejoramiento de los rendimientos académicos fueron, una mayor flexibilidad en los tiempos de entrega en sus trabajos y una menor exigencia académica

 ISSN 2007-8102

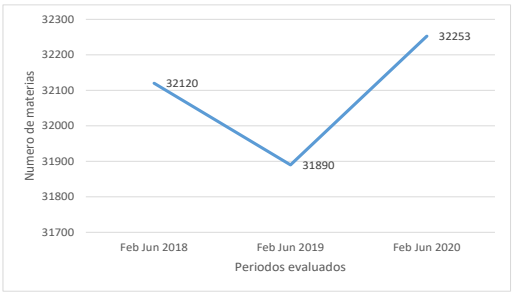


Figura 3: Número de materias aprobadas por alumno por periodo del ITSP

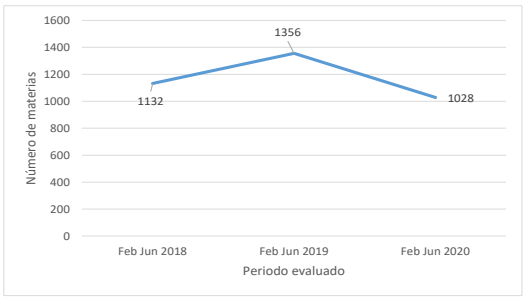


Figura 4: Número de materias reprobadas por alumno por periodo del ITSP

. **Análisis las herramientas tecnológicas usadas en la impartición de educación a distancia.**

Le encuesta fue aplicada a la totalidad de los 87 docentes mientras que para los alumnos la cantidad de encuestas aplicadas fueron 98 alumnos, esto representa el 6.8% de la población de alumnos del ITSP.

Se muestra la gráfica de la figura 5 por un lado la cantidad de profesores que utilizaron la herramienta LMS y por el otro la propia valoración que se le dio a esa misma herramienta. Se observa que la aplicación llamada Schoology fue la herramienta preferida por los docentes, sin embargo, aún hay 20 docentes que siguen utilizando la aplicación LMS Claroline, constancia además de ser muy pobremente valorada, tarea del departamento académico quien tendrá que orientar a los docentes en el uso de una sola plataforma. Por otro lado, como se muestra en la figura 6, el WhatsApp o Messenger son sin duda el medio por excelencia en comunicación entre maestro y el alumno, sin embargo, por cuestiones de seguimiento académico, fue en muchos casos necesario el entablar comunicación telefónica.

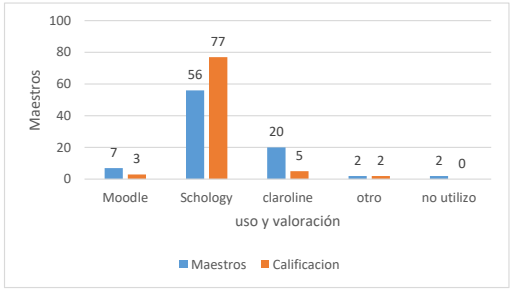


Figura 5: LMS usado y la valoración de la aplicación.

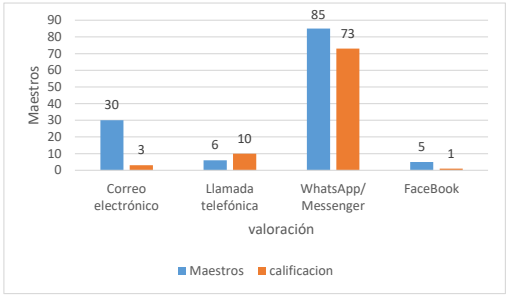


Figura 6: Herramienta de comunicación y su valoración.

La importancia de que los alumnos y maestros se reúnan en torno a una clase, tiene un gran valor, ya que los materiales y planes escolares son planeados y destinados a una educación presencial no a una educación a distancia. Dada la contingencia de salud, la aplicación de video conferencia fue ampliamente usada, ya que ayudó a los maestros a impartir clases. Como se muestra en la figura 7, los docentes utilizaron con mucha frecuencia ZOOM y NetMeeting de Google, plataformas gratuitas para la impartición de clases a distancia. Según la encuesta aplicada a los docentes, en promedio impartieron 30 minutos por clase, acumulando semanalmente un promedio de 3 horas de trabajo efectivo.

Sin duda se vio muy afectado el alumno en el desempeño académico en asignaturas donde las clases son prácticas de laboratorios, esto debido a que se observó bajo rendimiento académico de los alumnos en materias prácticas ya que los profesores difícilmente pudieron transmitir los conocimientos prácticos desde el ámbito de la educación a distancia

 ISSN 2007-8102

No obstante, a pesar de que los docentes han sabido utilizar las herramientas tecnológicas, los alumnos entrevistados como se muestra en la Figura 8, solo el 35% poseen internet en sus hogares, un 32% tiene que buscar conectarse a Internet con familiares o amigos, y los que alquilan internet representan un 12% y finalmente quienes usan sus dispositivos móviles figuran con el 21% de los alumnos. El presente estudio pretende dar a los docentes y administrativos conciencia de las dificultades en las conexiones a internet que tuvieron los alumnos, proporcionar facilidades para que ellos puedan cumplir con sus labores académicas.

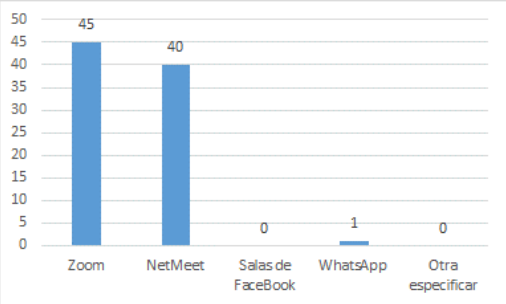


Figura 7: Herramienta para impartir clases virtuales

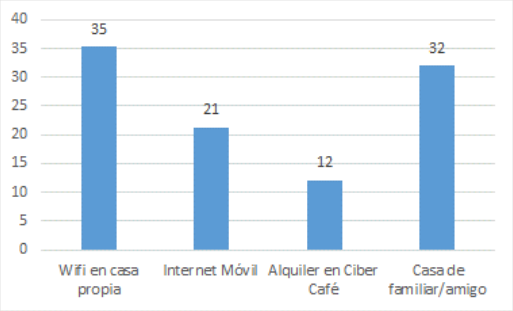


Figura 8: Acceso de internet para alumnos

Trabajo a futuro

Se requiere del seguimiento semestral, aplicando nuevamente las encuestas y ejecutando el modelo informático, una vez concluido el periodo de clases, si es que las autoridades decidieran aplazar los trabajos presenciales. Esto con el afán de analizar si en realidad se están haciendo las estandarizaciones del uso de la tecnología educativa, si se están aplicando las herramientas tecnológicas necesarias para cumplir los planes de estudio, con el fin de mejorar la administración de los recursos educativos de los docentes. Como se ha podido apreciar, el presente estudio se ha planteado un gran reto, sin embargo, es necesario conocer a fondo lo ocurrido durante las actividades de educación a distancia.

Conclusiones

El presente estudio se dio a la terea de conocer las implicaciones en la impartición de clases a distancia cuando maestros, alumnos tuvieron que confinarse y concluir las clases semestrales sin una planeación adecuada debido a la contingencia sanitaria provocada por el virus Covid19.

Los alumnos no presentaron rezagos en torno al rendimiento académico, a pesar de las complicaciones que muchos de los alumnos manifestaron al intentar usar las vías de comunicación con los docentes, así mismo, pretender cumplir con los requerimientos académicos de cada asignatura académica.

Se observó que la mayoría de los profesores encontraron en la plataforma LMS de Schoology la organización de los cursos, empero, aún existen docentes usando herramientas como Claroline o Moodle, que, sin desestimar su utilidad, es necesario estandarizar lo más posible el uso de LMS para su mejor dirección y control. Los LMS junto con el uso de las aplicaciones de video conferencia ha sido sin duda una gran ayuda a los docentes a sobrellevar las clases a distancia, sin embargo, la emergencia sanitaria aún persiste a la fecha del cierre de este estudio, no se conoce cuando se integren las actividades de forma cotidiana. Es labor de los docentes y administrativos el conocer con datos duros las consecuencias de convertir las clases presenciales en clases a distancia, y corregir o adecuar los trabajos académicos en pro de una educación de calidad.

REFERENCIAS

[1] BBC News, «Coronavirus disease named Covid-19,» 11 Febrero 2020. [En línea]. Available: https://www.bbc.com/news/world-asia-china-51466362.

[2] C. Flügge, «Carl Flügge y las gotas de saliva que se expulsan al hablar - Alef,» Álef Libera el Conocimiento, 11 Octubre 2013. [En línea]. Available: http://alef.mx/carl-flugge-y-las-gotas-de-saliva-que-se-expulsan-al-hablar/. [Último acceso: 7 Junio 2020].

[3] World Health Organization, «Q&A on coronaviruses (COVID-19),» 11 Febrero 2020. [En línea]. Available: https://www.who.int/emergencies/diseases/novel-coronavirus-2019/question-and-answers-hub/q-a-detail/q-a-coronaviruses. [Último acceso: 16 Junio 2020].

[4] IMSS, «Capacitación Todo sobre la preveención del COVID-19,» 2020. [En línea]. Available: https://climss.imss.gob.mx. [Último acceso: 16 Junio 2020].

[5] El financiero, «Declaran emergencia sanitaria por COVID-19,» Redacción, 30 03 2020. [En línea]. Available: https://www.elfinanciero.com.mx/nacional/mexico-declara-emergencia-sanitaria-por-covid-19.

[6] A. Ortiz, «El Universal,» 14 Marzo 2020. [En línea]. Available: https://www.eluniversal.com.mx/nacion/coronavirus-sep-suspende-clases-partir-del-20-de-marzo-adelanta-vacaciones.

[7] N. N. M. K. F. Khalid, «Choosing the Right Learning Management System (LMS) for the Higher Education Institution Context: A Systematic Review,» *International Journal of Emerging Technologies in Learning,* vol. 11, nº 6, 2016.

[8] C. A. Clarenc, Análisis comparativo de LMS, Idus.us.es, 2013.

[9] S. B. Vinet Arzuaga, «LMS y web social : hacia un ecosistema para la educación superior mediada,» Argentina, 2019.

[10] Microsoft , «SQL Server Analysis Services,» 08 07 2020. [En línea]. Available: https://docs.microsoft.com/es-es/analysis-services/analysis-services-overview.

[11] R. H. Sampieri, Metodología de la investigación, México: McGraw Hill., 2010.

[12] Eleazar, «Sistema de Integración Escolar,» Instituto tecnológico de Villahermosa, 2020. [En línea]. Available: http://esie.mx.

[13] Visual Foxpro en español, «Visual Foxpro en español,» 13 03 2020. [En línea]. Available: https://visualfoxpro.webcindario.com/.

[14] Microsoft, «SQL Server Integration Services,» 07 06 2018. [En línea]. Available: https://docs.microsoft.com/en-us/sql/integration-services.

[15] J. J. Domínguez, Interviewee, *Jefe del departamento de servicios escolares Instituto Tecnológico Superior de Pánuco.* [Entrevista]. 30 Marzo 2020.

[16] E. P. Rivera, Interviewee, *Director académico del Intituto tTecnológico Superior de Pánuco.* [Entrevista]. 30 Marzo 2020.

[17] INEGI, 2015. [En línea]. Available: http://cuentame.inegi.org.mx/monografias/informacion/ver/default.aspx?tema=me&e=30.

[18] TELCEL, «Mapa cobertura,» Junio 2020. [En línea]. Available: https://www.telcel.com/mundo_telcel/quienes-somos/corporativo/mapas-cobertura.

[19] Centro para el control y la prevención de enfermedades, «Síntomas de la enfermedad del coronavirus,» ODC, 13 Mayo 2020. [En línea]. Available: https://espanol.cdc.gov/coronavirus/2019-ncov/symptoms-testing/symptoms.html.

[20] T. Kulshrestha, «Benefits of Learning Management System (LMS) in Indian Education,» *International Journal of Computer Science & Engineering Technology (IJCSET),* vol. 4, nº 8, Agosto 2013.

Las TIC, apoyo para la lectoescritura en educación básica primaria en Colombia

F. E. Naranjo López[1], J. A. Castillo Hernández[2]
[1]Institución Educativa José Horacio Betancur, Municipio de Medellín Antioquia, Colombia.
Correo frenaranjo69@yahoo.es
[2 Independiente] Doctor en Sistemas y Ambientes Educativos, correo electrónico:
dr_andres_castillo@outlook.com
F. E. Naranjo López[1], J. A. Castillo Hernández[2]

***Área de participación**: Investigación Educativa*

Resumen

El aprendizaje de la lectoescritura constituye el eje principal para la aprehensión del conocimiento de las demás áreas del saber en la educación formal, convirtiéndose en uno de los elementos clave para la adquisición y el desarrollo de las habilidades comunicativas. En este artículo se muestra de qué manera la implementación de estrategias pedagógicas con apoyo de las Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC) facilita una mejor adquisición y fortalecimiento de la lectura y la escritura en un grupo de estudiantes al cursar el ciclo 1 de la educación básica primaria, el cual comprende desde el grado primero hasta el grado tercero. Para la investigación se adoptó un enfoque cualitativo desde la acción participativa con el cual se procuró describir las etapas de aprendizaje, determinar los recursos digitales, evaluar la eficacia de los métodos implementados y comparar los avances obtenidos.

***Palabras clave**: Lectura, Escritura, TIC, Estrategias Pedagógicas.*

Abstract

The learning of literacy constitutes the main axis for the apprehension of the knowledge of the other areas of knowledge in formal education, becoming one of the key elements for the acquisition and development of communication skills. This article shows how the implementation of pedagogical strategies with the support of Information and Communication Technologies (ICT) facilitates a better acquisition and strengthening of reading and writing in a group of students when studying cycle 1 of the primary basic education, which ranges from grade 1st to grade 3rd. For the research, a qualitative approach was adopted from participatory action with which it was attempted to describe the learning stages, determine the digital resources, evaluate the effectiveness of the implemented methods and compare the progress obtained.

***Key words**: Reading, Writing, ITC, Pedagogical Strategies*

Introducción

El área de Lengua Castellana se constituye como fundamental para la aprehensión del conocimiento que ofrecen las diferentes áreas del currículo y para una mejor comprensión de lo que se encuentra en el entorno, por lo que la lectura y la escritura se convierten en elementos claves para la comunicación y la interpretación del saber, con el fin de darle sentido a las diferentes situaciones a las que se enfrenta el individuo en su vida cotidiana. Así, se puede decir que el éxito en las diferentes esferas del ser humano gira en torno a la adquisición de competencias lingüísticas y comunicativas, puesto que son habilidades que intervienen a lo largo de la formación personal y académica y cuya utilidad se extiende a un sinnúmero de situaciones comunicativas.

De acuerdo con Castañeda [1] el lenguaje es la capacidad que tienen los seres humanos para comunicarse y para interpretar la realidad del entorno en el que se desenvuelven, en tanto el individuo tiene la posibilidad de conceptualizar todo lo que hay a su alrededor y de expresarse desde la oralidad, la escritura y los gestos. A partir de las competencias lingüísticas es posible para el ser humano interactuar de forma permanente con otros sujetos. Estas interacciones, mediadas por los signos, permiten construir relaciones con el entorno en las que

median las competencias gestadas desde temprana edad, facilitando el aprendizaje de todo aquello que el mundo ofrece.

Para Dioses, Evangelista, Basurto, Morales, y Alcántara [2] la lectura posibilita la comprensión de materiales escritos y su utilización de acuerdo con las necesidades que tienen los lectores. Sin embargo, este proceso se ha caracterizado por ser una decodificación de símbolos o grafías en palabras y frases, reconociendo las letras y los sonidos por separado o en palabras simples que carecen de sentido para el sujeto que aprende, algo sin duda problemático desde los primeros aprendizajes en la educación primaria. Como consecuencia, se deja de lado la comprensión y el significado contextualizado que tienen las palabras, frases y textos en torno a las experiencias y saberes previos del estudiantado.
Esta aproximación a la enseñanza de la lengua ha llevado a que la adquisición de la lectura y la escritura sea un proceso memorístico y mecánico, donde se repiten letras, sonidos, sílabas que generan poco interés al momento de emplearlas como método para enseñar a leer y a escribir; sumado a esto, las condiciones socioculturales y económicas del territorio donde se desarrolló la investigación, afectan notoriamente este proceso al ser una población de escasos recursos económicos y cuyos padres poseen un bajo nivel de escolaridad.

Con la investigación, se buscó adecuar las estrategias para la enseñanza y el aprendizaje de la lectura y la escritura a través del uso de las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) como herramienta de apoyo para trabajar estos dos procesos. La propuesta parte del reconocimiento de la continua inmersión y el rol importante que adquiere la tecnología digital en la que Duke, Harper, Johnston y Goldie [3] han llamado la era digital. En esta era las escuelas no pueden permanecer ajenas al desarrollo tecnológico, menos aun cuando se ha evidenciado que el uso de las TIC en las aulas posibilita una mayor motivación de los estudiantes hacia el aprendizaje, según lo han expresado Cataldi, Donnamaría, Lage y Ospina [4]

Se trata pues, de aprovechar los recursos tecnológicos como enganche y potenciador del aprendizaje en el ámbito de la lectura y la escritura, haciendo de este un proceso atractivo y lúdico. Asimismo, se buscó la integración de diferentes metodologías de enseñanza con el fin de alcanzar un *aprendizaje significativo,* el cual es planteado por Ausubel [5] y que buscó orientarse a una meta específica: que al finalizar el primer ciclo de la básica primaria el grupo de estudiantes participantes de la propuesta alcancen un nivel de lectura y escritura acorde con los estándares básicos de competencias del Lenguaje.

Metodología

La investigación desarrollada es de tipo cualitativo, y el enfoque empleado fue la Investigación Acción-Participativa, como una metodología que desde Balcazar [6] interviene y transforma una situación específica a través de soluciones concretas y efectivas a problemas sociales. Tal aproximación implica un trabajo mancomunado con la población elegida, buscando su participación en todo el proceso investigativo; por lo tanto, resultó indispensable una sensibilización con los padres de familia, con el fin de encontrar la forma más acertada de intervención, partiendo de las necesidades encontradas en la población objeto de estudio y de este modo, permitieran la participación de sus hijos en la investigación. Se propuso con ello, una transformación de la realidad donde se está trabajando y un cambio en la manera de hacer un adecuado apoyo en las familias.

La población con la cual se desarrolló la investigación fue con un grupo de estudiantes de la Institución Educativa José Horacio Betancur que inició el grado primero de la básica primaria en el año 2016 y finalizó el grado tercero en el año 2018. Durante los tres años, 23 estudiantes permanecieron en todo el proceso, dado que, de un grado a otro, se matricularon y se retiraron estudiantes por diversos factores como cambio de domicilio, reprobación de grado, deserción escolar, entre otros; sin embargo, se procuró vincular a todos en el proceso investigativo con el consentimiento de sus padres.

Instrumentos

Prueba EGRA (Early Grade Reading Assessment)

Esta prueba de lectura para grados tempranos, establece como principales componentes y habilidades que se deben incluir en la instrucción de la lectura: *conciencia fonológica; conocimiento alfabético y aprendizaje de las correspondencias grafema – fonema; fluidez; vocabulario y comprensión.* Con la aplicación de la prueba EGRA se buscó valorar el conocimiento que los estudiantes del grado primero tenían acerca del nombre de las letras, los sonidos de las letras y la decodificación de palabras sin sentido (pseudopalabras); midiendo con ello algunas

de las habilidades fundamentales básicas para la adquisición de la alfabetización en los primeros grados de escolaridad.

Prueba Aprendamos

Con la aplicación de este instrumento se logró medir de manera cuantitativa y cualitativa los logros obtenidos por los estudiantes en el grado segundo, en cada uno de los aprendizajes referidos en la prueba; los resultados se dieron de manera individual por estudiante, con el fin de identificar las dificultades encontradas y se pudieran determinar estrategias de mejoramiento, utilizando las TIC como apoyo en este proceso.

Caracterización de fluidez y comprensión lectora

Se aplicó este instrumento con el objetivo identificar el nivel de lectura de los estudiantes en el grado tercero de la básica primaria, que venían siendo partícipes de la investigación desde el grado primero, para adecuar las estrategias que facilitaran un mejor aprendizaje del proceso de la lectura y la escritura.

Resultados y discusión

En relación a las estrategias implementadas se logró conseguir que los estudiantes tuviesen en el mejor de los casos, un nivel de adquisición de competencias en lecto-escritura convencional. En la figura 1 se muestran los resultados de los desempeños de los estudiantes de grado primero en el área de Lengua Castellana, durante los cuatro períodos académicos del año lectivo, junto con el desempeño definitivo que es el que determina la promoción de los estudiantes al siguiente grado.

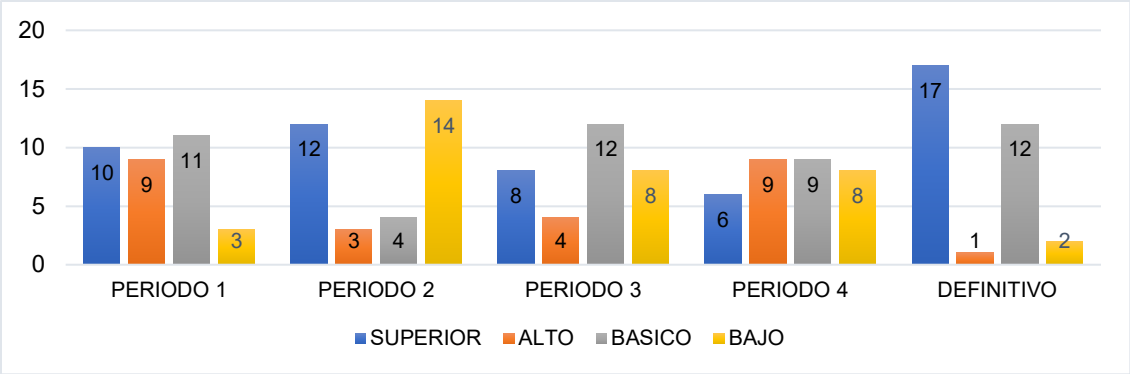


Figura 1. Desempeño de los estudiantes del grado primero en el área de Lengua Castellana por períodos académicos, año 2016

La implementación de las TIC dio lugar a unas estrategias de enseñanza que tuvieron en cuenta el contexto y las necesidades de aprendizaje de los estudiantes, con lo cual se logró en cierta medida, que los procesos de aprendizaje de cada estudiante tuvieran sus propios ritmos, estilos y etapas.

En torno al objetivo referido a la determinación de los diferentes recursos digitales que se pueden utilizar para el aprendizaje y el fortalecimiento de la lectura y la escritura, uno de los más relevantes fue el Blog; su importancia radica en la accesibilidad que dio a los padres de familia sobre los contenidos y el proceso de enseñanza en el que se encontraban los estudiantes; además, brindó una mayor participación y sincronización de la familia con los procesos de aprendizaje de sus hijos. Aparte, otro aspecto destacado de la implementación de las TIC en relación con el contexto de cada estudiante fue la motivación. Se halló que los estudiantes mostraron más interés en el desarrollo de las actividades de aprendizaje con TIC dentro del aula. Entre los recursos físicos y digitales más populares para los estudiantes son aquellos relacionados con las sílabas, a pesar de haberse visto que en algunos casos se les dificulta su comprensión. Por último, parte del éxito que tuvo la implementación de las TIC estuvo relacionada con la convergencia entre las actividades digitales y las fichas de trabajo, con lo cual se empezaron a romper los esquemas tradicionales de la enseñanza y el aprendizaje de la lectura y la escritura.

 ISSN 2007-8102

En cuanto a la eficacia del método o métodos seleccionados para el aprendizaje y el fortalecimiento de las habilidades de lectura y escritura, el impacto conseguido varió de un grado a otro. Entre los hallazgos destacables se encuentra la poca mejoría encontrada en los estudiantes al cursar el grado segundo, lo cual tuvo que ver con la utilización de textos extensos y poco contextualizados en el instrumento aplicado. Aquellos estudiantes cuyas competencias se habían trabajado con la lectura, la escritura y la comprensión de textos cortos también presentaron dificultades, obteniendo resultados negativos. A pesar de estos hallazgos, hizo falta un procesamiento sistematizado de los datos recolectados con el fin de complementar el análisis cualitativo con indicadores cuantitativos que dieran luz complementaria sobre la eficacia de las estrategias e impacto de las TIC. En esta falta radica justamente la dificultad para lograr una comparación minuciosa y completa de los avances en cada grado. En la figura 2 se aprecia el resultado del desempeño de los estudiantes del grado segundo en el área de Lengua Castellana, el cual se ubicó en su mayoría en desempeño básico durante los cuatro períodos académicos; sin embargo, se logró una mejoría al finalizar el año escolar.

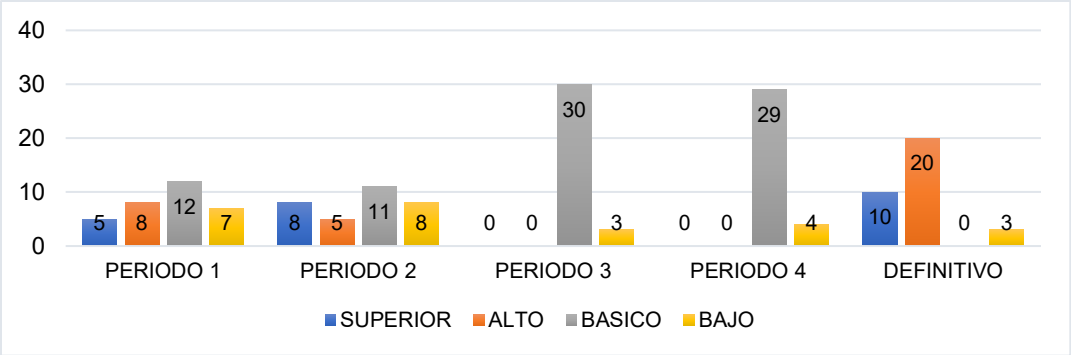


Figura 2. Desempeño de los estudiantes del grado segundo en el área de Lengua Castellana por períodos académicos, año 2017

En lo que se refiere a los avances obtenidos por los estudiantes que participaron durante el tiempo de ejecución de la propuesta de investigación, se reconoce que aunque se buscó la implementación de diferentes estrategias para trabajar la lectura y la escritura, faltó una profundización en los textos de diferentes temáticas, dado que los estudiantes mostraron gran interés en la literatura infantil, por lo que al momento de encontrarse con un texto cuya temática era desconocida para ellos, mostraron cierta aversión para su lectura, y más si se trataba del instrumento para la recolección de datos, lo que es muy probable que haya influido en los resultados obtenidos. Sin embargo, en la figura 3 se evidencian los resultados de los estudiantes de grado tercero en el área de Lengua Castellana, en la cual se aprecia un alcance de las competencias comunicativas previstas para el ciclo.

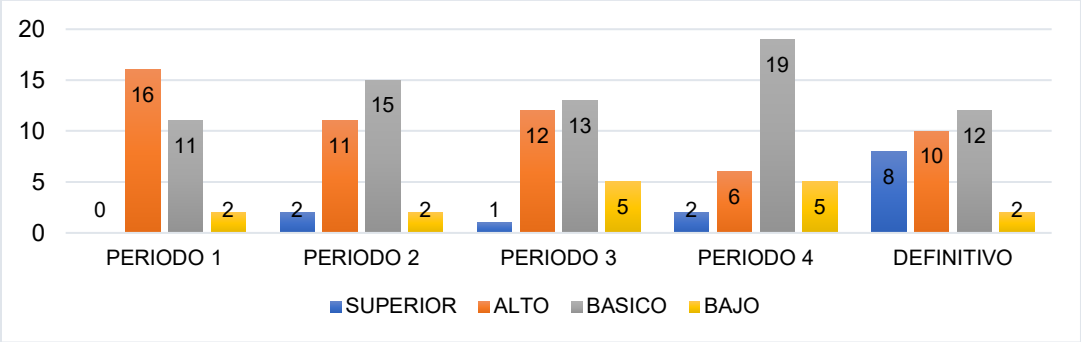


Figura 3. Desempeño de los estudiantes del grado segundo en el área de Lengua Castellana por períodos académicos, año 2018

Limitaciones de la investigación

Basado en el enfoque de investigación adoptado desde el principio, se encontró una limitación hermenéutica en la interpretación del fenómeno estudiado: la necesidad de adoptar un enfoque mixto para explicar de manera más completa el impacto y efectividad de la adopción de las TIC para el fortalecimiento de las competencias de lectura y escritura en estudiantes de educación básica primaria. Esta limitación es necesaria solventarla en investigaciones futuras, puesto que las mismas pruebas adoptadas para la evaluación de las competencias en los estudiantes permiten elaborar aproximaciones cuantitativas que complementen o fundamenten los análisis cualitativos en torno al aprendizaje de la lectura y la escritura mediada por las TIC.

Aparte de esta limitación, también se destaca la inadecuada dotación tecnológica institucional y el poco acceso a las TIC para una alfabetización digital en cuanto al aprendizaje, la búsqueda y el tratamiento de la información. La primera limitación estuvo relacionada con los equipos de cómputo de la institución educativa, los cuales poseen algunas dificultades técnicas en términos de velocidad y algunos otros, poseen variados condicionamientos que impiden el aprovechamiento completo de la unidad, lo que influyó de manera negativa en la velocidad de acceso, la visualización o interacción con sitios Web enfocados en el aprendizaje de la lectura y la escritura. Esta limitación influye ampliamente en el uso y facilidad de los estudiantes para aprovechar las TIC, y también limita la ejecución en las pruebas virtuales aplicadas.

En segundo lugar, el acceso a las TIC tiene que ver con una limitación de carácter social estructural de acceso a la información y, consecuentemente, con la posibilidad que tiene un estudiante para alfabetizarse en el uso de las TIC por exposición y curiosidad. En este sentido, esta limitante produce que los estudiantes accedan a las TIC casi exclusivamente en las aulas de clase. Aquellos estudiantes que por una u otra razón tienen la posibilidad de acceder a recursos tecnológicos, consiguen aprovechar, alfabetizar y mejorar incluso las habilidades para su uso. Así que se puede aventurar razonablemente que la falta de acceso a las TIC influye de forma importante en las capacidades de uso, la motivación y mejoramiento de las habilidades de lectura y escritura. Ligado a esto, la alfabetización digital es crucial para el acceso a las TIC.

Trabajo a futuro

A partir de los hallazgos de esta investigación, se recomienda emprender acciones desde la institución en las que se establezcan alianzas con entidad públicas o privadas para la dotación tecnológica adecuada, con el fin de que los estudiantes puedan acceder a este valioso recurso, el cual ha demostrado influir de manera positiva en la motivación y el aprendizaje de los escolares. Asimismo, generar espacios de alfabetización digital en recursos, búsqueda y tratamiento de la información con los docentes, para ser utilizados como estrategias de enseñanza y aprendizaje, y orientar los procesos académicos hacia el desarrollo de las competencias de las diferentes áreas. También, resultaría interesante generar este tipo de espacios con los padres de familia y vincularlos de manera más asertiva en el acompañamiento a los estudiantes a través de la utilización de las TIC, fomentando de esta manera el desarrollo de habilidades y competencias digitales en la comunidad educativa.

Conclusiones

El proceso realizado durante el desarrollo de la propuesta demuestra que combinando los métodos de lectura que se conocen y enfatizando en el uso de situaciones comunicativas mediadas por las TIC, posibilita la adquisición de los procesos de lectura y escritura como un factor que genera motivación en los estudiantes, en tanto se rompe con los paradigmas de la enseñanza tradicional de repetición de grafemas, fonemas y sílabas de manera mecánica y memorística al utilizar diferentes actividades que se encuentran en la Web y que fueron posibles adaptarlas a las necesidades encontradas en el grupo participante de la investigación y a las condiciones de dotación tecnológica.

El desempeño obtenido por los estudiantes en el área de Lengua Castellana evidencia que las estrategias de apoyo mediadas por las TIC favorecieron el aprendizaje de las competencias necesarias para ser promovidos de un grado a otro y aunque hubo poco acceso a la sala de sistemas, esto no fue impedimento para desarrollar las

actividades interactivas propuestas, dado que el aula de clase se convirtió en el espacio propicio para la participación de todos los estudiantes en la resolución de las actividades relacionadas con la lectura, la escritura y la comprensión de algunos portadores de textos, influyendo de manera positiva en el proceso de los estudiantes que culminaron el ciclo 1 de la básica primaria, quienes presentaron pocas falencias al finalizar esta etapa escolar.

Las TIC son un apoyo en el proceso de enseñanza – aprendizaje, en tanto posibilita la incorporación de nuevas metodologías para trabajar las diferentes áreas del saber; hay que determinar las estrategias que faciliten la identificación del nivel de desarrollo de las habilidades comunicativas, las cuales inician en la interacción con la familia y el entorno y su afianzamiento, se va dando en la escuela, lugar donde se comparten diferentes saberes y donde se demuestra lo aprendido en un período de tiempo, distribuido en ciclos escolares. Asimismo, se destaca que el docente es quien desarrolla las estrategias de aprendizaje con recursos digitales de acuerdo con el diagnóstico que tiene del grupo a fin de posibilitar el avance paulatino hacia la formación que vincule todas las esferas del conocimiento.

Esta propuesta se ejecutó en condiciones poco favorables en lo que se refiere a dotación tecnológica y al acceso de los estudiantes a recursos digitales por cuenta propia, por lo que sería interesante promover una propuesta similar en instituciones que tengan una adecuada dotación de equipos de cómputo y una navegación estable, donde los docentes tengan dominio de los recursos digitales y los procesos se orienten hacia el desarrollo de las habilidades del siglo XXI, entre las cuales están contempladas la comunicación, el uso de las Tecnologías de la Información y la Comunicación y la alfabetización de la información.

Referencias

[1] Castañeda, P. F. (1999). *El Lenjuage Verbal Del Niño : ¿ Cómo Estimular , Corregir Y Ayudar Para Que Aprenda a Hablar Bien ? Bibliotteca Digital Andina* (primera ed, Vol. III). México: Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Retrieved from http://www.comunidadandina.org/bda/docs/PE-EDU-0003.pdf

[2] Dioses, A., Evangelista, C., Basurto, A., Morale, M., & Alcántara, M. (2010). Procesos cognitivos implicados en la lectura y escritura de niños y niñas del tercer grado de educación primaria residentes en Lima y Piura. *Revista de Investigación En Psicología*, *13*(1), 13. https://doi.org/10.15381/rinvp.v13i1.3734

[3] Duke, B., Harper, G., & Johnston, M. (2013). Connectivism as a Digital Age Learning Theory. *Business Horizons*, *35*(3), 82–84. https://doi.org/10.1016/0007-6813(92)90075-K

[4] Cataldi, Z., Chiarenza, D., Dominighini, C., Donnamaría, C., & Lage, F. J. (2010). TICs en la enseñanza de la química. Propuesta para selección del Laboratorio Virtual de Química (LVQ). *XII Workshop de Investigadores En Ciencias de La Computación*, 720–724.

[5] Ausubel, D., Novak, J., & Hanesian, H. (1978). *Educational psychology: A cognitive view* (Segunda Ed). New York: Holt, Rinehart and Winston.

[6] Balcázar, F. (2003). Investigación acción participativa (IAP): aspectos conceptuales y dificultades de implementación. *Fundamentos En Humanidades*, (7), 59–77.

Card Sorting en el diseño de software: caso de estudio implementado en un sitio web

C. Nava Arteaga[1], P. Quitl González[1], M. Herrera Hernández [2], E. Rosario Ruiz[2], S. San Juan Escalona[3].*
[1]Depto. de Sistemas y Computación, Tecnológico Nacional de México/I.T .Orizaba, Av. Ote. 9 Núm. 852, Col. Emiliano Zapata, C.P. 94320, Orizaba, Veracruz, México.
[2]Depto. de Ciencias Básicas, Tecnológico Nacional de México/I.T .Orizaba, Av. Ote. 9 Núm. 852, Col. Emiliano Zapata, C.P. 94320, Orizaba, Veracruz, México.
[3]Depto. de Sistemas y Computación, Estudiante de Ing. En sistemas computacionales del Tecnológico Nacional de México/I.T. Orizaba, Av. Ote. 9 Núm. 852, Col. Emiliano Zapata, C.P. 94320, Orizaba, Veracruz, México.
**cnavaa@orizaba.tecnm.mx*
***Área de participación**: Investigación Educativa*

Resumen

En este trabajo se presenta una propuesta metodológica implementando la herramienta de Card Sorting en la asignatura de Ingeniera de Software que se imparte en la carrera de Ingeniería en Sistemas Computacionales en el TECNM campus Orizaba y los resultados obtenidos.

Se describe la aplicación Web que se diseñó y el análisis de resultados de la prueba de Card Sorting cerrado utilizando el software Optimal Sort, pensando en un diseño de software centrado en el usuario, logrando el contenido de la definición de la arquitectura de información de la aplicación Web para el Spa Vita In Rosa. Demostrando con ello la importancia de aplicar la herramienta de Card Sorting en la asignatura.

***Palabras clave**: Card Sorting, DCU, Tarjetas, Categorías.*

Abstract

In this work a methodological proposal is presented implementing the Card Sorting tool in the Software Engineering course taught in the Computer Systems Engineering career at the TECNM Orizaba campus and the results obtained.

It describes the Web application that was designed and the analysis of the closed Card Sorting test results using the Optimal Sort software, thinking of a user-centered software design, achieving the content of the definition of the information architecture of the Web application for the Vita In Rosa Spa.

Demonstrating the importance of applying the Card Sorting tool in the subject.

***Key words**: Card Sorting, DCU, Cards, Categories.*

Introducción

La experiencia a lo largo de varios semestres atrás en la impartición de la asignatura de Ingeniería de Software impartida en el 6 semestre para la carrera de Ingeniera de Sistemas Computacionales en el Tecnológico Nacional de México (TECNM) campus Orizaba, nos lleva a ofrecer y proponer el siguiente trabajo realizado en el diseño una aplicación Web.
Solo desde la reflexión colectiva y analizada, desde la construcción del conocimiento se puede ir dando respuesta a demandas educativas.
La competencia número 2 de la asignatura antes mencionada se denomina: Diseño y contiene los siguientes temas y subtemas, 2.1 Diseño de procesos propuestos, 2.2 Diseño arquitectónico, 2.3 Diseño de datos, 2.4 Diseño de interfaz de usuario; siendo la competencia especifica de la unidad: Aplicar modelos, técnicas y herramientas para la etapa de diseño del software.

Antes bien como se puede observar no específica de manera explícita aplicar el Card Sorting como herramienta para encontrar y diseñar patrones en la forma en que los usuarios esperan visualizar el contenido o funciones

dentro de una aplicación Web. Sin embargo aun cuando no es parte manifiesta de la competencia en el semestre enero-junio 2020 se aplicó la técnica del Card Sorting en el subtema 2.4 Diseño de interfaz de usuario obteniendo resultados favorable. En este artículo se desarrolla una propuesta metodológica para implementar el Card Sorting en la asignatura de Ingeniera de Software y los resultados obtenidos.

Al momento de clasificar y organizar contenidos o funcionalidades en un producto de software surgen dudas como por ejemplo que la arquitectura de información se adapte al modelo mental de los usuarios, y por tanto les permita una intuitiva y eficiente recuperación de información y navegación, todo esto no es una tarea fácil, especialmente cuando el producto da acceso a un gran volumen de contenidos; una técnica que facilita esta tarea organizativa es la conocida como Card Sorting o agrupación de tarjetas.

El Card Sorting es un método fiable, para encontrar patrones en la forma en que los usuarios esperan encontrar el contenido o funcionalidad [1]. Es una técnica de organización de contenidos centrada en el usuario que persigue incrementar la usabilidad de un software, obteniendo los patrones o modelos mentales de los usuarios que participan en el test [2].

Además es de gran utilidad para el diseño y construcción de sitios web dado que permite descubrir la organización de la información más adecuada, tanto para estructurar un menú de navegación como para entender dónde los usuarios irían a buscar la información en un catálogo de productos. También permite validar la terminología usada en las opciones de menú y agrupaciones o definirla desde cero. [2].

La usabilidad, o calidad de uso significa facilidad de uso. El objetivo principal del diseño centrado en el usuario (DCU) es obtener productos más usables. En otras palabras, la usabilidad representa el qué, mientras que el DCU representa el cómo [3].

El DCU involucra al usuario en todas las fases a lo largo en que se desarrolla un producto de software, desde su conceptualización hasta su evaluación, incluyendo, en muchos casos, su desarrollo. El objetivo del diseño centrado en el usuario es la creación de productos que los usuarios encuentren útiles y usables; es decir, que satisfagan sus necesidades teniendo en cuenta sus características. [4].

El Card Sorting se puede realizar de forma manual o automática. En el primer caso se cita a los participantes en un espacio adecuado, y se les presenta una serie de tarjetas en papel que deben agrupar en función de la similitud temática de los conceptos representados en cada una.

Para realizar la prueba de forma automática actualmente existen diversas aplicaciones y servicios web especializados como Optimal Sort.

En ambos casos los participantes de la prueba deben ser previamente seleccionados y tener un perfil representativo de los usuarios finales del sitio web. Estos participantes deben organizar y agrupar una serie de tarjetas en grupos previamente determinados y rotulados (Card Sorting cerrado), o libremente, en tantos grupos como cada usuario estime oportuno (Card Sorting abierto) [5].

Metodología

Caso de estudio

Aplicación Web para la optimización de gestión de citas y ventas de productos para el Spa Vita In Rosa ubicado en la ciudad de Córdoba, Veracruz. La aplicación Web está enfocada tanto a los empleados del Spa como a los clientes del mismo, esta será útil para la mejora del servicio a los clientes, la gestión de las citas y ventas de los productos. En la aplicación Web un cliente se podrá registrar e iniciar sesión, podrá encontrar un apartado para las citas (Agendar, modificar y eliminar una cita), un catálogo de productos, un carrito de compras y de parte de la gestión se podrá encontrar una lista de clientes, lista de ventas, y una sección para los productos (eliminar, modificar y eliminar un producto), e imprimir comprobante del pago realizado.

Muestra

En su estudio acerca de cuántos participantes son necesarios para realizar una prueba de Card Sorting Tullis y Wood, concluyen que se obtienen estructuras y agrupaciones razonables si ésta se hace con un grupo de 20 a 30 personas [6].
Por tanto, para la realización de la prueba de Card Sorting realizada para este estudio, se escogieron 20 personas (10 hombres y 10 mujeres) por ser usuarios y diseñadores de aplicaciones web.
Tras el proceso de planificación, se determinó realizar una prueba de Card Sorting cerrado con el fin de validar una propuesta de reorganización de la estructura y rotulación del sitio Web.
Se utilizaron 6 categorías y 21 tarjetas principales en las que se debían agrupar dichas tarjetas.
Quedando como se muestra en la Tabla 1.

Tabla 1. Tarjetas y categorías establecidas para el Spa Vita In Rosa.

Tarjetas		Categorías
Cuidado de cabello	Cerrar Sesión	Catálogo de Productos
Cuidado de piel	Configuración	Vita in Rosa
Productos manos y pies	Lista Clientes	Mis Productos
Carrito	Historial de Ventas	Citas
Mis compras	Citas del día	Cuenta
Lista de deseos	Citas de la semana	Quienes Somos
Mis citas	Agregar Producto	
Agendar Cita	Modificar Producto	
Registrarme	Eliminar Productos	
Iniciar Sesión	Ver catálogo de productos	
	Imprimir Comprobante	

Herramienta de software utilizada para realizar el Card Sorting

Se decidió utilizar OptimalSort para llevar a cabo el Card Sorting ya que esta es una herramienta para realizar pruebas de clasificación de tarjetas en línea y determinar qué categorías deberían aparecer en un menú y qué opciones deben estar disponibles dentro de cada categoría. OptimalSort ayuda a establecer en forma sencilla la recopilación de datos que sirvan de base para un diseño de la estructura organizativa de un sitio Web, además está disponible en planos gratuitos y de pago.

Resultados y discusión

En la Figura 1 se presenta el lanzamiento del Card Sorting a las personas que participaron en la organización de las tarjetas por categorías previamente definidas.
En la columna de la izquierda se observan las tarjetas y al centro se observan las categorías.

 ISSN 2007-8102



Figura 1. Lanzamiento y presentación y del Card Sorting.

Una vez organizadas las tarjetas se obtuvo los resultados de cómo estas fueron agrupadas por los participantes, obteniendo información fidedigna, la manera en que quedó la organización del Card Sorting se visualiza la Figura 2.

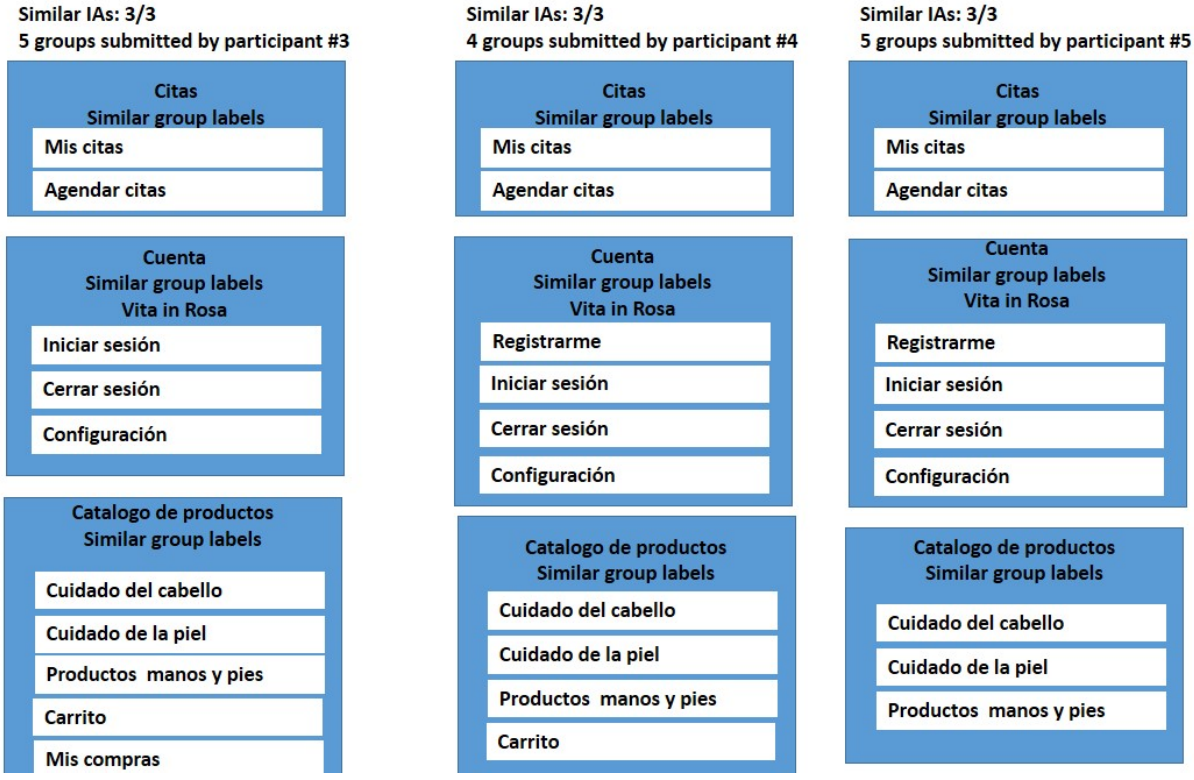


Figura 2. Resultados de la organización del Card Sorting.

En la tabla 2 se muestra un ejemplo de los resultados arrojados por el software OptimalSort con la frecuencia de agrupación, además, se presenta el nombre de la tarjeta, el número de agrupaciones, el porcentaje de agrupación y la valoración de la agrupación.

Tabla 2. Resultados arrojados por el software OptimalSort de las tarjetas y categorías establecidas para el Spa Vita In Rosa.

participant	login entry	card index	card label	category lab	complete	comment	start time	finish time	sorted positior
2		8	Agendar Cit	unsorted	1	de relevancia el card sorting	2020-03-06	2020-03-06	3
2		7	Mis citas	unsorted	1		2020-03-06	2020-03-06	1
2		5	Mis compra	unsorted	1	Muy interesante el card sorting	2020-03-06	2020-03-06	2
2		12	Configuraci	unsorted	1		2020-03-06	2020-03-06	3
2		4	Carrito	unsorted	1		2020-03-06	2020-03-06	4
2		11	Cerrar Sesi	unsorted	1	muy divertido y facil acomodar las tarjetas	2020-03-06	2020-03-06	3
2		1	Cuidado de	unsorted	1		2020-03-06	2020-03-06	2
2		10	Iniciar Sesió	unsorted	1		2020-03-06	2020-03-06	2
2		9	Registarme	unsorted	1		2020-03-06	2020-03-06	2
2		6	Lista de des	unsorted	1		2020-03-06	2020-03-06	2
2		3	Productos n	Catalogo de	1		2020-03-06	2020-03-06	1
2		2	Cuidado de	Vita In Rosa	1		2020-03-06	2020-03-06	1
3		9	Registarme	Cuenta	1	Excelente!!!Profesora Concepción Nava	2020-03-08	2020-03-08	1
3		8	Agendar Cit	Citas	1	Excelente!!!Profesora Concepción Nava	2020-03-08	2020-03-08	1
3		7	Mis citas	Citas	1	Excelente!!!Profesora Concepción Nava	2020-03-08	2020-03-08	2
3		10	Iniciar Sesió	Vita In Rosa	1	Excelente!!!Profesora Concepción Nava	2020-03-08	2020-03-08	1
3		11	Cerrar Sesi	Vita In Rosa	1	Excelente!!!Profesora Concepción Nava	2020-03-08	2020-03-08	2
3		12	Configuraci	Vita In Rosa	1	Excelente!!!Profesora Concepción Nava	2020-03-08	2020-03-08	3
3		6	Lista de des	Mis Produc	1	Excelente!!!Profesora Concepción Nava	2020-03-08	2020-03-08	1
3		3	Productos n	Catalogo de	1	Excelente!!!Profesora Concepción Nava	2020-03-08	2020-03-08	1

Para un mejor entendimiento y comprensión de los resultados se muestra en la Tabla 3 un resumen del total de los datos obtenidos.

Tabla 3 resumen del total de los datos obtenidos.

Categorías	Tarjeta	Frecuencia
Vita in Rosa	Iniciar Sesión	10
	Cerrar Sesión	11
	Configuración	12
	Cuidado de cabello	1
	Cuidado de piel	2
	Productos manos y pies	3
Catálogo de Productos	Agregar Producto	15
	Modificar Producto	17
	Eliminar Productos	20
	Ver catálogo de productos	20
Mis Productos	Carrito	4
	Mis compras	5
	Lista de deseos	6
	Imprimir Comprobante	10
Citas	Agendar Cita	8
	Registrarme	9
	Mis citas	7
	Citas del día	9
	Citas de la semana	8
Cuenta	Lista Clientes	8
	Historial de Ventas	10
Quienes Somos		20

Por último se le presentó al cliente el diseño realizado a partir de los datos obtenidos quedando parte del diseño como se muestra en la Figura 3, logrando con ello la satisfacción del cliente y de los usuarios de la aplicación.

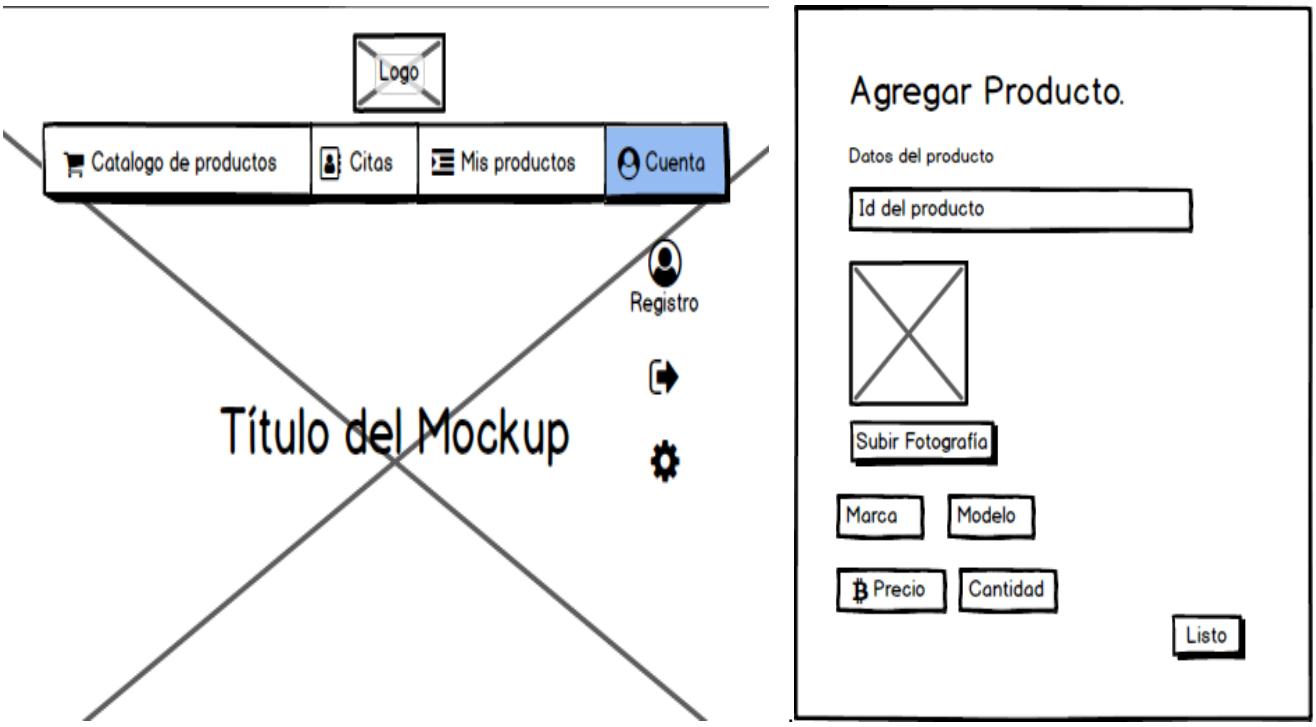


Figura 3. Diseño del software del Spa Vita in Rosa.

Trabajo a futuro

Implementar la técnica del Card sorting en las materias Desarrollo de Software y Metodologías Emergentes para la Web que se imparten en la carrera de Ingeniería en sistemas computacionales del TECNM campus Orizaba y evaluar los resultados didácticos obtenidos en dichas asignaturas.

Conclusiones

Se ha presentado la importancia y una metodología para implementar Card Sorting como herramienta de diseño centrado en el usuario en la asignatura de Ingeniería de software siendo de gran utilidad para que los diseñadores de software tengan un acercamiento a los modelos mentales en la organización de información de los usuarios de un sitio web.

Es necesario destacar el valor de la información cualitativa que se obtiene durante el lanzamiento del Card Sorting para la toma de decisiones en lo que se refiere a la estructura final de la organización de contenidos en una aplicación web, como se ha podido comprobar en el análisis de los datos obtenidos para la aplicación Web para la optimización de gestión de citas y ventas de productos para el Spa Vita In Rosa logrando la satisfacción del alumnado, cliente y usuarios.

Se reconoce la importancia de utilizar software especializado como Optimal Sort para realizar Card Sorting logrando el diseño de las aplicaciones Web, estableciendo en forma sencilla y espontanea la recopilación datos que sirven de base para un diseño de la estructura organizativa de un sitio Web.

Finalmente se presenta una opinión realizada por un equipo de trabajo formado por alumnos de la materia de Ingeniería de Software como resultado del trabajo realizado: “Realizar un Card Sorting es realmente de mucha

ayuda al realizar un proyecto de software Web, porque permite observar la forma en la que se va a estructurar la aplicación desde el punto de vista de los usuarios y con ello hacer una mejor fase de diseño, que este más apegada a los requisitos del usuario’’.

Referencias

[1] D. Spencer and T. Warfel, "Card sorting: a definitive guide," The Internet and Higher Education, vol. 24, pp. 26-34, 2014.

[2] H. Montero, M. Fernández, and M. Rodríguez, " Arquitectura de la Información en los entornos virtuales de aprendizaje. Aplicación de la técnica Card Sorting y análisis cuantitativo de los resultados". El Profesional de la Información , marzo-abril, versión 13, número 2, 2004.

[3] H. Montero, M. Fernández, and F. J. “Card Sorting: Técnica de categorización de contenidos,”. En: No Solo Usabilidad, nº 3, ISSN 1886-8592, 2004.

[4] C. Abras, D. Maloney-Krichmar and J. Preece, “User-centered design”. En: Encyclopedia of human computer interaction. W. Bainbridge (eds.). Thousand Oaks: Sage Publications, 2009

[5] L. Rosenfeld and P. Morville, "Information architecture for the World Wide Web". O'Reilly & Associates. Tercera edición, 2016

[6] T. Tullis and L. Wood, "How Many Users Are Enough for a Card-Sorting Study?" L. Minneapolis , MN , June 7-11, 2014.

El impacto del COVID-19 en la Educación Superior: una mirada reflexiva en el ITCH

E. Oropeza Bruno[1], G. Muñoz Atilano[1] P.A. Leyva Alarcón[2], V. Castro Chino[1], M. L. Martínez Zamudio[3]*

[1] Departamento de Ciencias Básicas, Instituto Tecnológico de Chilpancingo, Av. José Francisco Ruiz Massieu No. 5, Colonia Villa Moderna, 39090, Chilpancingo de los Bravo, Gro., México

[2] Departamento de Ciencias Económico-Administrativa, Instituto Tecnológico de Chilpancingo, Av. José Francisco Ruiz Massieu No. 5, Colonia Villa Moderna, 39090 Chilpancingo de los Bravo, Gro., México

[3] Departamento de Sistemas y Computación, Instituto Tecnológico de Chilpancingo, Av. José Francisco Ruiz Massieu No. 5, Colonia Villa Moderna, 39090 Chilpancingo de los Bravo, Gro., México

**e.oropeza.b@itchilpancingo.edu.mx*

***Área de participación**: Investigación Educativa*

Resumen

La pandemia ocasionada por el COVID-19, el colapso de los sectores económicos a nivel global, se menciona que para el sector educativo fue un desafío movilizar las clases de las aulas para incursionar en las plataformas digitales, por lo que es interesante conocer como asumieron esta innovación los docentes y alumnos, quienes tuvieron que hacer uso de los entornos digitales conocidos y desconocidos para salir adelante con las asignaturas del semestre enero-junio 2020. Para lo anterior, se realizó un investigación en el que se consideró un muestra aleatoria simple a estudiantes de tres programas educativos del Instituto Tecnológico de Chilpancingo (ITCH) dependiente del Tecnológico Nacional de México (TECNM). Entre las herramientas digitales que más utilizaron los docentes para comunicarse con los estudiantes se encuentran las redes sociales como: WhatsApp y Facebook, para el caso de las plataformas educativas, Classroom fue la más solicitada según mencionan los encuestados.

Palabras Clave: *desafíos educativos, COVID-19, tecnologías, plataformas digitales.*

Abstract

The pandemic caused by COVID-19; the economic sectors collapsed globally, it is mentioned that for the education sector it was a challenge to mobilize classes from classrooms into digital platforms, it is interesting to know how teachers and students assumed this innovation, who had to make use of known and unknown digital environments to get ahead with the subjects of the January-June 2020 semester. For this, an investigation was carried out in which a simple random sample was considered to students from three educational programs of the Technological Institute of Chilpancingo (ITCH) dependent on the National Technology of Mexico (TECNM). Among the digital tools that teachers used the most to communicate with students are social networks such as: WhatsApp and Facebook, in the case of educational platforms, Classroom was the most requested.

Palabras Clave: *educational challenges, COVID-19, technologies, digital platforms.*

Introducción

La educación se ha venido transformando día a día, por lo que es necesario que los actores involucrados tengan la disponibilidad y las herramientas para asumir los acontecimientos que se presentan en el proceso de enseñanza-aprendizaje; para ello, es necesario considerar los eventos fuera del alcance pedagógico que impacta el proceso educativo, tales como fenómenos naturales: huracanes y terremotos, estos se han documentado con mayor frecuencia. Mientras que en la cuestión sanitaria, han sido sucesos muy esporádicos, como el caso de la influenza humana (H1N1)

en el 2009 [8]. En la actualidad, el impacto del COVID-19 (coronavirus), tuvo repercusiones en todos los sectores económicos: primarios (la minería, la agricultura y la ganadería), el sector secundario (que se refiere a la manufactura de la materia prima) y el sector terciario (que se encarga de ofrecer servicios) han sido gravemente afectados [11]. De manera particular, el sector educativo en México fue sorprendido al llevar la educación cotidiana de las aulas de manera presencial a la educación en la modalidad virtual [13], lo cual significa una amenaza para el avance educativo, así lo señala el Banco Mundial [1], al cerrar prácticamente todas las escuelas de todos los niveles, lo que podría significar un aumento de la deserción escolar y se incremente la desigualdad para el acceso a la educación [2].

Es importante señalar los antecedentes de la educación en México, donde la inequidad en la distribución de oportunidades educativas [2] [9], se verán más acentuadas en el contexto educativo actual, como lo menciona Izquierdo, en donde se observa un desequilibrio en densidad demográfica de zonas rurales y urbanas [12], la injusta distribución de recursos financieros a las instituciones escolares, así como de la misma rigidez de los planes y programas de estudio, serán un desafío para el trabajo educativo ante contingencia sanitaria desarrollada por el COVID-19 [3].

Las instituciones de educación superior requieren de un análisis profundo de las actividades educativas, los administradores de recursos educativos tienen que propiciar y promover entornos con infraestructura que favorezcan la inclusión de la comunidad de enseñanza-aprendizaje [6]. El día de hoy las telecomunicaciones (tecnologías) [1] [5], juegan un papel crucial en la educación porque se requiere del acceso al internet para que los docentes y estudiantes se pueden comunicar, y puedan jugar el rol de facilitador y crítico de la educación en línea;[1] si bien, el docente tiene que estar en constante capacitación [7], ahora también deben permitir el acceso a su espacio personal y con sus propios recursos para la impartición de clases en línea, ya que así lo marcan los protocolos internacionales de salud [12], debido a que ahora el sector educativo se tiene que quedar en casa para enseñar y recibir clases. Más allá de la forma de educación ya sea presencial o en línea, se tiene que considerar aspectos esenciales como: la planificación de la clase, la exposición de formas de evaluación, proporcionar al estudiante de las referencias bibliográficas, los materiales a utilizar para el curso, y considerar un aspecto esencial: la comunicación entre el docente y el estudiante; esta debe ser clara y eficaz, de lo contrario se puede conducir a la frustración de la comunidad educativa.

Metodología

Área de estudio

Esta investigación se realizó en el Instituto Tecnológico de Chilpancingo (ITCH) dependiente del Tecnológico Nacional de México (TECNM), institución educativa de nivel superior, que se ubica al sureste de México, en el estado de Guerrero. El contexto sociocultural es de nivel medio y medio-bajo [4]. Durante el semestre enero-junio 2020 contó con una población estudiantil de 2059 estudiantes dividido en los siguientes estratos que se observa en la tabla 1.

Tabla 1. Población estudiantil del Instituto Tecnológico de Chilpancingo - TECNM

CARRERA (Estrato)	No. DE ESTUDIANTES	TOTAL
Contador Público	674	2059
Ingeniería en Gestión empresarial	363	
Ingeniería en Sistemas Computacionales	321	
Ingeniería Informática	145	
Ingeniería Civil	556	

 ISSN 2007-8102

Materiales

Se elaboró un cuestionario electrónico de Google con 32 reactivos, de los cuales 26 fueron de opción múltiple y los restantes fueron preguntas abiertas, las precisiones mencionadas fueron con el objetivo de optimizar el tiempo de los jóvenes encuestados. Las respuestas se obtuvieron durante la cuarta semana de mayo del año en curso, los resultados se analizaron en el Excel de la plataforma electrónica.

Instrumentos

En la realización de la metodología se obtuvo de una muestra aleatoria simple de tamaño n= 117, dividida en tres estratos: Ingeniería en Gestión Empresarial, Ingeniería informática e Ingeniería en Sistemas Computacionales, se consideró un espacio muestral de tamaño N=2059 alumnos inscritos en el periodo enero-junio-2020 del TECNM campus Chilpancingo, con un nivel de confianza del 91% y 9% de error de la muestra (e), se aplicó la siguiente formula:

$$n = \frac{N}{1+N(e^2)} = \frac{2059}{1+2059(0.09)^2} = 117$$

Donde:
nc= nivel de confianza (91%)
N=Parámetro de la población (2059)
n=Tamaño de la muestra (117)
e= Error de muestreo (9%)

Como se observa en la tabla 1, el Instituto Tecnológico de Chilpancingo cuenta con seis programas educativos de nivel superior, de las cuales se aplica el muestreo aleatorio simple a los alumnos de las carreras de Ingeniería en Gestión Empresarial, Ingeniería en Informática e Ingeniería en Sistemas Computacionales por conveniencia e interés de los investigadores del presente trabajo, ya que son sus áreas de cercanía con los estudiantes.

Resultados y discusión

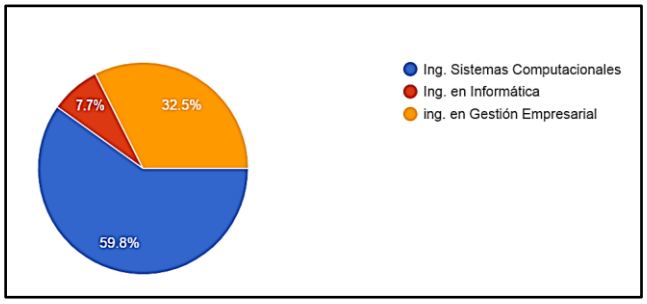


Figura 1. Carreras de estudiantes encuestados del ITCH

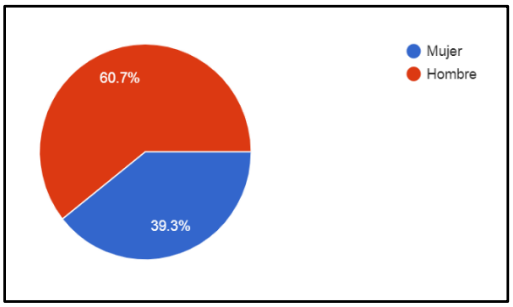


Figura 2. Género de estudiantes del ITCH

Para los resultados, obtenidos en el muestreo aleatorio, se consideraron a los estudiantes que recibieron clases con los docentes de esta investigación, debido a la comunicación constante entre ellos. En la que predominaron estudiantes de la carrera de Ingeniería en Sistemas Computacionales con un 59.8% que corresponde a 70 estudiantes, seguido de Ingeniería en Informática con 38 estudiantes que corresponde al 32.5%, mientras que de Ingeniería en Gestión Empresarial sólo se obtuvo la respuesta de 9 dicentes que corresponde a 7.7% (como se puede observar en la Figura 1). En la figura 2, se observa que predomina el género masculino con 60.7% que corresponde a 71 varones, en tanto al género femenino se ve representado con 46 personas, que corresponde al 60.7%, todavía se observa la brecha en la educación superior en donde predominan los hombres, por lo que es necesario que se incentive a las mujeres para que ingresen a una carrera universitaria.

 ISSN 2007-8102

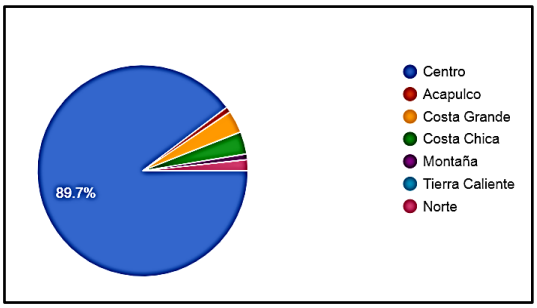


Figura 3. Regiones del estado de Guerrero en donde residen los estudiantes durante la pandemia del COVID-19

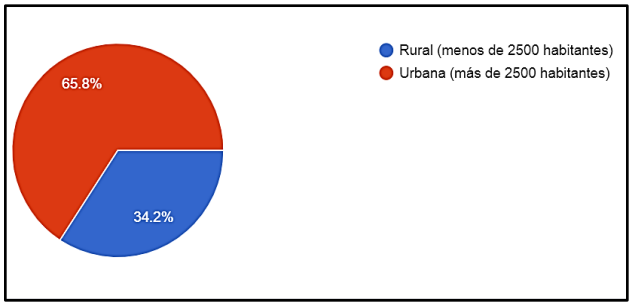


Figura 4. ¿Área en donde se ubica la vivienda del estudiante?

Como se observa en la figura 3: 105 personas de la población estudiada (89.7%), señalan que durante la pandemia del COVID-19 estuvieron recibiendo las clases virtuales desde la región centro, mientras que el 10.3% mencionó que se trasladaron a otras regiones del estado para culminar el semestre en su hogar.

En la Figura 4 se muestran los datos sobre la ubicación de la vivienda de los estudiantes, ya sea urbana o rural, de acuerdo a la definición que proporciona el INEGI [10] para ambos rubros, en donde señala como área rural aquella que tiene menos de 2500 habitantes, y zona urbana a aquellas que tienen a más de 2500 habitantes, pese que en la Figura 3 mencionaron que residían en la Región Centro del estado de Guerrero, se puede observar en la Figura 4 que 77 individuos (65.8%) menciona que reside en área urbana, mientras que el 32.2% señaló que habita en zona rural, por lo que estos datos sugieren que los estudiantes no cuentan con los servicios que les facilite tener cobertura de internet para tomar sus clases en la modalidad en línea o virtual.

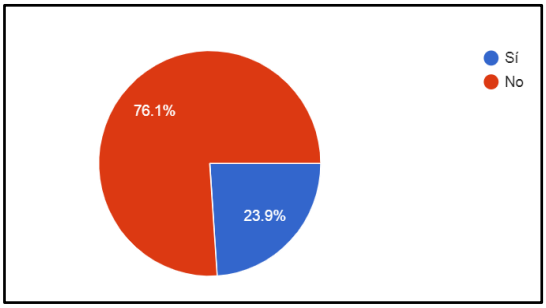


Figura 5. ¿Estaban preparados los estudiantes para el uso de las plataformas digitales (tecnologías) en las clases en línea?

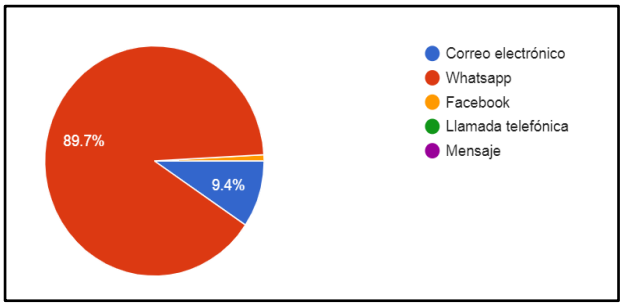


Figura 6. La primera plataforma digital en la que los docentes se contactaron con los estudiantes en la pandemia del COVID-19

En la figura 5, se presentan los resultados de la pregunta: “¿Estaban preparados para llevar las asignaturas de las carreras en plataformas digitales?”, en donde se observa que a pesar de que muchos estudiantes universitarios poseen un aparato electrónico, el 76.1%, que corresponde a 89 alumnos, y sólo el 23.9% de los encuestados mencionó que no estaba preparado para llevar sus cursos de manera virtual; es importante resaltar que el ITCH es una escuela de educación superior que oferta sus programas educativos de manera presencial, es necesario que se brinde a los estudiantes y profesores capacitación en herramientas tecnológicas o plataformas educativas que apoyen el proceso de enseñanza-aprendizaje.

 ISSN 2007-8102

En el caso de las herramientas que utilizaron los docentes para entablar la comunicación con los estudiantes de manera inmediata con la finalidad de continuar con los temas de las asignaturas correspondientes, entre las opciones que se brindaron y que estuvieron al alcance de ambos, fue, mediante WhatsApp con el 89.7%, seguida de la utilización del correo electrónico con el 9.4%, y Facebook con el 0.9%, por lo que se puede mencionar que fue efectiva la comunicación mediante la utilización de estos redes sociales para fines educativos, en donde el docente puede mencionar reglas para que funcione de manera eficiente, ver figura 6.

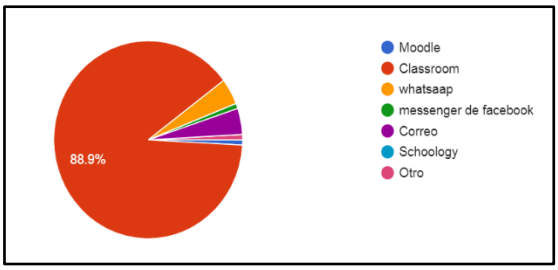


Figura 7. Plataforma más usada por los docentes para asignar actividades a los estudiantes durante la pandemia COVID-19.

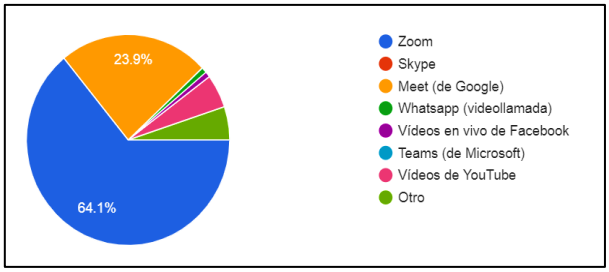


Figura 8. Herramienta de videollamada utilizada por los docentes para asignar actividades a los estudiantes durante la pandemia COVID-19.

Dado que la pandemia del COVID-19 tomó de sorpresa a todos, la labor que realizaron los docentes que se capacitan de manera constante ya sea de manera personal o institucional fue el recurso que utilizaron para salir adelante y culminar el semestre enero-junio 2020, Como se puede observar en la Figura 7, la plataforma educativa más utilizada por los docentes fue Classroom con el 88.9%, seguida de la red social WhatsApp con el 4.3% y con el mismo porcentaje el uso de los correos electrónicos, por lo que es necesario que la institución educativa capacite y promueva el uso de plataformas digitales en donde se garantice la oficialidad de los recursos utilizados y que ello, propicie un aprendizaje significativo en el estudiante, y no genere confusión o distracción con la gama de plataformas que existen en la actualidad.

En la figura 8, se muestran los resultados de las herramientas para video llamadas más utilizadas por los docentes para la impartición de clases a distancia; al tener la dificultad para que los estudiantes tuvieran la explicación de los temas de las asignaturas, los profesores se vieron en la necesidad de hacer uso de las video llamadas, entre las herramientas que utilizaron con mayor frecuencia fue: Zoom con el 64.1%, seguida de Meet de Google con el 23.9%, en tanto, los videos de YouTube con el 5.1% al igual otros recursos. Tanto los docentes como los estudiantes se vieron en la necesidad de adquirir la posibilidad de aprender de los temas de manera diferente, lo cual se agradece la disponibilidad de los actores del proceso educativo.

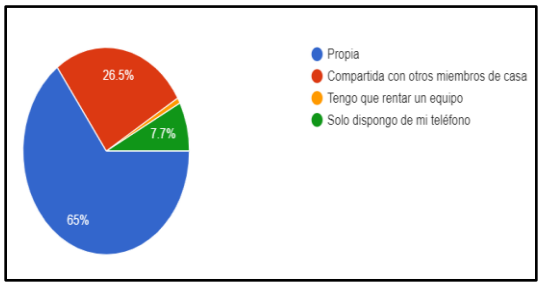


Figura 9. El equipo de cómputo que utilizaron los estudiantes en la pandemia del COVID-19

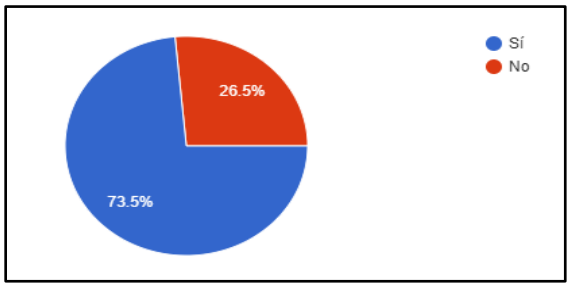


Figura 10. En tu casa, ¿Cuentas con servicio de internet para realizar tus actividades académicas?

 ISSN 2007-8102

En la figura 9 se aborda el seguimiento de las asignaturas en línea, se les preguntó a los estudiantes sobre el tipo de disponibilidad del equipo de cómputo con el que apoyaron durante la pandemia, de los cuales es el 65% mencionó que es propia, mientras que el 26.5% indicó que comparte el medio electrónico con otros miembros de la casa, en tanto, el 7.7% señaló que sólo dispuso del celular para continuar con su educación virtual, el resto tuvo que rentar un equipo para estar al tanto de las asignaturas.

A la pregunta: “en tu casa ¿Cuentas con servicio de internet para realizar tus actividades académicas?” es alentador observar, en la figura 10, que el 73.5% de los estudiantes indicó de manera positiva (Sí), pero también es significativo ver que casi una tercera parte, es decir, el 26.5% afirma que no cuenta con un servicio propio de internet con el que pueda apoyarse para realizar sus actividades académicas, y tuvieron que acudir a otros espacio para adjuntar las tareas, y aun así, muchas veces la plataforma o el internet se alentaba para subir sus actividades en el sitio.



Figura 11. Principales razones por las que llegaste a faltar en la clase en línea

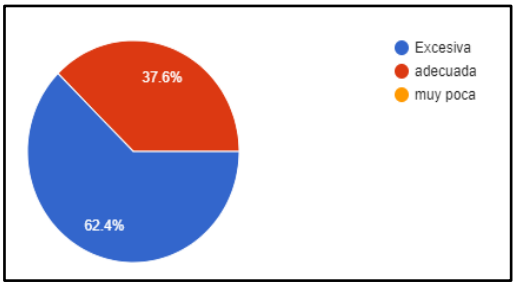


Figura 12. ¿Cómo fue la carga de actividades en las clases en línea?

Se consideró importante conocer las principales razones por las que los estudiantes pudieron llegar a faltar a su sesión en línea, y que los docentes lo valoren para las clases futuras, en la figura 11, se observa que la principal razón con el 50.5%, por las responsabilidades asignadas en el hogar, entre los comentarios se señalan: “en mi casa piensan que no hago nada en la computadora”, “mis papás al verme en casa me dejan actividades en el horario de clases”; el 37.9% lo atribuye a que no cuenta con servicio de internet, el 5.3% porque no cuenta con computadora, 4.2% se descompuso mi computadora, y el 2.1% tiene que apoyar a sus hermanos con sus tareas.

En la figura 12, se analiza desde la perspectiva estudiantil como fue la carga de actividades en línea por asignatura, el 62.4% de los estudiantes precisó que fue excesiva, y el 37.6% dijo que fue adecuada. El hecho que se haya dado el cambio de educación presencial a la modalidad virtual desafió la labor docentes, ya que trajo consigo una mayor carga de trabajo para el estudiante y para el docente que tiene que pasar más horas frente a la pantalla de la computadora para revisar, enviar observaciones y calificar cada uno de los trabajos con los que se evalúa el tema de aprendizaje.

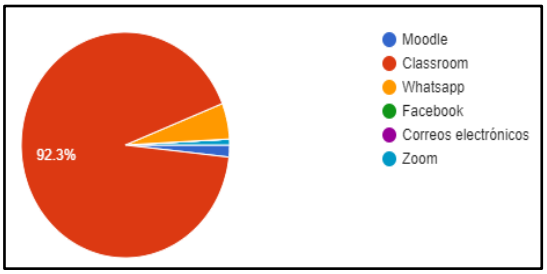


Figura 13. Plataforma digital que los estudiantes consideran más apropiada para las clases en línea durante la contingencia por el Covid-19

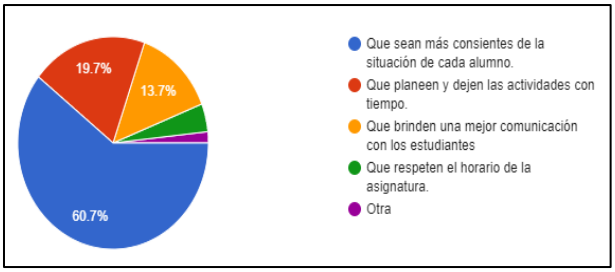


Figura 14. Las sugerencias que los estudiantes darían a los profesores para continuar las clases en línea

 ISSN 2007-8102

El uso de las plataformas digitales ha apoyado a la educación en los momentos de la pandemia, pero se tiene que ser consciente de los desafíos que existen en materia educativa, y la alternativa que consideraron más apropiada los estudiantes para recibir sus clases fue en la plataforma que proporciona Google (Classroom) con el 92.3%, y no descartaron la utilidad de las redes sociales como WhatsApp con el 5.1%, seguido de Moodle con el 1.7% y Zoom con el 1%, ver figura 13.

Para que la educación se realice de manera efectiva se requiere de la buena interacción de los actores que forman parte del proceso educativo, de manera concreta es necesario conocer la opinión de los estudiantes por lo que en la figura 14, se mencionan algunas sugerencias que los estudiantes le hacen a sus docentes para los siguientes cursos, si la situación de la pandemia no mejora o para que la educación en modalidad virtual sea exitosa; se observa que el estudiante en un 60.7% requiere que el docente sea más consiente de la situación de cada alumno, el 19.7% solicita que los profesores planeen y dejen las actividades con tiempo, el 13.7% exhorta a sus docentes que brinden una mejor comunicación con los estudiantes, el 4.3% que respeten el horario de la asignatura, el resto menciona que otra.

Entre las propuesta del trabajo, es necesario que el docente tenga la iniciativa de utilizar otros programas online como: Canvas, Padlet, Genially, Teams, que permiten transitar de manera efectiva del aula presencial a las aulas virtuales, además de hacer uso recursos didácticos como videos, audios, infografías, presentaciones multimedia así como el aprendizaje lúdico, el cual a través de juegos interactivos refuerzan conocimientos de determinada asignatura. Es necesario que el Instituto Tecnológico de Chilpancingo establezca acciones que permitan al estudiante fortalecer sus deficiencias tecnológicas, fortalecer la comunicación institucional con el sistema Tecnamex, así como mejorar la página web del ITCH

Trabajo a futuro

El presente proyecto de investigación se realizó bajo la consideración de aspectos desde el punto de vista del estudiante, la intención a mediano plazo es presentar el punto de vista del docente, quien forma parte principal en el ámbito educativo y con ello poder tener un panorama en donde se contrasten los datos obtenidos, y con base a ello, realizar un aporte a la comunidad educativa del Instituto Tecnológico de Chilpancingo con miras a la mejora de los servicios educativos

Conclusiones

La situación sanitaria ocasionada por la pandemia del COVID-19, mostró las deficiencias que se tienen en México en el ámbito de la conectividad a internet y por ende, en la falta de capacitación en el uso de las plataformas virtuales de educación, es un gran desafío para las instituciones educativas tienen el deber de estar al día de lo que requiere la sociedad del conocimiento. Cabe destacar la labor docente durante esta situación que se hizo valer de recursos conocidos y desconocidos para poder afrontar y mantener su papel de facilitador del conocimiento, por lo que es necesario que se siga capacitando en estas áreas de oportunidad tecnológica, utilizando plataformas como Classroom, Moodle o Teams, además de apoyarse de la generación de grupos en las redes sociales. A manera de recomendación, la educación requiere de una disciplina constante y una comunicación efectiva entre los actores del proceso educativo, por lo que es necesario que el docente evalúe el contexto en donde el estudiante recibe sus clases y quizás eso nos brinde un acercamiento de su avance curricular.

Agradecimientos

De manera extensiva agradecemos a los estudiantes que ayudaron a contestar el cuestionario para la realización de este trabajo. También agradecemos a los Departamentos Académicos: de Ciencias Básicas, Sistemas y Computación, Ciencias Económico – Administrativa, dependientes de la Subdirección Académica del Instituto Tecnológico de Chilpancingo por las facilidades para la realización de esta investigación.

Referencia

[1] Banco mundial “Pandemia de COVID-19: Impacto en la educación y respuestas en materia de políticas”, Banco Mundial, mayo 2020
[2] C. Muñoz Izquierdo, “Educación y desarrollo económico y social: Políticas públicas en México y América Latina durante las últimas décadas del siglo XX”. Perfiles educativos, México , v. 23, n. 91, p. 07-36, 2001
[3] CEPAL “América Latina y el Caribe ante la pandemia del COVID-19 Efectos económicos y sociales” informe Especial COVID-19 CEPAL, 3 ABRIL 2020.
[4] E. Oropeza Bruno “Expectativas de ingreso al Instituto Tecnológico de Chilpancingo-TECNM: Estudiantes de Ingeniería en Sistemas Computacionales. Coloquio de Investigación Multidisciplinario 2019, Vol. 7, septiembre 2019
[5] F. J. Murillo, C. Duk, “El Covid-19 y las Brechas Educativas”. Rev. latinoam. educ. inclusiva, v. 14, n. 1, p. 11-13, jun. 2020.
[6] F. X. Juca, “La educación a distancia, una necesidad para la formación de los profesionales” Universidad y Sociedad, Cienfuegos, v. 8, n. 1, p. 106-111, abr. 2016.
[7] G. A. Picón, G. K. González de Caballero, J.N. Paredes Sánchez “Desempeño y formación docente en competencias digitales en clases no presenciales durante la pandemia COVID-19, 2020, obtenido de: https://preprints.scielo.org/index.php/scielo/preprint/download/778/1075/1115.
[8] G. C. González, J. R. Caballero, M.G. Chávez, “Las metáforas de la influenza humana A (H1N1) en México: el escenario nacional al descubierto. Una aproximación a través de la prensa mexicana” °Comun. soc, Guadalajara, n. 16, p. 105-132, dic. 2011
[9] INEGI “En México hay 80.6 millones de usuarios de internet y 86.5 millones de usuarios de teléfonos celulares: ENDUTIH 2019”, comunicado de prensa, 17 febrero 2020
[10] INEGI “Cuéntame…Población: rural y urbana” 2010.
[11] Organización Internacional del Trabajo, “El COVID-19 y el mundo del trabajo: Repercusiones y respuestas”, Observatorio de la OIT, 1ª edición, marzo 2020
[12] OMS “Dos de cada 5 escuelas del mundo carecían de instalaciones básicas para el lavado de manos antes de la pandemia de COVID-19, según UNICEF y la OMS” Organización Mundial de la Salud, Comunicado de prensa, 13 agosto 2020.
[13] UNICEF/Sokol “Educación a distancia en tiempos de COVID-19” UNICEF-México, junio, 2020.

Paradoja de la educación a distancia ante el COVID-19

E.C. Contreras Delgado [1], I. I. Contreras González [2], A. F. Contreras González [3]*
[1]Universidad Autónoma de Coahuila, Facultad de Sistemas
[2]Universidad Interamericana del Norte, Campus Santiago N.L.
[3]Universidad Politécnica de Madrid
**cesarcontreras@uadec.edu.mx*
Área de participación: Investigación Educativa

Resumen

Se define escuela como un componente o elemento relacionado con un complejo sistema educativo en el que se toman decisiones propias para resolver problemáticas particulares; en este sistema se identifican tres subelementos articulados: 1.- administrativos-institución, 2.- docentes y 3.- estudiantes. Se analizan los tres factores mencionados y se proponen sugerencias para abordar la problemática de una participación forzosa de educación a distancia debido a la pandemia COVID19. En lo administrativo institucional se sugiere que el personal conozca a detalle y se involucre en las dificultades y necesidades que implica la educación a distancia para gestionar el ambiente propicio y destinar los recursos necesarios para el cumplimiento de los objetivos. Los docentes deberán atacar el problema planeando estrategias y tácticas emergentes, sabiendo que el recurso principal para realizar su labor es la comunicación por internet, además de su autocapacitación en las TIC. Los estudiantes tendrán que modificar su aspecto conductual de aprendizaje y ejercer resiliencia; adaptar sus métodos de aprendizaje por medio de la planeación, manejo del tiempo y desarrollo de habilidades personales.

Palabras clave*: Educación en línea; Filosofía de la educación; Proceso de interacción educativa; Relación docente-administración.*

Abstract

School is defined as a component or element related to a complex educational system in which decisions are made to solve particular problems. Three articulated sub-elements are identified: 1.- administrative-institution, 2.- teachers and 3.- students. These three factors are analyzed, and suggestions are proposed to address the problem of forced participation in distance education due to the COVID19 pandemic. On the institutional-administrative side, it is suggested that the staff knows in detail and gets involved in the difficulties and needs that distance education implies to manage the conducive environment and allocates the necessary resources for the fulfilment of the objectives. Teachers, on the other hand, should attack the problem by planning emerging strategies and tactics, knowing that the main resource to carry out their tasks is internet communication, in addition to their self-training in ICT. Students will have to modify their behavioural aspect of learning and exercise resilience; adapt their learning methods through planning, time management, and personal skill development.

Key words*: Educational interaction process; Online education; Philosophy of education; Teacher-administration relationship.*

Introducción

La educación a distancia en las escuelas es parte del problema y parte de la solución en situación de pandemia, ésta es la paradoja educativa del año 2020. El acontecimiento abrupto del COVID-19 (acrónimo del inglés *coronavirus disease*, *2019*), rompe las actividades cotidianas en todos los ámbitos: artístico, producción industrial, oficios, profesiones, prácticas empresariales, actividades de ocio, actividades comerciales, actos religiosos, reuniones sociales, el sector salud y no es la

excepción el sector educativo. La Organización Mundial de la Salud decretó Pandemia el 11 de marzo del 2020 [1], desde entonces se suspendieron en las escuelas las clases presenciales, presentándose una problemática compleja, para la cual las autoridades educativas propusieron la continuidad de las clases empleando el recurso de educación a distancia en todos los niveles educativos. El hecho intempestivo rompe con la relación y comunicación directa entre estudiantes y profesores, el esquema tradicional al cual está acostumbrado el estudiante recibe un cambio en el cual necesita esfuerzo para adaptarse.

Para contextualizar estas reflexiones se define escuela "como un componente o elemento que se relaciona con un complejo sistema educativo en el cual se toman decisiones propias para resolver problemáticas particulares". Se identifican tres subelementos articulados (1.-administrativos/institución, 2.-docentes, 3.-estudiantes), que tienen la capacidad de modificar sus funciones en una visión compartida de acuerdo con un modelo de enseñanza aprendizaje para que el sistema "escuela" genere resultados educativos óptimos. Además, hay que visualizarse bajo la premisa de que no es un sistema aislado en el cual existen elementos no controlables, (intrínsecos y extrínsecos) que pueden afectar su funcionamiento".

En este trabajo se discute la siguiente hipótesis: "la escuela presenta una problemática en la que puede tomar decisiones por sí misma para solucionar el cambio del paradigma educativo presencial al de educación a distancia". Es claro que México no cuenta con las condiciones favorables para lograr aprendizaje e inclusión en la educación que, según la Constitución *todo individuo tiene derecho a la educación.*

Metodología

Ante la problemática mencionada en el apartado anterior, se muestra un análisis ideológico del lenguaje y el discurso basado en la teoría de van Dijk, y partiendo de la definición propia de escuela y los tres ejes fundamentales (1.-administrativos/institución, 2.- docentes, 3.- estudiantes) para discutir las dificultades y sus posibles soluciones de la emergente e improvisada educación a distancia para todos los mexicanos.

Se analizaron cada uno de los ejes fundamentales de la escuela en un contexto holístico (1.-administrativos/institución, 2.- docentes, 3.- estudiantes) bajo la metodología de análisis en interfase sociocognitva en el que "las nociones mismas de 'acción' y 'actor' (sociales), tienen una importante dimensión cognitiva: el conocimiento acerca de condiciones y consecuencias, planes, intenciones y objetivos de acciones, así como el mismo concepto de acción son propiedades del pensamiento o de representaciones mentales, esto es, de la mente" [2] aplicado a la educación a distancia.

Contexto

La Educación a Distancia ha existido desde muchos años atrás haciendo referencia a los cursos por correspondencia en los cuales se enviaba el material didáctico, los exámenes, dudas y comentarios por correo. Se conoce que, desde mitad del siglo XX, ya se habían implementado cursos no presenciales de diversas formas y con la llegada de Internet se han ido haciendo adecuaciones a el uso de las Tecnologías de Información y Comunicación (TIC). La eficacia y la eficiencia de la Educación a Distancia por medios electrónicos ya se ha comprobado como lo demuestran diversas publicaciones científicas alrededor del mundo.

En un estudio publicado por Taguchi [3] en Japón, evalúa el aprendizaje del método de educación a distancia en 47 estudiantes, empleando presentaciones y aplicaciones informáticas que se colocaron en la página principal del sitio Web de los profesores comunicándose con los estudiantes por correo electrónico. Se evaluaron los efectos causados en la comprensión y la motivación, la mayoría de los estudiantes obtuvieron calificación mayor a C (equivalente a 6 en escala a 10)

además se considera motivadora porque los estudiantes consultaron los mismos temas de estudio más de tres veces. Concluyen con la sugerencia de que el método de aprendizaje a distancia puede servir para estandarizar el nivel de comprensión de los estudiantes.

Se ha visto en la situación de Pandemia que la brecha digital no es solo un concepto, ha sido una realidad que ha afectado a la Educación a Distancia haciendo referencia a la publicación de Hongladarom [3] en la cual presenta discusiones filosóficas e investigaciones sobre la brecha digital cuestionando: ¿son adecuadas las herramientas filosóficas ya existentes para analizar el fenómeno de la brecha digital, o se necesitan nuevos conjuntos de vocabularios y herramientas? Dado que la brecha digital presupone una noción de igualdad, ¿cómo podría entenderse esa noción a la luz de las teorías actuales en filosofía social y política? Dado que la brecha digital se refiere tanto a computadoras, internet, asistencia técnica, servicios de conectividad como a el aspecto cultural de las personas, entonces, ¿por qué no se han relacionado los aspectos tecnológicos con los aspectos filosóficos y éticos?, ¿cómo podríamos ofrecer pronunciamientos normativos de primer orden sobre la brecha digital?

Desarrollo

1.- Administrativos / Institución

En el documento emitido por la UNESCO [4], menciona que “En la educación a distancia debe de Institucionalizarse formalmente: ¿Quién decide el contenido del curso?, ¿Cuándo y cómo se estudiará este programa de estudio?, ¿Cuándo se considera que el proceso de aprendizaje ha sido completado satisfactoriamente?”. Se sugiere considerar adicionalmente a lo anterior otras interrogantes: ¿Cómo el docente impartirá su curso (aplicación de una metodología de enseñanza a distancia)? y ¿Cómo los estudiantes tomarán sus clases (aplicación de un aprendizaje a distancia) ?, además ¿Cómo involucrar los factores socioeconómicos, capacitación y disponibilidad de las TIC para los que docente y alumno deberán estar preparados? Ante este panorama, ¿es válido acoger la educación a distancia como solución emergente a la necesidad educativa en situación de pandemia?

Estas son solo algunas de las interrogantes que intenta resolver la institución educativa para enfrentar una crisis, por otro lado, si lo hace sin considerar dos partes fundamentales del sistema, estudiantes-profesores, puede llevar al fracaso ya que, en este modelo educativo, no es posible aislar una parte fundamental y tomar decisiones sin considerar el todo [5].

La influencia de los modelos mentales sobre la percepción en las personas que toman decisiones en la institución educativa debe conocer a detalle las características del entorno o medio ambiente en donde se llevará a cabo el proceso educativo. Los modelos mentales según Senge [6] son: “supuestos hondamente arraigados, generalizaciones e imágenes que influyen sobre nuestro modo de comprender el mundo y de actuar”. En ocasiones, damos por un hecho partiendo del supuesto de que en cada hogar mexicano se cuenta con una computadora con acceso a Internet, sin embargo, de acuerdo con el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) [7], se encontró que: el 44.3% de la población nacional tienen computadoras y el 56.4% conexión a internet equivalente a 20 131 852 de hogares, clasificados estos usuarios según su nivel de escolaridad en primaria 19.6%, secundaria 28.5%, preparatoria 26.3% y licenciatura 22.2%, de ellos el 83.8% la emplean para apoyar la educación.

Recordemos la historia para no repetir los mismos errores, haciendo referencia al período del mandato del presidente Vicente Fox, pretendió modernizar los niveles educativos básico y medio al hacer un convenio con la empresa IBM al dotar de la “Enciclomedia” en cada aula. La Enciclomedia es un equipo de cómputo con conexión a internet y dotada de un pizarrón electrónico táctil, que tenía preinstalado software educativo y con acceso a material didáctico vía internet al programa educativo de la Secretaría de Educación Pública. Se considera un total fracaso, con los argumentos que aquí se presentan y apoyado en vivencias de profesores y estudiantes: ni los

profesores de primaria ni los de secundaria estaban preparados en el uso de esta tecnología, tampoco recibieron cursos de capacitación, no todas las escuelas tenían conexión a internet, los contenidos temáticos eran diferentes a los programas oficiales debido a cambios a los mismos sin considerar el apoyo que se les estaba ofreciendo, con el tiempo el equipo se deterioró por el mal uso pues algunos profesores usaban el pizarrón táctil como pizarrón normal manchándolo e inutilizándolo. Ackoff [8] afirma “La razón por la cual una persona da, puede no ser la razón por la que la otra recibe”.

Aprendiendo de estas experiencias las personas que administran la institución deben de conocer a detalle las necesidades que implica la educación a distancia para gestionar el ambiente propicio y destinar los recursos necesarios para el cumplimiento de los objetivos. Para esto se recomienda hacer las preguntas correctas a los implicados directos, sin hacer suposiciones de que se conocen las respuestas, trabajar bajo supuestos puede conducir al fracaso a la organización. ¿Para qué necesita una persona un Stradivarius si no sabe tocar el violín?

2.- Docentes

Al solicitarle a los docentes el cambio obligatorio de instructor presencial, acostumbrado a la comunicación directa con el estudiante, a instructor a distancia debido a la necesidad imperante de no trasladarnos a los centros educativos, el docente comienza a planear estrategias y tácticas emergentes para afrontar la crisis, sabiendo que el recurso principal para realizar su labor es la comunicación por internet. Pero ni la institución y probablemente algunos docentes consideraron que parte de los estudiantes no tiene acceso al recurso de internet debido a la economía familiar o por vivir en áreas sin este medio de comunicación.

Con respecto a la educación por internet se discute un comparativo entre Bolivia y México. Bolivia es un país de aproximadamente 12 millones de habitantes con una economía número 95 por volumen de PIB y su moneda un euro equivale a 7.88 bolivianos. En el año 2017 por decreto supremo, “Aprueba el Plan de implementación de Gobierno Electrónico, Plan de implementación de Software Libre y Estándares Abiertos”, con esto logra la cobertura de internet gratuita y completa a todos los lugares del país, además, prepara a los docentes de todos los niveles educativos con capacitación y cursos para el uso de las TIC, aunado a esto, hacen convenios internacionales de colaboración educativa en diversos países para la enseñanza y aprendizaje del idioma inglés, en donde el estudiante puede conversar e interactuar directamente con un interlocutor extranjero en tiempo real. Con este comparativo, se puede suponer que Bolivia ha podido enfrentar al reto de la educación a distancia sin mayor problema que el que se ha presentado en nuestro país (México).
En Uruguay en el año 2007 se creó el Plan Ceibal [9,10] con el objetivo de apoyar con tecnología las políticas educativas uruguayas, permitiendo la inclusión e igualdad de oportunidades a la ciudadanía. Desde su puesta en marcha, cada niño y adolescente que se incorpora al sistema educativo público en todo el país puede ingresar a una computadora para su uso personal con conexión a Internet gratuita desde el centro educativo. Este Plan ofrece el apoyo que provee un conjunto de programas, recursos educativos y capacitación docente. Además, cuenta con un grupo de líneas de investigación educativa para conocer: los usos que niños y adolescentes hacen de la tecnología tanto en los centros educativos como fuera de ellos, las tendencias globales de las tecnologías (software, hardware) aplicadas a la educación, el diseño de una línea base para reconocer los logros en el aprendizaje, el desarrollo en los docentes de la cultura digital, ente otros.

Relacionando la carencia del recurso internet con la inexperiencia del docente en los niveles básico y medio, se presenta una analogía invertida a Bolivia y Uruguay, el docente no contaba con la preparación adecuada para acoger la educación a distancia y por otra parte el estudiante no la sabe usar. Como prueba a este comentario, en entrevistas informales a profesores relatan lo que sucedió en la mayoría de las secundarias del estado (Coahuila). Los profesores la educación a distancia la limitaron solo al uso de las redes sociales, Facebook y WhatsApp, por lo que definitivamente no es el medio adecuado, el proceso de enseñanza aprendizaje se basaba en lecturas que se enviaban en un archivo de texto y las prácticas, los estudiantes las regresaban tomando una foto a su tarea, argumentando que en su casa no tienen computadora y también los

profesores si la tienen, no tienen desarrollada la habilidad en su uso, esto nos conduce a otra paradoja, “Los profesores deben de aprender a desaprender”. Sí, para adoptar las nuevas prácticas, deben de eliminar las antiguas.

Como solución a lo discutido anteriormente se propone que, aun sabiendo que tiene un alto grado de complejidad, se hagan las gestiones de tener internet para todos, como lo ha hecho Bolivia, si otros países lo han logrado, el nuestro también podrá. Otra propuesta con respecto al docente es que sea autodidacta mediante cursos en línea con la opción de inscripción gratuita y abierta (MOOCs), la institución ofrezca cursos en línea o a iniciativa de los docentes, compartir sus materiales didácticos diseñados para cursos a distancia y adoptar los de uso libre disponibles en internet.

3.- Estudiantes

El desarrollo de competencias del estudiante en el aprendizaje del paradigma educación a distancia se vio impactado principalmente en dos aspectos: comportamiento y estrategias de aprendizaje. Con respecto al comportamiento el individuo por naturaleza es sociable, sufre una conmoción emocional en la actitud en los aspectos afectivo, conductual y cognoscitivo. En lo afectivo al restringir las relaciones amistosas y de camaradería, así como la expresión de los sentimientos, en su conducta tuvo que actuar con angustia e incertidumbre para acreditar sus cursos, en el aspecto cognoscitivo hizo una reorientación al aprendizaje impactando en su inteligencia emocional al readaptar los procesos de atención, razonamiento y memoria. Con respecto a las estrategias de aprendizaje involuntariamente para adaptarse, el estudiante estableció una planificación de tareas para organizar sus actividades y tiempo, otro factor al que no estaba acostumbrado, modificar el aspecto cognitivo para el procesamiento de datos e información que se ofrecieron en ambiente multimedia, muy diferente al acostumbrado [11,12].

Las acciones que se proponen con respecto al comportamiento, son que el docente puede hacer reflexionar al estudiante de que la situación demanda de una renuncia temporal a sus relaciones afectivas y que para esto recurra e incremente la comunicación en las redes sociales, combine actividades de ocio y estudio, dar buenos ejemplos de conducta, orientar a disminuir la angustia y preocupación por los cursos, aclararles que la misma situación la estamos viviendo todos, no solo él, y sobre todo ser el agente de una influencia positiva (resiliencia). El profesor al romper el esquema tradicional de enseñanza llevando el control total, en el cual el estudiante acostumbrado a tomar notas del pizarrón, al monólogo, o ver diapositivas, repentinamente modifica en el estudiante su función a ser protagónico de su proceso formativo con conducta autónoma, a emplear habilidades digitales, con nuevas estrategias de aprendizaje en ambientes en los que intervienen las TIC.

En el estudiante, el impacto mayor es el de modificar las estrategias cognitivas de sus procesos mentales básicos ir desde la identificación, diferenciación, comparación, análisis, síntesis y clasificación hasta niveles superiores como lo son el deductivo, analógico, hipotético, transitivo, divergente y lógico, principalmente influenciados por los elementos multimedia. El estudiante de la cognición es obligado a acceder a la metacognición, eso es: la toma de conciencia de su aprendizaje, a el autocontrol del proceso educativo y la autorregulación del aprendizaje (planificación, supervisión y evaluación).

Nos referimos a la metacognición como el potencial que los alumnos deben desarrollar para que sean conscientes de sus propios procesos de aprendizaje y aplicarlos de acuerdo con la circunstancia, es decir ser consciente de la manera individual de pensar y aprender.

Senge [6] sostiene que: “El dominio personal se le conceptualiza como un fin determinado que tiene una persona sobre la labor que ejerce en su trabajo o el desempeño de sus actividades, que llega a lograrlo con un aprendizaje constante y continuo donde esta se llena de conocimientos nuevos y provechosos para un cambio de su profesión o en una aclaración personal de sí misma”.

Trabajo a futuro

Deberán impulsarse políticas públicas de acceso al internet como parte del derecho a la educación de todos los mexicanos. La estructuración de ciclos escolares deberá estar apegada a los horarios tradicionales de duración de clases, calendarios, etcétera. Así también, deberán realizarse dinámicas de participación social o deportiva mediante las TIC, por ejemplo, competencias de videojuegos en línea, coreografías de baile desde casa, retos por internet, torneo de memes, y demás, todos ellos con el objetivo de impulso a la identidad web y pertenencia grupal.

Deberá ser obligatoria la asistencia a un taller permanente de todos los involucrados en la educación a distancia en temas de *Cuidado de la Salud Mental*, en el que se aborden estrategias de autopercepción, inteligencia emocional, motivación y empatía social.

Adicional, deberá implementarse una clase de introducción a las TIC, dónde se capacite a los alumnos y docentes en el uso permanente en niveles básico y avanzado para el logro de objetivos y competencias con ello diversificar las metodologías clásicas presenciales para llevarlas a niveles multimedia de interacción social. Aunado a ello, el personal administrativo deberá realizar encuestas de satisfacción, y buzón de sugerencias, respetado las sugerencias del alumno tanto como las del maestro. Se deberá estar cerca de los alumnos y docentes mediante programas de monitoreo *Online.*

Conclusión

La instrucción habitual tiende a especializarse, el educador se enfoca en su área ya sea la física, matemáticas, química, biología, sociología, filosofía o ciencias sociales y tiende a aislarse de las demás disciplinas, la trata como dominios aislados con la tendencia general de hacer ciencias separadas hasta llegar a la especialidad, esto conduce a la paradoja donde un experto sabe mucho de muy poco. La solución es alcanzar la síntesis interdisciplinaria y la educación integrada para la comprensión de la realidad. Se debe de abordar el enfoque de la educación como una instrucción integrada para enfrentar los retos de la Educación a Distancia para la cual el docente no solo debe dominar su área especializada, también debe tener los conocimientos y saber relacionar las tecnologías de la información con las ciencias de la educación, así como conocer la labor entre pares docentes. Para el estudiante con respecto a las estrategias de aprendizaje, enseñarle a conocerlas y aplicarlas: cognitiva, metacognitiva, de planeación, manejo de recursos y principalmente el desarrollo de habilidades personales. El estudiante debe de tomar acciones conscientes e intencionadas dirigidas al objetivo de la solución de problemas, realización de proyectos, en el laboratorio o aplicadas a la comunidad con ingenio y creatividad propia. Las acciones que debe de seguir para lograr un resultado o producto académico, en resumen, debe aprender a aprender.

La educación a distancia es un paradigma mucho más complejo de lo que aquí se expone ante la paradoja mencionada, puesto que no se abordaron todos los factores implicados, partiendo de la tesis planteada donde se consideran los elementos controlables que se pueden modificar y dar soluciones: institución, docentes y estudiantes, estos elementos son la solución a la problemática discutida, haciendo sinergia entre ellos, primeramente, con el elemento comunicación se logra un buen aprendizaje en el proceso de la enseñanza. ¿Por qué Simón Bolívar unificó a América?, por la visión compartida de los sudamericanos. ¿Por qué la educación a distancia?, porque no es una moda, es una necesidad imperante en la actualidad.

Referencias

[1] W. H. Organization, “World health organization director-general’s opening remarks at the media briefing on covid-19 - 11 march 2020.” Available at: https://www.who.int/dg/speeches/detail/who-director-general-s-opening-remarks-at-the-media-briefing-on-covid-19---11-march-2020 (2020/07/08).

[2] T. A. van Dijk, “Análisis del discurso Ideológico”, UAM-X México, 1996, Available at: http://www.discursos.org/oldarticles/An%E1lisis%20del%20discurso%20ideol%F3gico.pdf
[3] T. Taguchi, T. Umemoto, M. Naniwada, A. Garden, T. Amano, and K. Tabata, “A case study of the effectiveness of distance learning materialsin higher education and suggestions for improvement,” in *IEEE SMC’99Conference Proceedings. 1999 IEEE International Conference on Systems,Man, and Cybernetics (Cat. No. 99CH37028),* vol. 2, pp. 253–258, IEEE,1999.
[4] F. Trías and M. M. Moore, *Aprendizaje abierto y a distancia: Consideraciones sobre tendencias, políticas y estrategias*. UNESCO, 2002.S. Hongladarom, “Exploring the philosophical terrain of the digital divide,” in *Selected papers from conference on Computers and philosophy-Volume 3*7, pp. 85–89, Citeseer, 2003.
[5] L. V. Bertalanffy, *Teoría general de los sistemas*. México DF. Fondo de cultura Económica, 2011.
[6] P. M. Senge, *La quinta disciplina 9Ed: Como impulsar el aprendizaje en la organizacion inteligente*. Ediciones Granica SA, 2012
[7] I. N. de Estadística y Geografía (INEGI), “Encuesta nacional sobre disponibilidad y uso de tecnologías de la información en los hogares,” 2019.
[8] R. L. Ackoff, *El arte de resolver problemas: las fábulas de Ackoff/Rusell*. L.Ackoff, 1993.
[9] B. Miguel, L. Margarita, M. Edith, and B. Michael,*Plan Ceibal: 10 años. Hicimos historia haciendo futuro.* Gerencia de Comunicaci´on de PlanCeiba, 2017.
[10] F. Ceibal, “Plan ceibal.” Available at https://www.ceibal.edu.uy/es/(2020/07/09).
[11] J. Eiser, *Psicología Social*. Pirámide, 1989
[12] A. Rodrigues and E. Assmar, *Psicologia Social*. Trillas, 2004.

Ambiente virtual bajo el modelo ADDIE para el desarrollo de estrategias cognitivas en la tutoría

M. E. Montes Almanza[1], M. L. Montes Almanza[1], M. C. Frías Maldonado[1], P. C. Ramírez[1], M. I. López Aguilera[2]*
[1]Departamento de Sistemas y Computación, Tecnológico Nacional de México-Campus Querétaro, Av. Tecnológico s/n, Col. Centro. C.P. 76000, Querétaro, Qro., México.
[2]Departamento de Ciencias Económico Administrativas, Tecnológico Nacional de México-Campus Querétaro, Av. Tecnológico s/n, Col. Centro. C.P. 76000, Querétaro, Qro., México.
emontes@mail.itq.edu.mx

Área de participación: *Investigación Educativa*

Resumen

La acción tutorial como estrategia educativa ofrece una alternativa de atención, seguimiento y acompañamiento personal de los estudiantes, sin embargo para que esta sea funcional es indispensable motivar su aplicación así como fomentar el compromiso de los docentes tutores para generar estrategias de calidad tendientes a fomentar en los estudiantes la reflexión crítica y consciente, la interacción y el trabajo conjunto, la regulación redirigida a la toma de decisiones en relación a las propias habilidades.

La implementación de un entorno virtual bajo el modelo instruccional ADDIE acrónico de (Análisis, Diseño, Desarrollo, Implementación y Evaluación) a través de plataforma *Moodle* resulta un escenario óptimo para la planificación meticulosa de actividades y/o estrategias de aprendizaje para apoyar a los estudiantes debido a que ofrecen múltiples oportunidades para sustentar un modelo didáctico centrado en el estudiante, más activo y dinámico.

Palabras clave*: Hábitos, estrategias, modelo addie, tutoría.*

Abstract

The tutorial action as an educational strategy offers an alternative of attention, follow-up and personal accompaniment of the students, however for this it is functional it is essential to motivate its application as well as to encourage the commitment of the tutors teachers to generate quality strategies tending to promote in students critical and conscious reflection, interaction and joint work, regulation redirected to decision making in relation to their own abilities.

The implementation of a virtual environment under the ADDIE acronic instructional model of (Analysis, Design, Development, Implementation and Evaluation) through the Moodle platform is an optimal setting for the meticulous planning of activities and / or learning strategies to support students because they offer multiple opportunities to support a more active and dynamic student-centered teaching model.

Key words*: Habits, strategies, model addie, tutoring.*

Introducción

En la actualidad la educación superior enfrenta una serie de problemas relacionados con la reprobación, la deserción y el rezago estudiantil, motivo por el cual la mayoría de las Instituciones de Educación Superior (IES) en un esfuerzo por retener la mayor cantidad de estudiantes, han establecido el Programa Institucional de Tutorías (PIT), incluso es un indicador establecido en los marcos de referencia de los organismos acreditadores de programas educativos [1].

Bajo este contexto y a más de cinco años de su creación el Tecnológico Nacional de México (TecNM) Institución de Educación Superior de gran importancia en México, considera fundamental impulsar las políticas, normativas y lineamientos que permitan implementar estrategias, mecanismos y procedimientos en las instituciones adscritas al TecNM para garantizar una educación de calidad, por ello se recurre a los lineamientos generales del Modelo Educativo Siglo XXI para replantear los procedimientos académicos administrativos que sustentan las actividades de los planteles. Siendo uno de ellos el lineamiento para la operación del programa de tutoría [2].

Desde el 2010 que comenzó el programa institucional de tutoría en el Tecnológico Nacional Campus Querétaro (Instituto Tecnológico de Querétaro) mejor conocido como ITQ, se han establecido estrategias para orientar a los estudiantes, de tal forma que les permitan tener un mejor y mayor desempeño académico, y con el firme propósito de contra restar el índice de deserción y reprobación.

En la institución, el programa de tutorías se ha implementado siguiendo el Manual de Lineamientos Académico-Administrativos del Tecnológico Nacional de México [2], sin embargo; por las necesidades propias del ITQ el programa ha sufrido varios cambios a lo largo de este tiempo, la última modificación que se ha implementado desde agosto de 2016, fue la reestructuración de los módulos de tutorías, para lo cual se establecieron tres fases importantes de acuerdo a las necesidades de los estudiantes, la **fase uno** denominada de *adaptación*, **fase dos** de *formación* y la **fase tres** de *inserción al ámbito laboral*, para cada una de estas fases se analizaron las necesidades específicas de los estudiantes.

A pesar de estas modificaciones los docentes en su mayoría muestran preocupación por incrementar el rendimiento académico de sus estudiantes tutorados, por lo que persisten en la búsqueda de estrategias que permitan convertir en fortalezas las debilidades que presentan sus estudiantes en las aulas de clase, esto se manifiesta en los comentarios de la mayoría de los docentes que expresan su inquietud al contemplar los altos índices de fracaso escolar, lo cual puede deberse a una falta de hábitos de estudio y habilidades del pensamiento.

En este sentido, la falta de habilidades cognitivas para desarrollar un proceso de aprendizaje eficiente constituye uno de los problemas que atrae actualmente la atención de psicólogos, pedagogos y educadores, de hecho se han realizado diversas investigaciones orientadas a conocer con exhaustividad los procesos de aprendizaje y a valorar en qué grado influye el uso de estrategias de aprendizaje por parte de los estudiantes en el rendimiento académico; entre las que se encuentran las realizadas por autores como Román [3], Camereo et al. [4], Cano y Justicia [5], cuyos resultados demostraron que los estudiantes que alcanzan un mejor rendimiento académico utilizan un repertorio mayor y de mejores estrategias cognitivas que aquellos que tienen un bajo desempeño académico.

En este contexto, García [6] refiere que las *estrategias de aprendizaje* están directamente relacionadas con la calidad del aprendizaje del estudiante, ya que ayudan a los estudiantes a planificar sus propias actividades de aprendizaje, pero el uso de estas estrategias no se da de manera espontánea requiere de cierto grado de conocimiento sobre el propio aprendizaje así como de una práctica intencionada a través de hábitos de estudio, estrategias como el aprendizaje entre pares y la búsqueda de ayuda, manejo de un mejor ambiente de estudio.

De igual manera Alvarado et al. [7] considera que el rendimiento académico está relacionado con los *hábitos de estudio* con que cuenta el estudiante para su desempeño escolar así como con las **estrategias cognitivas** que intervienen en la manera en que aprenden y en el desarrollo de **estrategias metacognitivas** que les permiten regular su proceso de aprendizaje de manera intencionada mediante la búsqueda y utilización intuitiva de mecanismos específicos y estrategias de apoyo en su aprendizaje, pero en general la mayoría de los estudiantes requiere de una instrucción sistemática que incluye no solo demostración y presentación de estrategias, sino también la toma de consciencia sobre qué clase de estrategias le son más funcionales a nivel personal.

Como respuesta a tales demandas la escuela se convierte en la institución fundamental que debe ofrecer las herramientas para aprender a estudiar, pero desde nuevos enfoques que requieren, asumir al estudiante como protagonista de su aprendizaje enfocándose en el desarrollo de habilidades metacognitivas, haciendo hincapié en el compromiso y la responsabilidad como elemento básico para la formación de su personalidad y su desarrollo académico, conforme a lo señalado por Mariño [8].

Por ello, diferentes autores enfatizan la importancia de incorporar el *programa de tutorías* como estrategia para apoyar el desarrollo de las habilidades y competencias profesionales de los estudiantes y que estos se responsabilicen de su aprendizaje; el tutor por lo tanto debe contar con un conjunto de herramientas de apoyo que le permitan desarrollar actividades concretas capaces de impulsar la independencia y desarrollo formación integral del estudiante con la finalidad de responder a las necesidades que demanda el entorno personal y académico en que se desenvuelve el estudiante.

Lo anterior precisa al tutor a buscar los entornos y contextos adecuados, dependiendo del objetivo que pretenda conseguir o bien para adaptarse a las necesidades del tutorado y a los recursos humanos y tecnológicos disponibles, en este sentido la actividad tutorial puede manejarse de manera directa e individual para favorecer el diálogo y la comunicación interpersonal, también puede ser abordada como un espacio colectivo de comunicación para analizar y discutir temas de interés y tratar situaciones que aquejen a los estudiantes del grupo, es decir puede realizarse de manera individual o grupal, ya sea de manera presencial o virtual, tal como lo señala Figueroa et al [9].

La finalidad de este trabajo, es enriquecer el proceso de acción tutorial mediante la inclusión de actividades directamente vinculadas con el desarrollo de habilidades del pensamiento y métodos de estudio, a través de la incorporación de un diseño instruccional bajo el modelo ADDIE implementado en la plataforma Moodle.

Metodología

Para el desarrollo de este proyecto se realizó una investigación de tipo exploratorio, descriptivo, transversal de corte cualitativo, la población de estudio se conformó con 147 estudiantes de la carrera de Ingeniería en Sistemas Computacionales inscritos en programa institucional de tutorías en el periodo de enero-junio 2020, para calcular el tamaño de la muestra se utilizó la fórmula de determinar el tamaño de la muestra con población conocida; obteniéndose una muestra de 107 estudiantes por muestreo aleatorio simple, con un nivel de confianza del 95% y un porcentaje de error del 5%.

En la implementación de esta propuesta se aplicaron de manera puntual, cada una de las fases propuestas por el modelo instruccional ADDIE (Análisis, Diseño, Desarrollo, Implementación y Evaluación). Para efectos de análisis y desarrollo este proyecto se dividió en dos etapas. En la primera etapa se desarrollaron *las fases de análisis y diseño*, para la segunda etapa de la investigación corresponde a las fases de desarrollo, implementación y evaluación.

Para concretar la **primer etapa** se realizó una investigación documental sobre las estrategias de aprendizaje, dirigidas al procesamiento de la información que les permiten codificar, comprender, retener y reproducir la información y las relacionadas con la planificación, organización, control, supervisión y evaluación del recursos aprendizaje, que ayudan al alumno a adaptarse a las demandas de la tarea y al entorno permitiéndole permiten realizar los cambios en el ambiente con el fin de mejorar las condiciones de estudio para un aprendizaje más autónomo.

Para identificar las *estrategias de aprendizaje* utilizadas por los estudiantes se empleó el ***cuestionario ACRA-Abreviado*** *para alumnos universitarios desarrollado en 2003 por De la Fuente y Justicia* [10]; el cual cuenta con 3 dimensiones que evalúan:

- *Dimensión I. Estrategias cognitivas y de control del aprendizaje constituida por 25 ítems, distribuidos en 6 categorías (*Selección y organización, Subrayado, Conciencia de la funcionalidad de las estrategias, Estrategias de elaboración, Planificación y control de la respuesta durante la evaluación, Repetición y relectura).
- *Dimensión II. Estrategias de apoyo al aprendizaje consta de 14 ítems, organizados en 5 categorías (*Motivación intrínseca, Control de la ansiedad, Control de las condiciones del ambiente de estudio, Apoyo social, Administración del tiempo).
- *Dimensión III. Hábitos de estudio* conformado por 5 ítems los cuales se agrupan en 2 categorías (Comprensión del aprendizaje y Hábitos de estudio).

Se utilizó para la medición de los ítems una escala Likert con cuatro opciones de respuesta: *1) nunca o casi nunca, 2) algunas veces, 3) bastantes veces y 4) siempre o casi siempre.*

La recolección de los datos se realizó por medio una página web a la que se puede acceder a través de la dirección electrónica https://itqtutorias.namsopro.com/es/home, una vez recopilada la información se realizó un análisis estadístico descriptivo ya que se determinaron las frecuencias de uso de las diversas estrategias que son utilizadas por los estudiantes.

Para la *fase de diseño* del modelo también se generaron las técnicas de aprendizaje tomando como referencia, los procesos cognitivos que se llevan a cabo cuando es procesada la información en el cerebro, denominadas estrategias cognitivas de aprendizaje y que se dividen en e*strategias para la adquisición de información, estrategias para codificación de información, estrategias para recuperación de información y estrategias de apoyo al procesamiento de la información*, de acuerdo a la categorización de Román y Gallego [11].

Para el desarrollo de la **segunda etapa** de esta investigación que corresponde a las últimas tres fases del modelo instruccional ADDIE (desarrollo, implantación y evaluación), por ello en la *fase de desarrollo* se identificaron y seleccionaron las herramientas tecnológicas que proporciona *Moodle*, y se configuro el *curso de la etapa 2 de tutorías.*

En la *fase de implementación* se subieron al curso las actividades diseñadas de acuerdo a las necesidades cognitivas identificadas de los estudiantes así como las actividades plateadas en plan de acción tutoral institucional, además se distribuyeron los materiales necesarios para su desarrollo, el cual se encuentra en la liga https://moodle.itq.edu.mx/course/view.php?id=199&section=2, tal y como se muestran en la siguiente figura:



Figura 1. Curso "Fase 2: Tutoría de Formación" en Aula Virtual Moodle Institucional.

Para la *fase de evaluación* se aplicó nuevamente el cuestionario ACRA- para verificar si cambiaron las puntuaciones, siguiendo la metodología antes descrita.

 ISSN 2007-8102

Resultados y discusión

En la parte **primera parte** del proyecto, se realiz0 un análisis descriptivo en las categorías de cada dimensión de acuerdo al promedio su frecuencia de uso en una escala de 100, cuyos resultados se presentan a continuación:

Para la dimensión I que corresponde a las **estrategias cognitivas y de control**, se encontró que el valor más alto referido por los estudiante corresponde a la categoría de *repetición y relectura con una preferencia de uso del 47%*, seguida de la categoría de *subrayado* con frecuencia de uso del 45%, así como la categoría sobre la *conciencia de la funcionalidad de la estrategia* con un 41%, mientras que el porcentaje más bajo con un porcentaje del 31% fue el de la categoría de *planificación y control* como se observa en la figura 2.

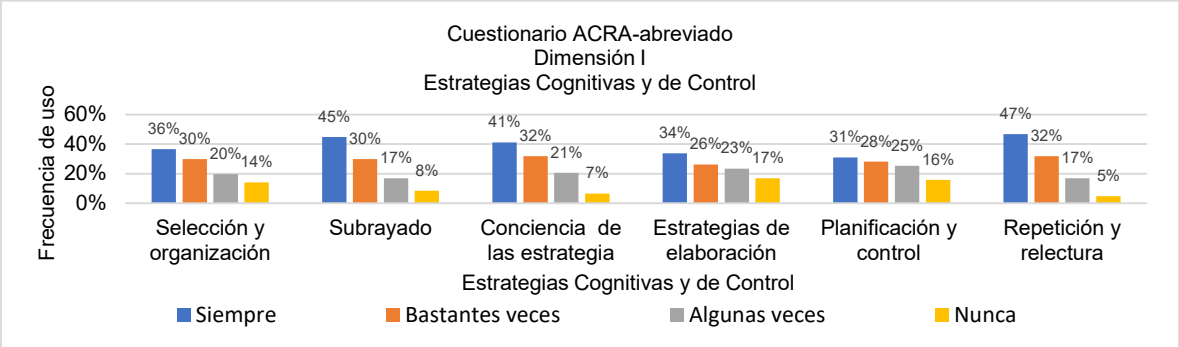


Figura 2. Dimensión I: Estrategias de Cognitivas y de Control.

Con respecto a la dimensión II de **estrategias de apoyo para el aprendizaje**, el valor más alto referido por los estudiante se observó en la categoría de *apoyo social* con una preferencia de uso del 50%, seguida de la categoría de *motivación intrínseca* con frecuencia de uso del 47%, así como la categoría *el control de las condiciones del ambiente de estudio* con un 42%, mientras que el porcentaje más bajo se encontró en la categoría de administración del tiempo con un porcentaje del 33%, como se observa en la figura 3.

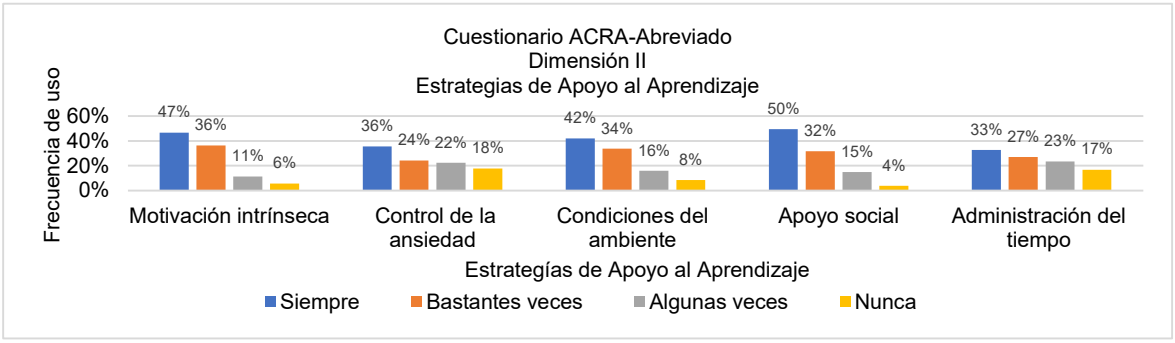


Figura 3. Dimensión II: Estrategias para Apoyo al aprendizaje.

Por su parte en la dimensión III que corresponde a las estrategias de comprensión y **hábitos de estudio** se observó que el valor más alto corresponde con la estrategia de *comprensión de la información y la manera en que lo interioriza a sus conocimientos previos* con un porcentaje del 45% seguida por las estrategias de hábitos de estudio con una preferencia del 39% como se observa en la figura 4.

 ISSN 2007-8102

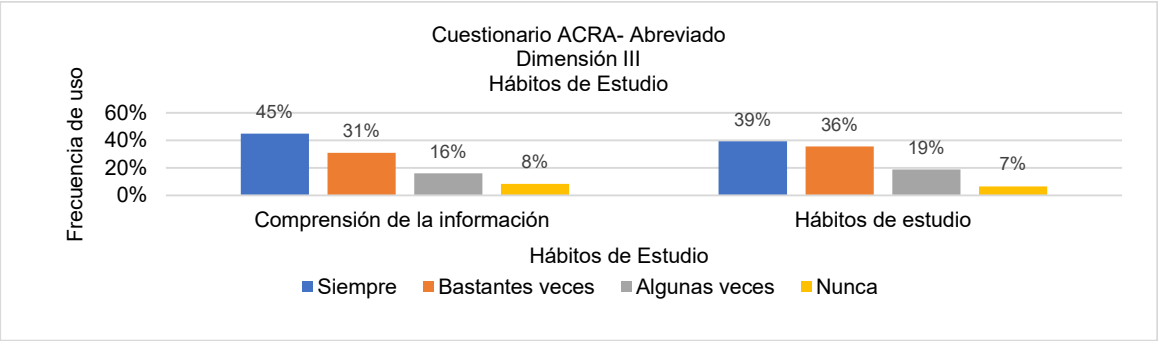


Figura 4. Dimensión III. Hábitos de Estudio.

En el **segunda parte** del proyecto en la *fase de desarrollo* se generaron una serie de actividades de acuerdo al tipo de **estrategias cognitivas** como: *actividades de comprensión lectora, actividades para expresar ideas y pensamientos por escritos, realizar mapa mental, mapa conceptual, esquemas y cuadros comparativos.* A su vez para desarrollar las estrategias de control del aprendizaje o **metacognitivas** se desarrollaron actividades como: *deducir el significado de palabras de acuerdo a su contexto, buscar alternativas diferentes para solucionar un problema y seleccionar la más óptima, ejercicios de autoevaluación, etc.*

En la fase de implementación, se subieron a la plataforma las actividades de aprendizaje que fueron creadas en la fase anterior y se empezó a trabajar con ellas; posteriormente debido a que esta fase coincidió con el periodo de contingencia por COVID-19, se hicieron ajustes a los recursos y a las actividades de aprendizaje para poder trabajar la tutoría en la modalidad en línea, se dieron clases grupales y asesorías individuales por medio de video conferencias.

Al final del curso se aplicó nuevamente el cuestionario ACRA-Abreviado, permitiendo verificar en gran parte, que las puntuaciones de las estrategias de aprendizaje mejoraron después de realizar las actividades propuestas en el curso virtual, encontrándose que las estrategias con mayor incremento fueron la de *selección y organización* con un porcentaje del 4%, seguida por la de *subrayado* con un aumento del 5% como se muestra en la figura 5.

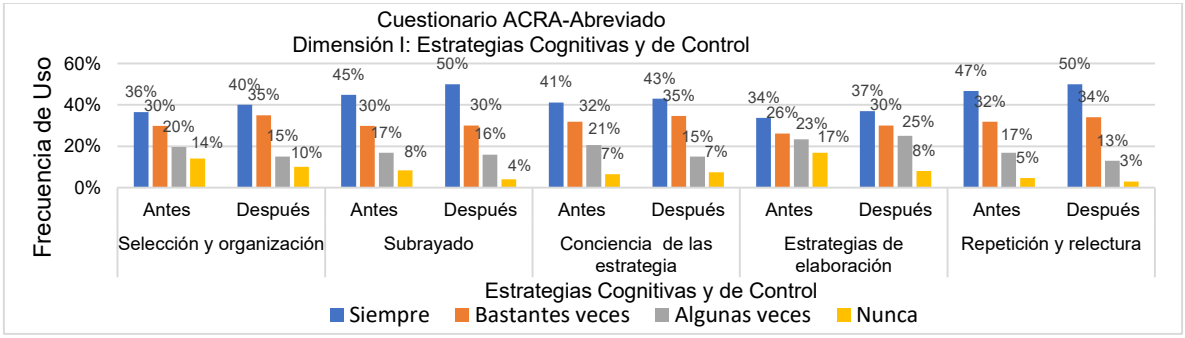


Figura 5. Comparación de los porcentajes en las categorías de la Dimensión I: Estrategias Cognitivas y de Control.

En la dimensión II se observó un incremento en la frecuencia de uso en las categorías de: *motivación intrínseca* del 3%, *control de la ansiedad* con un aumento el 1%, en *condiciones del ambiente* se tuvo un incremento del 4%, mientras que en apoyo social hubo un aumento del 4% y en la de administración del tiempo tuvo un aumento del 7%, como se muestra en la figura 6.

Los incrementos señalados en algunas categorías como *condiciones del ambiente*, pudieran deberse a las recomendación de habilitar un entorno de estudio, así como de contar con los recursos

 ISSN 2007-8102

necesarios para la realización de la tarea; en las estrategias de *apoyo social* se deben a la implementación de actividades de tipo colaborativo así como la creación de grupos de estudio en las materias con mayores así como la asistencia al programa de zorro tutor, mientras que para la estrategia de administración del tiempo se solicitó planificar sus horarios de estudio y una plan de trabajo sobre las materias que les faltan por cursas previendo cualquier eventualidad en su avance curricular.

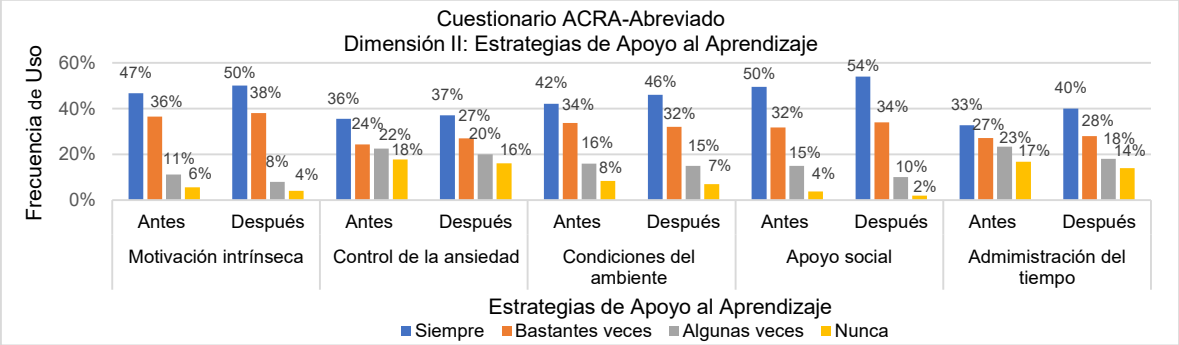


Figura 6. Comparación de los porcentajes en las categorías de la Dimensión II: Estrategias de Apoyo al aprendizaje

Por su parte en el análisis comparativo de las estrategias en la categoría de la dimensión III se observó un incremento significativo en las categorías de comprensión de la información y en los hábitos de estudio como se muestra en la figura 7. Lo anterior derivado de la implementación de actividades para mejorar sus hábitos de estudio como: *hacer un horario de trabajo, repasar los apunto de las materia donde tienen más dificultades*, entre otras.

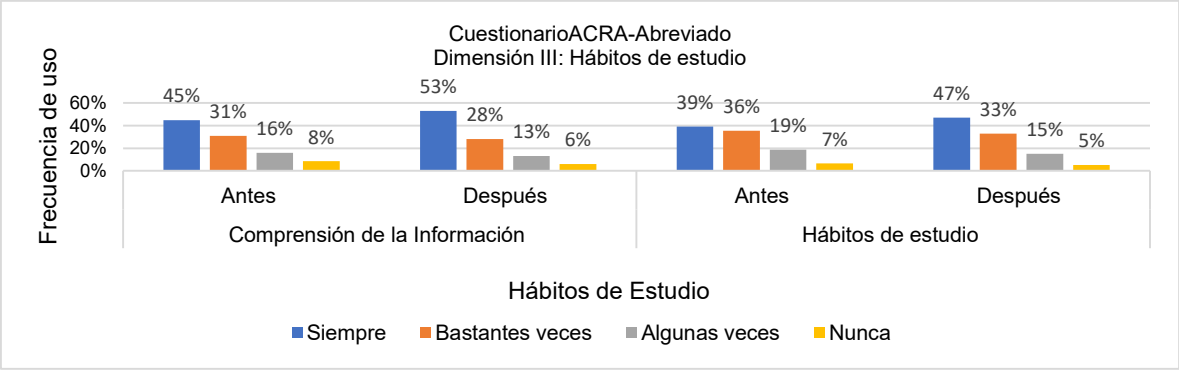


Figura 7. Comparación de los porcentajes en las categorías de la Dimensión III: Hábitos de Estudio

Posterior a la implantación de las estrategias sugeridas se observó que de los 107 estudiantes, 52 estaban cursando examen especial en al menos una asignatura, solo 28 de ellos lograron acreditarla sin ninguna complicación con un 19% del total de la muestra. De los 60 estudiantes que estaban cursando más de una materia en repetición solo 18 de ellos lograron acreditar al menos una de ellas, lo que representa el 30% del total de la muestra.

Trabajo a futuro

Queda pendiente para concluir el proyecto validar el avance y eficacia de cada una de las fases implementadas de acuerdo con la metodología del modelo instrucional ADDIE, por lo que se deben diseñar e incluir cuestionaros de evaluaciones para medir la satisfacción de los usuarios en el uso de las actividades y recursos que se encuentra en curso virtual así como medir el nivel de aprendizaje

alcanzado por los estudiantes y evaluar la pertinencia de las estrategias de aprendizaje implementadas dentro del curso, con la finalidad de realizar los ajustes y correcciones pertinentes en las actividades propuestas en las fases de diseño e implementación del modelo ADDIE.

Conclusiones

Es importante recalcar que, para generar y potenciar las estrategias de aprendizaje de los estudiantes, los tutores deben orientar sus esfuerzos para ayudarlos a desarrollar y aplicar sus *estrategias cognitivas y metacognitivas* en las actividades de clase a través de la verbalización, modelamiento y uso de cada una de las estrategias con el fin de que el estudiante pueda analizar, organizar, mejorar y regular su propio proceso de aprendizaje. Por ello, es necesario una enseñanza enfocada en la generación *estrategias de enseñanza aprendizaje* desafiantes que propicie la reflexión sobre el grado de comprensión del nuevo conocimiento y de las dificultades para realizar una tarea; con la finalidad que los estudiantes conozcan sus capacidades de memoria, atención y a su vez tomen conciencia sobre cómo estudian y cómo se puede mejorar el proceso.

En este sentido el modelo instruccional ADDIE se convierte en una herramienta que permite la selección de recursos, materiales y actividades de enseñanza aprendizaje ya sea en un entorno virtual o presencial de aprendizaje, permitiendo la diversificación de actividades con diferentes niveles de resolución y complejidad que favorezcan el progreso de los estudiantes así como el desarrollo de actividades dirigidas, orientadas al logro, con continuos procesos de evaluación y autoevaluación; ofreciendo espacios para la reflexión individual y conjunta sobre sus procesos cognitivos especialmente en aquellos estudiantes que tienen más dificultades.

Referencias

[1] CACEI. Marco de Referencia 2018 de CACEI en el Contexto Internacional. COPAES (Consejo De Acreditación De Educación Superior. A.C). México. 2017. Recuperado de http://www.cacei.org/docs/marco_ing_2018.pdf.

[2] TecNM. Manual de Lineamientos Académico-Administrativos del Tecnológico Nacional de México, 2015.

[3] J.M, Román, “Procedimiento de aprendizaje autorregulado para universitarios: La estrategia de lectura sognificativa de textos”, *Revista Electrónica de Investigación Psicoeducativa*, 2004, vol. 2, no.1, pp.113-132.

[4] F. Camarero, F. Martin y J. Herrero, “Estilos y estrategias de aprendizaje en estudiantes universitarios”. *Psicothema*, 2000, vol.12, no. 4, pp. 615-62.

[5] F. Cano, y F. Justicia, “Factores académicos, estrategias y estilos de aprendizaje”, *Revista de Psicología General y Aplicada*, 1993, vol 46, no. 1, pp. 89-99.

[6] A. García-Valcárcel y F.J, Tejedor Tejedor, “Percepción de los estudiantes sobre el valor de las TIC en sus estrategias de aprendizaje y su relación con el rendimiento”, *Educación XX1*, 2017, vol 20, no. 2, pp. 137-159: Disponible en: doi: 10.5944/educXX1.13447

[7] I. R. Alvarado, Z. Vega, M. L. Cepeda, y A. E. Del Bosque. “Comparación de estrategias de estudio y autorregulación en universitarios”. *Revista Electrónica de Investigación Educativa,* 2014. Vol 16. no. 1, pp. 137-148. Recuperado de http://redie.uabc.mx/vol16no1/contenido-alvarado-vegaetal.html.

[8] J. Mariño. “Cómo desarrollar la personalidad de los alumnos desde una escuela creativa vivencial”. México: Universidad Pedagógica Nacional Veracruzana, 2012.

[9] G. Figueroa. Tutorial: Panorámica General para una Propuesta Metodológica. (1a.ed.). México: Innovación Editorial Langares de México, 2014.

[10] J. De la Fuentes y F. Justicia, “Escala de Estrategias de Aprendizaje ACRA-Abreviada para Alumnos Universitarios”. *Revista Electrónica de Investigación Psicoeducativa y Psicopedagógica*, Vol. 2, No. 1, 2003.

[11] J.M. Román y S. Gallego, Escala de Estrategias de Aprendizaje, ACRA. Madrid: TEA Ediciones, 1994.

Aplicación de *Design Thinking* en el desarrollo de Recursos Educativos Abiertos, caso *reactiva2*

J. Contreras Ruiz[1], L. M. Chalapud Narváez[2], I. Moreno Hernández[2]*, L.E. Flores Ruiz[3], J. A. Yáñez Figueroa[4]

[1] Departamento de Sistemas y Computación, Tecnológico Nacional de México, campus Orizaba y Facultad de Negocios y Tecnología, Universidad Veracruzana, campus Ixtaczoquitlán
[2]Corporación Universitaria Autónoma del Cauca
[3]Universidad de Xalapa
[4]Universidad del Golfo de México Rectoría Centro, Campus Ciudad Mendoza, Ver.

**jcruiz11@hotmail.com*

***Área de participación**: Investigación educativa*

Resumen

Este artículo aborda el proceso de creación de un Recurso Educativo Abierto (REA) del área de educación física, para el uso de profesores y padres de familia, pero con énfasis en niños de segunda infancia. Dicho REA fue concebido por un equipo binacional multidisciplinario de profesionales colombianos y mexicanos, aplicando el proceso de desarrollo Design Thinking. Se implementó y presentó durante el primer Laboratorio de Innovación "*Desarrollando mi corporeidad*", convocado por la Cátedra UNESCO en Movimiento Educativo Abierto para América Latina del Tecnológico de Monterrey y el Colegio Profesional de Educación Física y Deporte del Estado de Veracruz (COPREFIDE). Obedeció al interés de ofrecer una alternativa para promover hábitos productivos y estilos de vida saludable para contrarrestar algunos problemas provocados por el distanciamiento social a causa de la pandemia provocada por el COVID-19; actualmente dicha plataforma está activa en *http://reactiva2.com* y ha comenzado a emplearse por estudiantes de instituciones colombianas.

***Palabras clave**: Recurso Educativo Abierto, Innovación abierta, Laboratorio de innovación, Design Thinking*

Abstract

This article addresses the process of creating an Open Educational Resource (OER) in the area of physical education, for the use of teachers and parents, but with an emphasis on second childhood children. This OER was conceived by a binational, multidisciplinary team of Colombian and Mexican professionals, applying the Design Thinking development process. It was implemented and presented during the first Innovation Laboratory "Developing my corporeality", convened by the UNESCO Chair in Open Educational Movement for Latin America of the Tecnologico de Monterrey, the Professional College of Physical Education and Sport of the State of Veracruz (COPREFIDE). It was created in order to offer an alternative to promote productive habits and healthy lifestyles and to counteract some of the problems caused by social distancing due to the pandemic caused by COVID-19; currently, said platform is active at http://reactiva2.com and has begun to be used by students from Colombian institutions.

***Key words**: Open Educational Resource, Open innovation, Innovation laboratory, Design Thinking*

 ISSN 2007-8102

Introducción

En las últimas semanas, los casos confirmados y las muertes por COVID-19 se han disparado a nivel mundial y se pronostica que continúen en ascenso en el corto plazo [1]. La pandemia ha sobrepasado los sistemas de salud pública y ha obligado a los gobiernos de los países a tomar medidas para prevenir nuevos contagios; en tal sentido los tres ejemplos son China, Singapur y Japón que por dichas acciones lograron reducir el tiempo de aislamiento social. Por otro lado, en la Figura 1 se presenta un mapa con los casos acumulados de COVID-19, a la fecha del 12 de julio de 2020, en el continente Americano, dando la oportunidad de establecer visualmente un comparativo entre países.

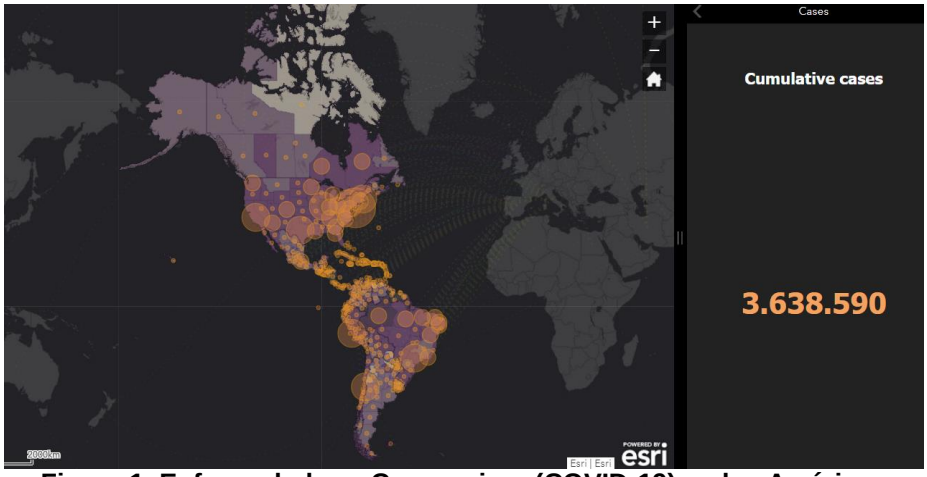


Figura 1. Enfermedad por Coronavirus (COVID-19) en las Américas

Hoy en día, el confinamiento domiciliario y otras medidas como el distanciamiento social y la higiene personal, se consideran clave para la evitar nuevos casos [1], [2]; sin embargo esas medidas no sólo producen beneficios como la disminución de la contaminación del aire [3], como sucedió en China, Italia o Barcelona y que puede favorecer a la reducción de la tasa de transmisión y de mortalidad por COVID-19; sino que también pueden generar nuevos problemas potenciales en la población [1], [4].

Entre esos problemas figuran la recesión económica, la pérdida de empleos, el deterioro de la salud mental, la ansiedad, preocupación y miedos [1], [5], así como la reducción significativa de la actividad física [4]; que [1] se estima ha disminuido entre un 20 y 30% y subraya la importancia de mantenerla para conservar la salud física y mental, por su impacto positivo en el sistema inmunológico, por lo cual recomienda hacer ejercicio en el hogar para mitigar algunos de estos problemas.

Como una iniciativa para atender esos problemas sociales, la Cátedra UNESCO en Movimiento Educativo Abierto para América Latina del Tecnológico de Monterrey, el Colegio Profesional de Educación Física y Deporte del Estado de Veracruz (COPREFIDE) en México, socializaron una convocatoria del Laboratorio de innovación en modalidad virtual para atender distintos aspectos relacionados con la educación física como medio para beneficiar la salud desde el ejercicio, reuniendo cuatro equipos multidisciplinarios de profesionales; entre ellos, el equipo autodenominado *Cuerpo sano, amigos conectados,* quienes dieron origen al presente trabajo.

El mencionado equipo, abordó el problema de la disminución de la actividad física, provocada por la suspensión de clases y el confinamiento domiciliario que el gobierno colombiano estableció, y mediante el aprovechamiento de la tecnología disponible, desarrolló un REA llamado ***reactiva2***, implementado mediante una plataforma digital que se encuentra activa en la URL *http://reactiva2.com* y que ya empiezan a utilizar algunas instituciones educativas colombianas con escolares de segunda infancia, a diferencia de lo propuesto por Arboleda, Montes, Correa y Arias, [6], de iniciar las pruebas piloto en instituciones de educación superior.

El desarrollo del REA, se llevó a cabo en quince días, aplicando el método *Design Thinking [6]*, utilizando técnicas y herramientas administrativas y de la ingeniería de software. Se aprovecharon las redes sociales para difundir y probar el REA en un breve pilotaje que retroalimentó al equipo de desarrollo. Se usaron videos cortos tipo TikTok ©, para grabar las diferentes actividades a realizar por los infantes, de modo que resultaran innovadoras y divertidas, además de poderlas compartir desde la citada aplicación.

Marco referencial

Cuando se presenta una condición de aislamiento social como el que vivimos por la actual pandemia de COVID-19, las personas en general tienden a experimentar trastornos de la salud mental así como problemas de concentración y cambios en los hábitos del sueño [5], que son provocados por múltiples factores, como el estado actual de salud, las consecuencias laborales, la incertidumbre y la soledad por la falta de interacción social; así mismo, la Sociedad Española de Psiquiatría (SSP, por sus siglas en inglés: Spanish Society of Psychiatry) propone algunos consejos para afrontar el distanciamiento social y el cambio en los ritmos habituales de vida que se ven alterados [7].

En consonancia con lo anterior una pandemia es una oportunidad, a pesar de ideologías y credos [5] para demostrar principios universales como: justicia, solidaridad, equidad, transparencia y reciprocidad [2]; por lo tanto se decidió ayudar a los niños de segunda infancia a realizar en casa actividades físicas de una manera innovadora y divertida; pero siempre cuidando que los contenidos propuestos, sean acordes a su edad y no les representen riesgo de sufrir lesión alguna.

Para beneficiar a los niños a superar los problemas planteados, la SSP recomienda relajar su cuerpo mediante técnicas de respiración profunda, meditación y relajación, o participar en actividades que le diviertan; de igual manera, sugieren hacer ejercicio en casa para mantenerlos en forma y disminuir la tensión, mencionando que Internet ofrece un sinfín de recursos para aprender y practicar muchas de estas estrategias [7] por ello, el equipo de *Cuerpo sano, amigos conectados,* decidió utilizar las plataformas que se mencionan a lo largo del artículo.

Recursos Educativos Abiertos (REAs)

Las Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC), han sido utilizadas a nivel mundial, aplicándose en diversos campos; entre ellos la educación, que pretende lograr un desarrollo justo y equitativo del ser humano, como la vía para mejorar la calidad de vida; sin embargo, debe tenerse en cuenta la necesidad de contar con metodologías que relacionen adecuadamente las TIC con los procesos pedagógicos y didácticos [8]. En tal sentido, con la Acción en la educación como método de trabajo permitió al equipo de colaborar de forma libre a partir de la atención de los problemas mencionados, siendo la promoción y creación de REAs desde el enfoque de la innovación abierta para la contribución de la ciencia y la tecnología hacia el desarrollo sostenible de la labor docente a distancia, desde la experimentación y la innovación educativa.

El Movimiento Educativo Abierto para América Latina de la Cátedra UNESCO-ICDE [9], nació en el año 2014 con el propósito de reducir la brecha educativa en los ámbitos de la enseñanza y formación docente; por lo que en apoyo del segundo de sus objetivos específicos: promover la integración de redes de colaboración latinoamericanas para usar y producir recursos educativos abiertos (REA) reduciendo la brecha educativa, se estableció la viabilidad de emprender el proyecto de ***reactiva2***, así como en el en el Marco de los Objetivos de Desarrollo Sostenible de la UNESCO: 3: Salud y bienestar; 4: Educación de calidad; 16: Paz, Justicia e Instituciones Sólidas.

La granularidad de los REAs puede ser variada, ya que un REA puede ser un curso, un libro completo o bien materiales individuales, e incluso un solo objeto de aprendizaje; aunque para la Fundación William y Flora Hewlett, se entienden de dominio público o pueden corresponder a cursos completos, módulos y materiales de cursos, libros, videos, exámenes, software y cualquier otra herramienta o técnica que apoye el acceso al conocimiento [9].

Los educadores han puesto en juego el uso de la tecnología en los procesos de aprendizaje, han gestionado la formación para el uso de recursos tecnológicos, así como de las bases de la didáctica y su aplicación en la enseñanza; en ese sentido, suelen incluir REAs en su práctica docente para cumplir sus compromisos institucionales; sin embargo, el desarrollo de los mismos, se hace intuitivamente, con conocimientos limitados y aplicando juicios personales; por lo tanto se carece de criterios definidos para su valoración. A pesar de lo anterior, Contreras y Gómez [10] dicen que desde las experiencias y consideraciones personales de los docentes, se aportan elementos para definir maneras eficaces de implementar y desarrollar estos tipos de recursos a partir de lo estructural, funcional, mediático y contenidos.

Ahora bien, considerando que un REA puede ser de naturaleza digital, es de esperar que su espacio vital se encuentre principalmente en las redes de Internet; situación que coadyuva a lograr una difusión global por su inmediata movilidad en el ciberespacio. Existe evidencia de desarrollo de recursos educativos digitales, que han

tardado meses en ser desarrollados por equipos de profesores y especialistas, utilizando medios digitales de la comunicación para superar las barreras geográficas [11].

Innovación Abierta

La aproximación abierta hacia la innovación, necesita asociaciones sistémicas de sus capacidades dinámicas para integrar, construir y reconfigurar las competencias internas y externas para superar los retos del entorno competitivo. En ese sentido en la Tabla 1 se presentan los factores de éxito, agrupados en cuatro categorías [12].

Tabla 1. Factores de éxito de la innovación abierta. Nota. Modificada de Bravo et al. (2014)

Dimensión	Factores de éxito
Liderazgo	Apoyo de los altos mandos en el proceso de implementación de la innovación
	Cambios motivados desde la dirección de la organización
	Estudio continuo de las fuentes de conocimiento
	Participación permanente de los directivos en el proceso de innovación
Misión, metas y estrategia	Alineación de los procesos con la estrategia de la organización
	Socialización de la estrategia dentro de la organización
	Sensibilizar a los colaboradores sobre la operatividad del enfoque abierto
	Compartir al interior de la organización historias de éxitos obtenidos de la innovación abierta
	Definir roles y expectativas del enfoque de innovación abierta
	Actualizar la estrategia para hacerla consistente con la misión, visión y objetivos establecidos para la innovación
	Incluir la innovación abierta en las iniciativas derivadas de la planeación estratégica de la organización
Asignación de recursos	El financiamiento para la generación de cada iniciativa, debe ser suficiente
Aprendizaje organizacional y gestión del conocimiento	Capacidad de absorción
	Capacidad de uso de tecnologías de comunicación
	Capacidad de asociación / Establecimiento de redes
	Capacidad de multiplicación
	Desarrollo de los empleados
	Capacidad de experimentación para realizar adaptaciones y ajustes

Por otro lado, en el ámbito educativo, las alianzas entre los distintos grupos de interés, propicia la oportunidad de reproducir modelos de innovación abierta, constituyéndolos en una herramienta de mejora que a su vez genera nuevo conocimiento e innovación; donde los entornos virtuales resultan los medios idóneos para ello [13], dado que permiten la comunicación bidireccional y la innovación colaborativa, convirtiéndose en una herramienta estratégica para generar relaciones entre dichos entornos educativos y otros grupos de interés.

Laboratorios de Innovación Abierta

A lo largo del tiempo se han propuesto diferentes términos para referirse a esas experiencias; entre los nombres para denominarlos, están: laboratorios ciudadanos, laboratorios abiertos, laboratorios vivos o laboratorios comunitarios. Recientemente los laboratorios corresponden a iniciativas de participación ciudadana, empleando la tecnología digital para conectarse y colaborar [14].

En los actuales sistemas de innovación emergentes de cuádruple hélice, permea un creciente número de actores, comunidades de innovación y ciudadanos que conforman un sistema más complejo y abierto que los anteriores; [15] indican que el proyecto finlandés CLIQ (Creating Local Innovation Through Quadruple Helix), ha sido pionero en la socialización del término. En estudios recientes se expone que quienes participan en estas iniciativas, son gente joven y preparada para estar conectada a la red de Internet, y que producen ciertos cambios culturales, tendientes a la colaboración y a la co-creación de contenidos desde el networking -trabajo en red- [15].

En los últimos cinco años, en la Sociedad del Conocimiento, surgen los llamados Laboratorio de Innovación Social (SIL, por sus siglas en inglés: Social Innovation Labs), a diferencia de los anteriores, destacan porque el objetivo de la colaboración y co-creación de nuevas soluciones a problemas comunes de los participantes [6] y se organizan en modelos de redes [de colaboración] horizontales, donde está presente la interdisciplinariedad y el uso colaborativo de la tecnología [14] [6] buscando escalar los resultados locales a los ámbitos globales.

Design Thinking

Brown identifica tres fases en el funcionamiento del pensamiento de diseño, que no necesariamente son secuenciales [16]; dichas fases corresponden a Inspiración, Ideación e Implementación; Cada una de las fases, tiene diversas actividades a realizar: *Inspiration*, requiere establecer el éxito esperado; requiere conocer los

recursos necesarios para la implementación; *Ideation*, corresponde a la generación de ideas, a través de diversas técnicas, como el brain storming; e *Implementation*, requiere ejecutar la visión, para lograr su materialización.

Design Thinking es un proceso adaptable a diversas de áreas y aplicaciones; sus principales etapas son: definir, investigar, idear, prototipar, seleccionar, implementar y aprender; estas etapas no son lineales, pues pueden ocurrir incluso de manera simultánea y pueden repetirse como parte de un proceso iterativo [17]. En cuanto al desarrollo del prototipo y su carácter desechable, cabe resaltar que en el caso de ***reactiva2***, dadas las limitaciones de tiempo principalmente, el desarrollo se continuó sobre el producto resultante, sin desecharlo como recomienda Brooks [18].

Design Thinking integra aportaciones de expertos en diferentes ámbitos, que confluyeron para conformar una sólida metodología para la solución de problemas complejos, que se ha aplicado a lo largo del tiempo en la industria, la ciencia, la tecnología e incluso en la sociedad, dando como resultado la incorporación de herramientas diversas para cada una de sus etapas. Un ejemplo de su aplicación en el área del software, lo proponen Challiol, Borrelli, Goin, Rouaux, Mendiburu, Gomez y Gordillo [19]; por otro lado, en una aplicación orientada al aprendizaje, Magro y Carrascal presentan su experiencia en una escuela multigrado en México [20].

Metodología

Como parte de la dinámica del Laboratorio de innovación "Desarrollando mi corporeidad", se establecieron tres actividades generales; el uso de un cuaderno de Laboratorio o *"Diario de campo"*, la participación en videoconferencias dictados por expertos a los temas afines, y la asignación de roles particulares en cada equipo. El promotor, representaría al equipo y se encargaría de coordinar el trabajo al interior; el mentor establecería la estrategia de trabajo y se coordinaría con el promotor; el secretario documentaría las incidencias.

La promotora del equipo, creó un grupo de WhatsApp, llamado: "Cuerpo sano, amigos conectados", donde cada integrante indicó su perfil profesional y las aportaciones que pretendía hacer al equipo durante el proyecto. Con esa información se estableció el diagnóstico inicial del equipo, necesario para establecer la estrategia a seguir.

Se aplicaron algunas técnicas y herramientas propias del campo del Laboratorio para apoyar el trabajo; evitando el uso de tecnicismos; para que las actividades fluyeran naturalmente en el equipo. En ese sentido, el proceso de desarrollo, se estableció tomando en cuenta la visión del mentor, basada en cuatro fases: diagnóstico del equipo, fundamentación estratégica, fijación de objetivos y aplicación de *Design Thinking* y sus tres principios fundamentales: la empatía, la colaboración y la experimentación.

Fase I. Diagnóstico del equipo

Con la información inicial, se elaboró un análisis FODA del equipo, que se presenta en la Tabla 2, del que se resalta el liderazgo natural de la promotora y las posiciones de poder en la toma de decisiones de dos integrantes, así como el compromiso de todo el equipo; lo que abrió una gran ventana de oportunidad para trabajar con la confianza puesta cada uno de los colaboradores.

Tabla 2. Análisis FODA del equipo

Fortalezas	Liderazgo	Especialistas de la actividad física
	Posiciones de poder	Trabajo bajo presión
	Compromiso	Manejo de las TIC
	Múltiples perfiles profesionales	Experiencia en las áreas relevantes al proyecto
	Relaciones fuertes con otros actores	Manejo del estrés
	Responsabilidad	Manejo de tecnologías de desarrollo Web
Debilidades	Tiempo limitado de duración del laboratorio	Primera participación en laboratorios de innovación
	Poco tiempo de dedicación al proyecto por parte de algunos integrantes	Poca experiencia en el uso de las plataformas empleadas
Oportunidades	Tecnología disponible	Espacio virtual adecuado para el proyecto
	Apoyo de expertos	Condiciones de distanciamiento social
	Esquemas laborales de "home office"	Infantes dispuestos de realizar actividad física
	Suficiente soporte documental	
Amenazas	Actividades personales/laborales urgentes	Posibles fallas tecnológicas
	Afectaciones del tiempo atmosférico a las TICS	

Fase II. Fundamentación estratégica

Se identificaron los fundamentos estratégicos del equipo recién formado a través de la la participación de todos los integrantes; asumiendo como:

Visión.
Se pretende que ***reactiva2*** será en el año 2025 una plataforma web reconocida a nivel nacional e internacional por su liderazgo en la creación de Recursos Educativos Abiertos en el campo del deporte y la actividad física, proyectados a los diferentes grupos poblacionales.

Misión.
Somos un equipo interdisciplinario en las Ciencias aplicadas al deporte y la actividad física que genera recursos educativos abiertos de actividad física lúdica, estilos de vida saludable y hábitos productivos, durante el confinamiento. Proporcionamos contenido didáctico y dinámico por medio de nuestra plataforma web para un público objetivo de niños entre 6 y 11 años de edad.

Valores y principios.
Pasión, Compromiso, Cooperación, Colaboración, Honestidad, Responsabilidad, Empatía, Creatividad, Asertividad, Innovación, Emprendimiento y Profesionalismo.

Fase III. Fijación de objetivos
Crear una plataforma virtual con una interfaz dinámica de aprendizaje, con Recursos Educativos Abiertos de educación física y actividad física en tiempos de confinamiento por COVID-19 para estudiantes de Educación Básica del Nivel de Primaria.

Fase IV. Aplicación de Design Thinking
Se aplicaron las siguientes fases de *Design Thinking*:

Empatiza, esta primera fase permitió conocer lo relacionado con el público objetivo del desarrollo; para ello se recurrió a la experiencia de cada uno de los participantes, a lo expresado por los niños de segunda infancia y se propuso el uso de un mapa de empatía [21] para capturar el conocimiento más relevante, otro elemento importante, fue la observación de las conductas de los niños.

Define, permitió a los miembros del equipo, establecer el alcance del proyecto y fijar el foco en lo que se deseaba realizar durante el proyecto; para ello se llevaron a cabo reuniones de trabajo, con la participación activa de los integrantes, donde se discutieron los patrones de comportamiento de los niños en situación de confinamiento y los efectos que a su alrededor se provocaban, de este modo se identificó el dominio del problema.

Idea, corresponde a una fase creativa que invita a “pensar fuera de la caja”; sin poner restricciones que limiten el planteamiento de las ideas; la técnica utilizada fue mediante reuniones virtuales, donde se expusieron las propuestas imaginadas para atender el problema; posteriormente se consensó como solución el desarrollo de una aplicación web de libre acceso con diversos apartados presentados de manera dinámica y accesible para los niños.

Prototipa, a partir de la idea consensada de la solución, se realizó un prototipo no funcional, que pudiera mostrar las ideas concebidas en la fase anterior; además, uno de los especialistas en actividad física, grabó un video de corta duración, tipo Tik Tok ®, donde plantea un primer ejercicio para los niños, utilizando 4 cuadrantes en el piso.

Prueba. El prototipo no funcional, se probó, abriendo el código fuente en dos navegadores de Internet; posteriormente, se puso a prueba el primer video para ejercitarse estableciendo una notación para representar gráficamente los desplazamientos en una cuadrícula, tal como se observa en la Figura 2

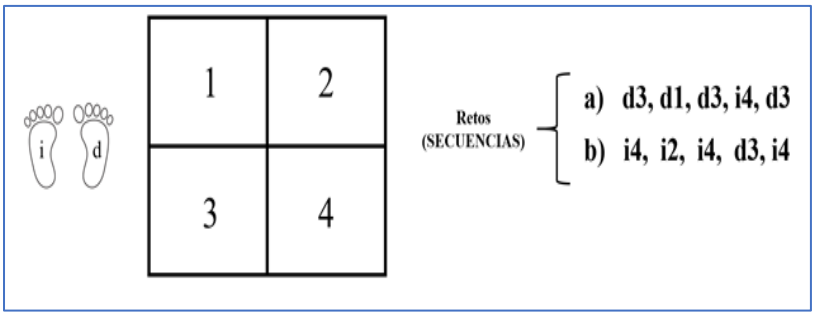


Figura 2. Ejemplo de un ejercicio descrito

 ISSN 2007-8102

Se estableció un proceso iterativo, donde la retroalimentación se constituyó en elemento de mejora para el prototipo funcional, que incluye: Hábitos productivos, ejercicios físicos, actividades lúdicas y estilos de vida saludables.

Resultados y discusión

El logo, sintetiza dos de los pilares del REA, *las manos* y *los pies* necesarios para producir movimiento, las manos se relacionan con el hacer, y los pies con el avanzar en su proyecto de formación personal integral. Los colores son primarios por ser fáciles de identificar y se relacionan con la diversidad. En la Figura 3, se presentan el nombre y el logo de ***reactiva2***.

Figura 3. Logo de *reactiva2*

El nombre, está compuesto de tres elementos; el prefijo *rea* hace alusión a la abreviatura de "Recurso Educativo Abierto"; *activa*, invoca el movimiento y al unirse al prefijo rea, conforma el componente *reactiva*, el cual busca transmitir la "reacción en cadena" que se quiere producir con los retos (tendencia), y el número *2* finaliza y completa el nombre, indicando la pluralidad que nos ocupa; es decir que "soy, si somos".

La aplicación, en la Figura 4, se presenta la interfaz de ***reactiva2***, hospedada en: http://reactiva2.com, implementada en una aplicación web; un prototipo funcional, que ya se utiliza en dos instituciones educativas colombianas.



Figura 4. Interfaz de reactiva2

Trabajo a futuro

En el corto plazo, se requiere fortalecer la base de conocimiento teórico que sustente nuevas actividades a incluir en la plataforma [22] para después proponer un programa de difusión que genere tendencias en beneficio de los niños [23]; además requiere del soporte pedagógico y andragógico para apoyar a docentes y padres de familia. Finalmente se deberán evaluar los beneficios en su población objetivo.

Conclusiones o reflexiones finales

Dados los resultados obtenidos, queda demostrado que el trabajo a distancia, en equipos interdisciplinarios, puede llevarse a cabo mediante el *Design Thinking*; por lo que se identifica un campo más de aplicación para el mismo. Se asume como cierta la premisa de que los tiempos de crisis, son una oportunidad para innovar en la solución de problemas globales; aún dentro del reducido espectro de nuestras posibilidades.

Referencias

[1] Nieuwenhuijsen, M. (2020). COVID-19 en las ciudades: ¿Cómo está afectando la pandemia a la salud pública? Instituto de Salud Global de Barcelona. Documento consultado en línea el día 12 de junio de 2020, a las 21:25 horas, desde: https://www.isglobal.org/healthisglobal/-/custom-blog-portlet/covid-19-en-las-ciudades-como-esta-afectando-la-pandemia-a-la-salud-urbana-/4735173/0
[2] Arias-Bohigas, Pedro. (2009). La ética durante las crisis sanitarias: a propósito de la pandemia por el virus H1N1. Revista Española de Salud Pública, 83(4), pp.489-491.
[3] Villamil, L. (2013). Epidemias y pandemias: una realidad para el siglo XXI. Un mundo y una salud. Revista Lasallista de Investigación, 10(1), 7-8.[fecha de Consulta 12 de Agosto de 2020]. ISSN: 1794-4449. Disponible en: https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=695/69528079001
[4] Organización Mundial de la Salud (2020). #SanosEnCasa. Documento consultado en línea el día 13 de junio de 2020 a las 11:33 horas, desde: https://www.who.int/es
[5] Prieto, O. y Robin, G. (2020). Más allá de las pandemias. Revista colombiana de cirugía. Vol. 35, pp 141 -142
[6] Arboleda, C.; Montes, J.; Correa, C.; Arias, C. (2019). Laboratorios de innovación social, como estrategia para el fortalecimiento de la participación ciudadana. Revista de Ciencias Sociales (Ve), vol. XXV, núm. 3, Universidad del Zulia, Venezuela. Disponible en: http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=28060161009
[7] Sociedad Española de Psiquiatría (2020). Cuide su salud mental durante la cuarentena por coronavirus. Documento consultado en línea el día 10, a las 23:12 horas, desde: http://www.sepsiq.org/file/InformacionSM/SEP%20COVID19-Salud%20Mental%20Cuarentena.pdf
[8] Pazos, O.; Tenorio, G.; Ramírez, M. (2015). Atributos de la innovación en el marco del movimiento educativo abierto para desarrollar competencias matemáticas. Actualidades investigativas en educación. Vol. 15, núm. 3, pp. 1-24
[9] Tovar, D.; López, A. y Ramírez, M. (2014). Estrategias de comunicación para potenciar el uso de Recursos Educativos Abiertos (REA) a través de repositorios y metaconectores. INNOVAR. Revista de Ciencias Administrativas y Sociales, vol. 24, núm. 52, pp. 67-78
[10] Contreras, F.; Gómez, M. (2017). Apropiación tecnológica para la incorporación efectiva de recursos educativos abiertos. Apertura, vol. 9, núm. 1. Disponible en: http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=68851069003 DOI: 10.18381/Ap.v9n1.1028
[11] Prieto, M.; Bermón, L.; Ramírez, L. (2019). Diseño, desarrollo y evaluación de un recurso educativo digital para la introducción a la Administración de Sistemas Informáticos. Revista Virtual Universidad Católica del Norte, núm. 56, pp. 31-51
[12] Bravo, E. León, A y Serrano, C. Explorando las principales ventajas y factores de éxito de la innovación abierta en las organizaciones. Entramado, vol. 10, núm. 2, pp. 44-59
[13] Iglesias, P., de las Heras, C. y Jambrino, c. (2015). Innovación abierta en entornos educativos. Opción. Vol. 31, núm. 4, pp. 602-616
[14] Yáñez, J.; Ramírez, M.; García, F. (2016). Open innovation laboratories for social modeling sustainable society sensitive to social needs. Fourth International Conference on Technological Ecosystems for Enhancing Multiculturality – TEEM'16. ACM 978-1-4503-4747-1/16/11 DOI: http://dx.doi.org/10.1145/3012430.3012659
[15] Schiavo, E. y Serra, A. (2013). Laboratorios ciudadanos e innovación abierta en los sistemas CTS del siglo XXI. Una mirada desde Iberoamérica. Revista Iberoamericana de Ciencia, Tecnología y Sociedad - CTS, vol. 8, núm. 23, pp.115-121
[16] Brown, T. (2008). Brown, t. (2008). Design thinking. Harvard Business Review. Pp. 84-92
[17] Redante, R.; Fritz, L.; y Fleith, J. (2019). Design Thinking e Abordagem das Capacitações: Uma Proposta de Integração Desenvolvimento em Questão, vol. 17, núm. 47, pp. 46-61. Documento consultado en línea desde: http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=75259282006
[18] Pressman, R. (2010). Ingeniería de software un enfoque práctico. 7ª. Edición. McGrawh Hill, México.
[19] Challiol, C.; Borrelli, F.; Goin, F.; Rouaux, C.; Mendiburu, F.; Gomez, E.; Gordillo, S. (2020). Co-diseño in-situ de Juegos Móviles usando una aproximación con recursos de Design Thinking. Enfoque UTE, vol. 11, núm. 1, pp. 1-14
[20] Magro, M. y Carrascal, S. (2019). El Design Thiking como recurso y metodología para la alfabetización visual y el aprendizaje visual en preescolares de escuelas multigrado de México. Vivat Academia, núm. 146, pp. 1-23
[21] Castillo, M.; Alvarez, A. y Cabana, R. (2014). Design thinking: como guiar a estudiantes, emprendedores y empresarios en su aplicación. Ingeniería Industrial, vol. XXXV, núm. 3, pp. 301-311
[22] Colectivo de Educación Infantil y TIC. (2014). Recursos educativos digitales para la educación infantil (REDEI). Zona Próxima, núm. 20, pp. 1-21
[23] Tirado, F. y Cañada, J. (2011). Epidemias, un nuevo objeto sociotécnico. Convergencia Revista de Ciencias Sociales. pp. 133-156.

Efecto del proceso educativo virtual para docentes y alumnos en la UT de Nogales, Sonora

V.A. Romo García[1], S. Torres Alvarez[1], P.V. Prado Martinez[1]*, J. Norzagaray Duarte[2]

[1]Carrera de Mantenimiento Industrial y Energías Renovables, Universidad Tecnológica de Nogales, Sonora (UTN). Avenida Universidad No. 271, Col Universitaria, C.P. 84084, Nogales, Sonora, México
[2]Apoyo Psicopedagógico, Universidad Tecnológica de Nogales, Sonora (UTN). Avenida Universidad No. 271, Col Universitaria, C.P. 84084, Nogales, Sonora, México.
*veronicaromo@utnogales.edu.mx

***Área de participación**: Investigación Educativa*

Resumen

Con la llegada de COVID-19 a México y en particular a Nogales, Sonora, el día 16 de marzo de 2020, la Universidad Tecnológica de Nogales, Sonora (UTN), suspende actividades presenciales acatando las medidas establecidas por los gobiernos, generando condiciones de incertidumbre y descontrol en las diferentes carreras que oferta esta Institución.

Siendo el inicio de la transición de una educación completamente presencial a una virtual, generando la necesidad en maestros y alumnos de adaptarse a esta modalidad de aprendizaje, aun cuando en algunos casos no se tiene el conocimiento suficiente en el uso de las herramientas tecnológicas. El presente estudio se basa en la aplicación de una encuesta seccionada, donde se busca obtener la información de los efectos y consecuencias, antes y después de las condiciones reales para hacer frente a esta pandemia, encontrando que la educación presencial es más beneficiosa para el proceso enseñanza-aprendizaje en UTN.

***Palabras clave**: Covid-19, Educación Virtual, Tecnología, Desempeño educativo.*

Abstract

With the arrival of COVID-19 in Mexico and in particular in Nogales, Sonora, on March 16, 2020, the Technological University of Nogales, Sonora (UTN), suspends face-to-face activities in compliance with the measures established by the governments, generating conditions of uncertainty and lack of control in the different careers offered by this Institution.

Beginning the transition from a completely face-to-face to a virtual education, generating the need for teachers and students to adapt to this type of learning, even when in some cases there is insufficient knowledge in the use of technological tools. This study is based on the application of a sectioned survey to obtain information on the effects and consequences, before and after the actual conditions to cope with this pandemic. Discovering face-to-face education is more beneficial for the teaching-learning process at UTN.

***Key words**: COVID-19, Virtual Education, Technology, Educational Performance.*

Introducción

A finales del año 2019, en Wuhan, China, se presentaron distintos casos de neumonía atípica provocados por un virus que, hasta ese momento, nadie conocía, el virus del Síndrome Respiratorio Agudo Grave – Coronavirus 2 (SARS-CoV2, por sus siglas en inglés) [1], que provoca la Enfermedad por Coronavirus (COVID-19) [2]. Este virus se expandió rápidamente a través del país asiático y finalmente se declaró como pandemia en el mes de marzo de 2020, por la Organización Mundial de la Salud (OMS) [3], emitiéndose una serie de recomendaciones para frenar la diseminación, debido

 ISSN 2007-8102

a la facilidad de contagio del nuevo virus, y a la manifestación grave de la enfermedad, que incluso puede provocar la muerte en personas con afecciones como hipertensión, diabetes, obesidad, cáncer, entre otras. Por tal motivo, en distintos países se tomaron acciones de acuerdo a sus necesidades y en México se aplicaron medidas de distanciamiento social, a través del cierre de actividades que no representaban una necesidad esencial para la población o que se podían llevar a cabo a distancia, siendo una de ellas las clases presenciales, dejando alrededor de 37 millones de estudiantes en casa, con clases virtuales [4].

La educación presencial es predominante alrededor del mundo, debido al impacto en el proceso enseñanza-aprendizaje dentro de las aulas, tal como lo plantea Candela [5] “La forma en que el conocimiento se presenta, se recibe y se comparte, se discute, se limita y controla, se comprende o se comprende mal, está en función de los procesos que se establecen en el salón de clase, de la forma en cómo la dinámica maestro-alumno-conocimiento interactúan como elementos de la situación didáctica dentro del aula.” (Figura 1). La educación virtual es considerada como una modalidad que asume la educación trasnacional producto de la globalización. De tal forma, que es vista como “el resultado de las nuevas tecnologías de comunicación e información digitales y la creación de los sistemas de acceso a la red” [6]. Existen diferencias entre los conceptos de educación virtual, en línea y a distancia, para fines de este artículo se considerará el término educación virtual o clases virtuales como la metodología que se aplicó en la Universidad para dar continuidad al proceso de enseñanza, en donde se utilizan herramientas tecnológicas síncronas y asíncronas.

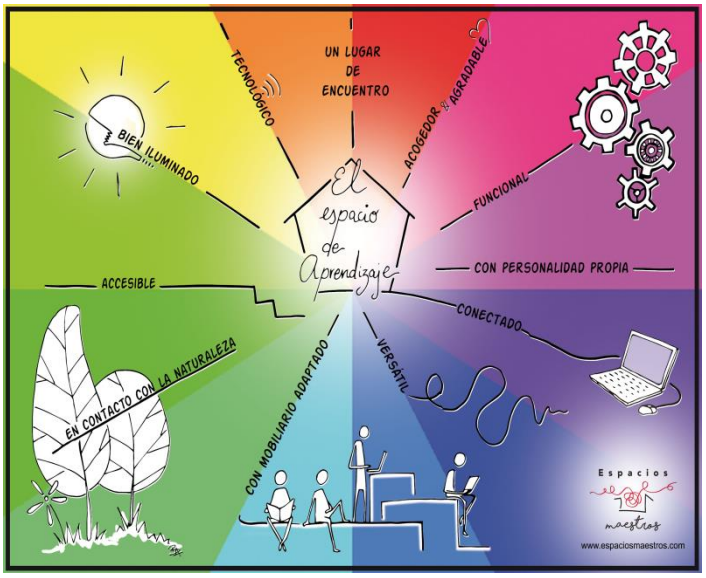


Figura 1. El espacio de aprendizaje ideal según el artículo [5].

Aunque las distintas modalidades educativas han estado presentes en la educación en general, la situación mundial ameritó que las autoridades de la Universidad Tecnológica de Nogales, Sonora, cerraran sus aulas, para dar paso a otras alternativas de educación, utilizando múltiples herramientas tecnológicas disponibles para llevar a cabo el proceso de enseñanza-aprendizaje. Esto sucedió de una manera inesperada, y con poca oportunidad de planeación causando un gran impacto en la población estudiantil y docente, lo cual se manifiesta en este estudio, donde se hace una comparación entre la capacidad tecnológica inicial y posterior a tres meses de haber incursionado en la educación virtual y en línea, así como la salud emocional provocada por el confinamiento y las situaciones que se viven día a día. Por tanto, este estudio se hace con el objetivo de conocer las situaciones iniciales, actuales y acciones futuras que resultaran como efecto de la educación virtual y en línea ofrecida por la UTN, específicamente para alumnos y maestros de las carreras de Mantenimiento Industrial (MI) y Energías Renovables (ER).

 ISSN 2007-8102

Metodología

Desarrollo de encuestas

Con este estudio se pretende conocer el impacto que tuvo el cambio de clases presenciales a clases virtuales, debido a las medidas de confinamiento tomadas por el gobierno del país, en alumnos y maestros de UTN. Se diseñó una encuesta seccionada, por parte del equipo de investigación, planteando una serie de preguntas que permitiera conocer la situación inicial y actual de los involucrados, siendo 20 las preguntas que se consideró que podrían arrojar dicha información, ya que se validó la encuesta aplicándola a 20 alumnos, obteniendo las respuestas que permitieron continuar con la investigación. Esta herramienta se dividió en tres partes y finalmente se consideró una muestra de 122 estudiantes, que representan el 85%, y 19 maestros, que representan el 66%, de las carreras de MI y ER de UTN, tanto al nivel de Técnico Superior Universitario (TSU) como Ingeniería. Se tiene conocimiento de que los alumnos tienen Internet ya que han estado asistiendo a sus clases virtuales, ya que es un requisito para la realización de las actividades escolares. Por lo tanto, se decidió desarrollar un formulario en *google forms*, con las preguntas, éste se duplicó y se compartió un enlace con los alumnos y otro con los maestros.

Las secciones fueron las siguientes:

Sección 1. Al Inicio de la Pandemia: Esta se centró en conocer los recursos tecnológicos con los que contaban las personas cuando se realizó la transición a educación virtual, es decir, al declarar el cese de actividades escolares por parte de las autoridades pertinentes, además de conocer la situación por la que pasaron los maestros y alumnos y las reacciones que estos tuvieron.

Sección 2. Actualmente: Con estas preguntas se pudo saber la situación que actualmente se vive, en cuanto a las herramientas tecnológicas, las horas de trabajo dedicadas por parte de los alumnos, la adquisición de equipo para un mejor aprovechamiento de las clases virtuales y la percepción del rendimiento, comparado con el sistema presencial.

Sección 3. Salud Emocional: Que consta de preguntas con las que se obtuvo información sobre el proceso emocional provocado por el confinamiento y el cambio a enseñanza virtual en alumnos y maestros, después de haber pasado más de dos meses. (Ver Anexo 1).

Resultados y Discusión

Sección1: Antes de la Pandemia

En la Figura 2, se puede observar que la primera reacción de la mayoría de los alumnos y el total de maestros encuestados, fue la preocupación por la decisión de suspender las clases presenciales, sin una fecha clara de retorno (Figura 2), y esto es entendible al no poder asegurar, en ese momento, que se lograría finalizar de una forma exitosa el cuatrimestre y al no tener la certeza de retorno a corto plazo.

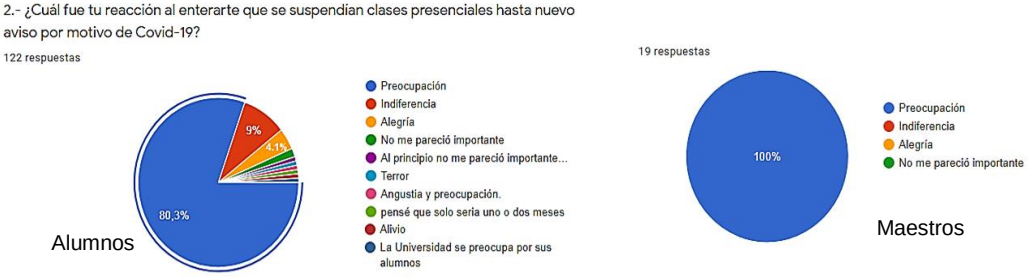


Figura 2. Reacción de los alumnos y maestros ante el cambio a educación virtual exclusivamente.

 ISSN 2007-8102

Por otro lado, se pudo observar la brecha tecnológica que había, pues el 45% de los alumnos contaba con computadora de uso exclusivo para seguir con las clases virtuales y realizar sus trabajos, y el 23% con un equipo compartido. El 65% tenía internet en su casa y el 29% internet vía celular. En el caso de los maestros, tenían más recursos y equipo que los alumnos para iniciar con las clases virtuales, el 79% contaba con equipo personal exclusivo y el 89.5% tenía contratada una red de internet en casa. La Figura 3 muestra que, tanto maestros como alumnos, tenían poca experiencia al trabajar con programas y plataformas de educación virtual, solo el 35% de los alumnos y el 31.6% de los maestros encuestados, habían utilizado alguna, por lo tanto a la mayoría le fue difícil asimilar que las clases serían solamente virtuales, ya que se tuvieron que encontrar los canales adecuados para que se llevara a cabo la comunicación efectiva entre ambos.

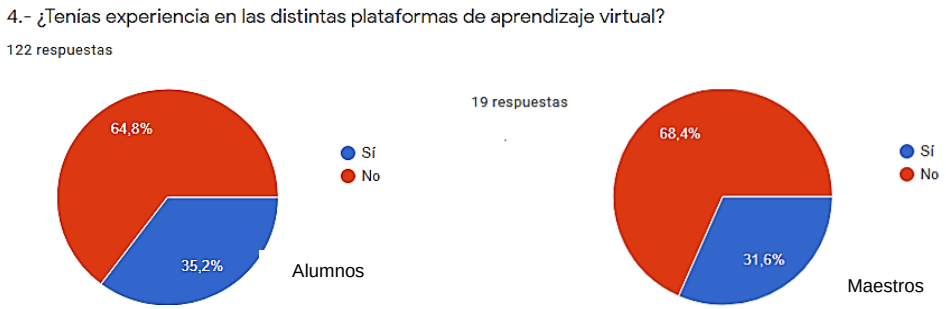


Figura 3. Gráfica que representa la experiencia en las distintas plataformas de aprendizaje virtual.

Sección 2. Actualmente En el caso de la segunda sección, que representa lo que hasta la fecha han vivido los estudiantes y docentes de estas carreras, después de tres meses tomando clases virtuales, se hace primero un comparativo entre las herramientas con las que actualmente cuentan los alumnos para realizar sus actividades escolares, y las que contaban al inicio. Los resultados obtenidos de las preguntas 8 y 9 de ésta sección, arrojó que fue mínima la cantidad de alumnos y maestros que tuvieron que adquirir, un equipo de cómputo o contrataron o aumentaron su servicio de internet, por lo que se puede confirmar que a este nivel de educación (Nivel Superior), la mayoría de los integrantes del proceso educativo, cuentan con al menos un equipo electrónico en sus hogares, ya sea de uso único o compartido, lo segundo en menor incidencia.

En relación a las respuestas obtenidas sobre las plataformas que se utilizan actualmente por parte de los alumnos y maestros, se observa que, en ambos casos, la mayoría utiliza las plataformas recomendadas por la UTN, las cuales fueron *Classroom* para manejo de trabajo en clase, tareas, exámenes, formularios y *Zoom*, como herramienta para tener contacto con los grupos en los horarios establecidos. De las cuales se recibió capacitación dos semanas antes de iniciar las clases virtuales. Algunos también se apoyan en el correo electrónico y la aplicación de mensajería instantánea para teléfonos inteligentes (*WhatsApp)* para tener un contacto más rápido, directo y personalizado con los alumnos.

Con respecto al tiempo dedicado a actividades escolares, las respuestas muestran que el 58.2% del total de estudiantes encuestados, tienen que dedicar más de las 30 horas semanales que dedicaban en su horario normal de clases en modo presencial y en el caso de los maestros solo el 36.8% dedican más de 30 horas a la semana, esto puede tener relación con el hecho de que los maestros tienen distinta cantidad de horas entre ellos, algunos tienen la carga mínima (6 horas a la semana) y otros tienen carga completa, por lo que habrá que analizar, con otro tipo de pregunta, si dedican más tiempo a su trabajo escolar que cuando están en clases presenciales.

Con respecto a la consideración por parte de alumnos y maestros de su rendimiento escolar, se obtuvo que alrededor del 38.5% de los alumnos consideran 'Bueno' su rendimiento académico en la modalidad, mientras que otro 39.3% la considera 'Regular', lo cual muestra un panorama no muy

 ISSN 2007-8102

alentador en cuestiones de deserción por reprobación y/o ausentismo, ya que un 15.6%, lo considera 'Malo' y solo el 6.6% 'Excelente´. Los docentes muestran un 68.4% de 'Buen rendimiento', un 21.1% 'Regular', en tanto el 10.5% de ellos siente que es 'Excelente' su rendimiento en el proceso enseñanza-aprendizaje. Esto indica que aún a más de tres meses trabajando a distancia, no se ha logrado una satisfacción completa para desempeñar esta labor de forma virtual.

Finalmente, la preferencia de los alumnos en cuanto a la educación se refiere, es de Clases Presenciales (Figura 4), con el 66.4% del total. Sin embargo, los maestros reconocen que la combinación de técnicas de enseñanza-aprendizaje de educación virtual y presencial, son las más adecuadas para lograr un conocimiento integral por parte de los alumnos.

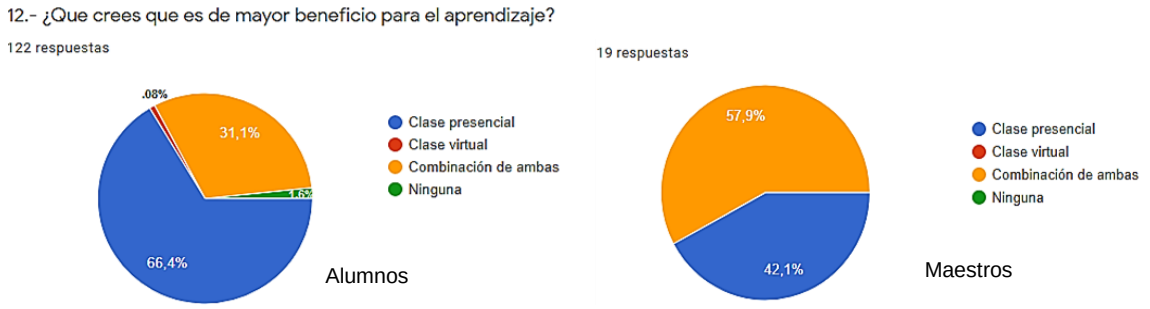


Figura 4.- Preferencia de alumnos y maestros por los distintos procesos educativos

Sección 3. Salud Emocional La sección 3 de la encuesta se enfocó en conocer la salud mental y emocional de los estudiantes y docentes, a través de 7 preguntas para saber cómo ha impactado el confinamiento y lo que ésta "nueva normalidad" está desencadenando, lo importante aquí es el control que se les da a dichas emociones. La figura 5, muestra la pregunta que permite saber cuáles son las emociones experimentadas durante el confinamiento, más del 50% de maestros y estudiantes, reportan haber sentido y vivido cambios físicos como dolores de cabeza y emocionales en el cual prevalecen desánimo y tristeza.

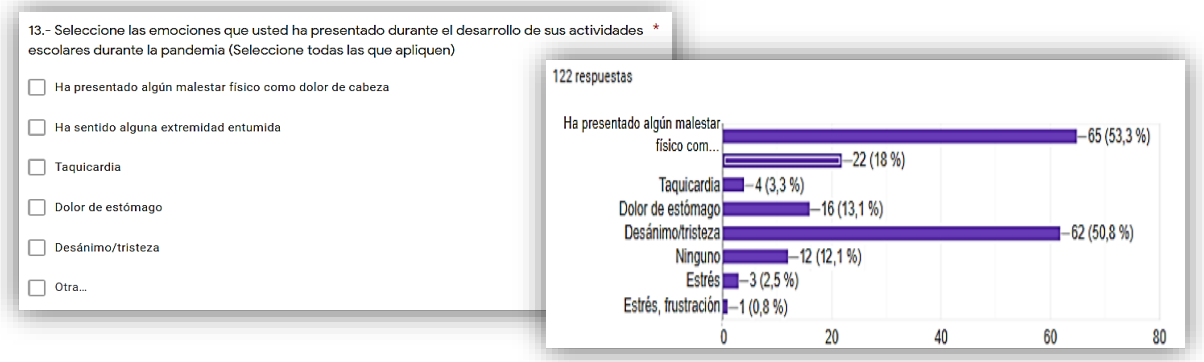


Figura 5. Emociones presentadas durante el desarrollo de las actividades escolares.

Para cumplir las actividades escolares, los estudiantes manifestaron en los resultados de la encuesta que fue necesario disponer de un área o espacio aislado y libre de ruido, esto provoco que se estuvieran muchas horas aislado, lo cual es insólito porque en el ambiente escolar, siempre se está rodeado de compañeros o estudiantes. Pese a esta situación de confinamiento se puede observar que el proceso de socialización reportado ha presentado un incremento en pláticas familiares, así como el uso de llamadas y video llamadas tanto a la familia como amistades lo cual es una manera de compartir miedos, inseguridades y distintas emociones que se están presentando, de esta manera se están creando espacios en los cuales se expresen y se puede corroborar con los resultados obtenidos en la Figura 6 donde más del 50% de alumnos como maestros reportan expresar sus diferentes emociones (enojo, tristeza, soledad, incertidumbre, miedo, entre otras) de manera correcta con sus parejas, padres o amigos.

 ISSN 2007-8102

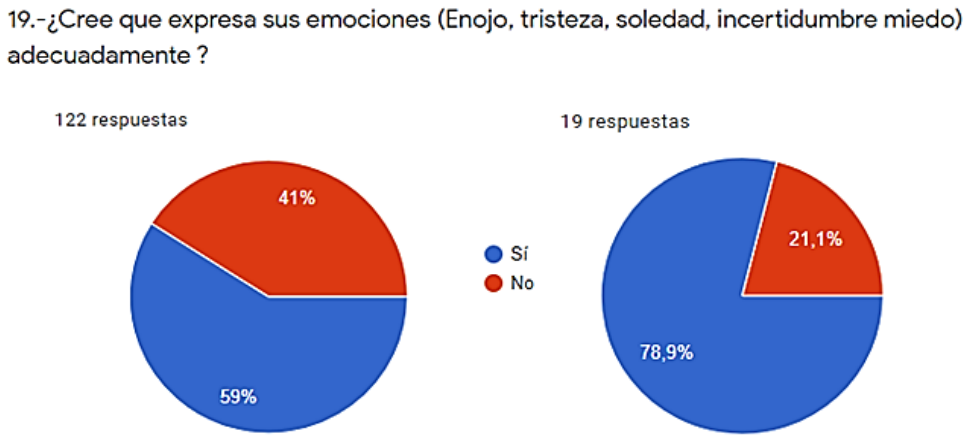


Figura 6. Resultados de docentes y estudiantes a la pregunta de si expresan adecuadamente sus sentimientos

Otras preguntas de la encuesta buscaban saber si la población objeto de estudio, había tenido pensamientos suicidas o deseos de usar droga, a lo que más del 93% respondió que no.

La organización de tiempos y actividades es un punto importante a considerar tanto en alumnos como maestros para nuestra salud mental ya que es un punto importante para el control que se requiere de emociones positivas como negativas y una vez identificadas, tienen que ser aceptadas para empezar a ser controladas.

Trabajo a futuro

Este estudio es una primera visión de los efectos que ha tenido el cambio de modalidad educativa en la Universidad Tecnológica de Nogales, Sonora, debido a las medidas de confinamiento. Una segunda etapa se deberá considerar, una vez que se haya dado el regreso a las aulas, cuando se realizará el diagnóstico de los conocimientos adquiridos por parte de los alumnos, así como los resultados de las herramientas puestas en práctica por los maestros. También, se tendrá que extender el estudio a otras carreras de la Universidad, con la finalidad de entender si para otras carreras con diferente área técnica, se percibió igual el cambio y finalmente, se debe definir, de forma adecuada un plan Institucional formal que nos permita tener una transición total de modalidad de aprendizaje o mixta, una vez se presente un estado de contingencia como el que se está viviendo o de otra índole.

Conclusiones

Con el resultado de este estudio, se puede observar, el gran impacto que puede provocar una situación de emergencia en las personas y en particular en el sistema educativo, pues si bien la población estudiantil ha crecido inmersa en los avances tecnológicos, dada nuestra experiencia como docentes podemos inferir, que tienen pocas destrezas en el manejo de algunas de las herramientas utilizadas en la institución y por otro lado los maestros las utilizaban poco para el apoyo

metodológico en sus clases. Si bien la educación presencial ha sido el proceso por excelencia para asegurar los conocimientos, en un ambiente que se considera idóneo, como lo es el aula, se debe estar consciente que existen instrumentos virtuales que pueden complementarla.

En el caso de UTN es un reto aún mayor, considerando que varias de las materias tienen como método de aprendizaje principal, las prácticas de laboratorio y en algunos casos se contempla el uso de equipo especializado, al cual no se tiene acceso fácilmente, por lo que llevar ese conocimiento a la educación virtual genera un gran desafío.

Este estudio también dejó ver la importancia de las emociones en el proceso educativo, pues estas han repercutido en la percepción del rendimiento tanto en alumnos como en maestros, que han experimentado cambios ante el encierro, incertidumbre y las problemáticas personales en general.

La situación actual deja como aprendizaje, que se deberán diseñar mecanismos para enfrentar emergencias de cualquier tipo, para lograr la continuidad de las actividades escolares. Es necesario continuar actualizando a los maestros en las técnicas de enseñanza virtual, para hacer frente a cualquier otra eventualidad.

De esta experiencia surge la posibilidad de trabajar con modalidades mixtas que enriquecerían a la Universidad y se tendría la capacidad de cubrir a mayor cantidad de personas que por su horario laboral no pueden asistir a la totalidad de las clases presenciales.

Referencias

[1] L. Ruiyun, S. Pei, B. Chen, Y. Song, T. Zhang, W. Yang y J. Shaman, «Substantial undocumented infection facilitates the rapid dissemination of novel coronavirus (SARS-CoV-2),» *Science,* vol. 368, nº 6490, pp. 489-493, 2020.

[2] Organización Mundial de la Salud, «Brote de enfermedad por coronavirus (COVID-19),» 2020. [En línea]. Available: https://www.who.int/es/emergencies/diseases/novel-coronavirus-2019. [Último acceso: 25 Julio 2020].

[3] Organización Mundial de la Salud, «Cronología de la respuesta de la OMS a la COVID-19,» 2020. [En línea]. Available: https://www.who.int/es/news-room/detail/29-06-2020-covidtimeline . [Último acceso: 26 07 2020].

[4] M. Fernández, L. Herrera, D. Hernández, R. Nolasco y R. De la Rosa, «Nexos: Distancia por tiempos,» 1 Abril 2020. [En línea]. Available: https://educacion.nexos.com.mx/?p=2228. [Último acceso: 25 Julio 2020].

[5] Espacios Maestros, «La importancia del espacio para el aprendizaje,» 17 Enero 2018. [En línea]. Available: https://espaciosmaestros.com/la-importancia-del-espacio-para-el-aprendizaje. [Último acceso: 18 Julio 2020].

[6] K. Fernández y A. Vallejo, «Educación en Línea: Una perspectiva basada en la experiencia de los países,» *Revista de Educación y Desarrollo,* nº 29, pp. 29-39, 2014.

[7] E. Ruiz, P. Suárez, S. Meraz, R. Sánchez y V. Chávez, «Análisis de la práctica docente en el salón de clase desde la aplicación del instrumento de estrategias discursivas (ESTDI),» *Revista de la Educación Superior,* vol. XXXIX, nº 154, pp. 7-18, 2010.

 ISSN 2007-8102

Anexo 1

Encuesta utilizada en el estudio realizado

Al inicio de la Pandemia

Conteste lo siguiente con base en la situación en la que se encontraba al iniciar la transición a educación virtual

*Obligatorio

Dirección de correo electrónico *

1.- ¿Por qué Medio te enteraste de la gravedad de lo que implicaba la pandemia de Covid-19? *
- Familia
- UTN
- Redes sociales
- Noticias
- No me importó

2.- ¿Cuál fue tu reacción al c
de Covid-19? *
- Preocupación
- Indiferencia
- Alegría
- No me pareció importar
- Otro:

3.- ¿Qué tan preparado estab
las que apliquen) *
- Con PC y/o Laptop pers
- Con PC y/o Laptop com
- Celular propio
- Celular prestado
- Red de Internet en casa
- Red de Internet celular
- Nada
- Otro:

4.- ¿Tenías experiencia en la
- Sí
- No

Actualmente

Conteste las preguntas considerando su situación después de tres meses de tener clases virtuales

7.- ¿Cuáles son las herramientas tecnológicas con las que cuentas para realizar tu trabajo en casa? (Selecciona todas las que apliquen) *
- Con PC y/o Laptop personal
- Con PC y/o Laptop compartida
- Celular propio
- Celular prestado
- Red de Internet en casa
- Red de Internet celular
- Nada
- Otro:

8.-¿Fue necesario que adquirieras alguna herramienta para continuar con tus actividades escolares?(Selecciona todas las que apliquen) *
- Computadora
- Celular
- Tableta
- Contratar/mejorar s
- Contratar/Aumenta
- Suscribirte a alguna
- No
- Otro:

9.-¿Qué plataformas u
- Classroom
- Schoology
- Correo electrónico
- Whatsapp
- Facebook
- Zoom
- Jitsi
- Otro:

10.- ¿Cuántas horas a la
- Menos de 30 horas
- 30 horas a la sema
- Más de 30 horas a

11.- ¿Cómo consideras
- Excelente
- Bueno
- Regular
- Malo

12.- ¿Que crees que es
- Clase presencial
- Clase virtual
- Combinación de an
- Ninguna

Salud Emocional

Responda las siguientes preguntas con base en los sentimientos que ha experimentado durante el confinamiento

13.- Seleccione las emociones que usted ha presentado durante el desarrollo de sus actividades escolares durante la pandemia (Seleccione todas las que apliquen) *
- Ha presentado algún malestar físico como dolor de cabeza
- Ha sentido alguna extremidad entumida
- Taquicardia
- Dolor de estómago
- Desánimo/tristeza
- Otro:

14.- Usted y sus familiares han estado en comunicación/convivencia mediante (Seleccione todas las que apliquen): *
- Pláticas
- Juegos de mesa
- Viendo TV/ Peliculas
- Llamadas Telefónicas o Video llamadas.
- Ninguna
- Otro:

15.-¿Cuál de estas actividades ha realizado con mayor frecuencia? *
- Dormir
- Estar encerrado en su cuarto
- No querer hablar
- Otro:

16.- Elija cual de estas emociones ha sentido usted más frecuentemente (Seleccione todas las que apliquen): *
- Desesperación
- Deseos de gritar
- Deseos de salir corriendo
- Ganas de llorar
- Todas
- Ninguna
- Otro:

17.- Si seleccionó alguna de las emociones en la pregunta anterior, mencione como las ha afrontado

18.- Ha pensado en usar alguna droga, cortarse o ha tenido ideas suicidas *
- Sí
- No

19.-¿Cree que expresa sus emociones (Enojo, tristeza, soledad, incertidumbre miedo) adecuadamente ? *
- Sí
- No

 ISSN 2007-8102

Importancia del seguimiento tutorial durante el periodo de confinamiento por Covid19 en el ITQ

M.C. Frias Maldonado[1], N.L. Quintanar Servin[1*], M.E. Montes Almanza[1], M.L. Montes Almanza[1],* L.L. *Fernández Romero[1],* ,
[1]Departamento de Sistemas y Computación, TecNM/Instituto Tecnológico de Querétaro, Av. Tecnológico S/N, Centro, C.P. 76030, Querétaro, Qro., México
*cfriasm@mail.itq.edu.mx,*normaq@mail.itq.edu.mx*

***Área de participación**: Investigación Educativa*

Resumen

A nivel mundial la pandemia por Covid-19 ha tenido un impacto negativo en varios ámbitos, sobre todo en lo educativo por el cierre de instituciones, propiciando que los encargados de la educación reaccionaran de manera emergente para dar continuidad al proceso académico, cuidando no perjudicar el avance curricular de los estudiantes. Particularmente en el ITQ el programa de tutoría cobra especial relevancia apoyando a estudiantes en su proceso de aprendizaje, identificando cuáles fueron las problemáticas y situaciones a las que se enfrentaron los tutorados durante este tiempo de confinamiento. Esto permitirá establecer estrategias para un mejor aprovechamiento de recursos en la adquisición de conocimiento requerido, sensibilizando y preparando a los actores involucrados en la educación para poder atender a los estudiantes oportunamente a distancia, mediante el uso de tecnologías y herramientas digitales que conllevan a continuar el proceso de enseñanza aprendizaje en esta situación tan atípica que aún continua.

***Palabras clave**: tutoría, covid19, confinamiento, continuidad.*

Abstract

Worldwide, the Covid-19 pandemic has had a negative impact in several areas, especially in education due to the closure of institutions, encouraging those in charge of education to react in a reactive way to give continuity to the academic process, taking care not to damage the curricular progress of students. Particularly in the ITQ the tutoring program takes special relevance by supporting students in their learning process, identifying what were the problems and situations that the tutored faced during this time of confinement. This will make it possible to establish strategies for a better use of resources in the acquisition of required knowledge, sensitizing and preparing the actors involved in education to be able to attend students in a timely manner from a distance, through the use of technologies and digital tools that lead to continuing the teaching-learning process in this atypical situation that still continues

***Key words**: tutoring, covid19, confinement, continuity.*

Introducción

A inicio del presente año en el semestre enero-junio 2020, durante los dos primeros meses de este periodo, las actividades académicas dentro de la comunidad del ITQ transcurrían con normalidad, no fue sino hasta el 11 de marzo, día en que la Organización Mundial de la Salud declaro el brote de coronavirus CODIV19 como pandemia, que la comunidad estudiantil comenzó a inquietarse, por consiguiente esto fue tema de discusión en algunas clases y sin lugar a duda en las tutorías, los

tutorados preguntaban cómo podría afectarles académicamente esta situación, ya que escuchaban en las noticias las acciones que se estaban llevando a cabo en otros países, como el tener que suspender las clases a causa de esta pandemia. El 17 de marzo el Gobierno del estado de Querétaro emite un comunicado anunciado la suspensión de clases en todos los niveles educativos. Confirmando con esta noticia el temor de los estudiantes sobre la suspensión de las actividades académicas, sin tener una fecha exacta de regreso a las aulas.

Estudios e investigaciones realizados por la UNESCO IESALC [1] muestran que el cierre temporal de los institutos educativos afecta aproximadamente a unos 23,4 millones de estudiantes de educación superior y a 1,4 millones de docentes dentro de América Latina y el Caribe; representando el 98% aproximado de la población estudiantil y docente de educación superior (p.12).

Según Francesc [2] en todo el sector de la educación el impacto más fuerte está todavía por ser evaluado, principalmente en la educación superior, la transición de educación presencial a educación a distancia de emergencia vendrá acompañada de impactos importantes para los todos los actores involucrados en el proceso educativo. La transición de la educación tradicional a la educación a distancia, lejos de ser una solución planificada previamente y para la que existían las capacidades requeridas por los distintos sectores educativos se convirtió en una solución de emergencia única que permitiría garantizar la continuidad educativa. En este contexto, se refiriere a la continuidad pedagógica como *educación a distancia de emergencia*, sin armonizar las capacidades y recursos que exige una educación superior a distancia óptima.

Sin embargo, por la rapidez con que se dio este fenómeno llevo de acuerdo con Campero [3], muchos profesores han solventado satisfactoriamente los contenidos de enseñanza, mediante materiales de terceros, haciendo uso de estos recursos educativos abiertos, o bien con videoconferencias exponiendo los temas, todo esto debido a el corto tiempo disponible para crear, buscar material y recursos adecuados para los contenidos temáticos de las materias que estaban impartiendo.

La pandemia que actualmente atravesamos debido al COVID-19, ha cambiado drásticamente la forma en la que trabajamos en la educación superior, las universidades han cerrado y las clases han sido suspendidas lo que nos ha llevado al uso de diversas herramientas tecnológicas para poder terminar las actividades académicas en línea. Sin embargo; no todos los docentes y los estudiantes han dado continuidad al proceso enseñanza-aprendizaje debido a diversas situaciones como: *la disponibilidad de internet, el uso de herramientas educativas tecnológicas, la planeación estratégica de actividades en línea, entre otros.*

Dentro del ámbito educativo resulta importante dar continuidad a la educación de los jóvenes universitarios, a través de actividades formativas por medio de educación a distancia, y con el apoyo en recursos de tecnología digital, así como también brindar un acompañamiento socioemocional a la comunidad estudiantil.

De acuerdo con el lineamiento de tutorías establecido por el TecNM, la tutoría es un acompañamiento académico que se le brinda a los tutorados para apoyarlos dentro de su formación profesional en el instituto, considerando la definición de la ANUIES [4], la tutoría se entiende como el "*Proceso de acompañamiento de tipo personal y académico a lo largo del proceso formativo que permita mejorar el rendimiento académico, dar soluciones a problemas escolares, desarrollar hábitos de estudio, trabajo, reflexión y convivencia social*".

De acuerdo al lineamiento académico administrativo establecido por el TecNM [5], se contempla un lineamiento para la operación del programa institucional de tutoría, el cual permite que cada instituto defina las fases que lo compondrán y así dar cumplimiento a este, con esto el ITQ establece llevar el proceso tutoral a través tres fases denominadas: *Adaptación, Formación e Inserción laboral* respectivamente.

Cada institución de educación superior tomo las medidas adecuadas y pertinentes que permitieran dar continuidad al proceso de enseñanza- aprendizaje, así como también continuar con el proceso

de tutoría, de tal manera que permitiera dar el acompañamiento a los tutorados durante este tiempo tan atípico, dando la oportunidad de tomar en cuenta las inquietudes y expectativas de los estudiantes con respecto a las condiciones y manera en que se daría continuidad a su proceso formativo.

Sabemos que no todos los docentes están 100% familiarizados con el uso de herramientas tecnológicas que les permitiera dar un seguimiento y continuidad académica adecuada a los estudiantes, esta situación no fue fácil ante la gran diversidad del contexto y actores educativos involucrados y en cierta forma los esfuerzos de tratar de innovar la enseñanza mediante el uso de las TICs pueden resultar contradictorio.

Por todo lo anterior resulta importante plantear y analizar cuáles han sido los efectos y consecuencias del cambio de aprendizaje de los estudiantes al sustituir las clases presenciales por clases a distancia, permitiendo en cierta forma realizar cambios significativos dentro del proceso de enseñanza aprendizaje como*: adaptación al cambio, formas de comunicación entre docentes y estudiantes, uso de diversas herramientas tecnológicas para continuar el proceso educativo, así como la definición, uso de materiales y actividades establecidas por cada uno de los docentes para la continuidad académica de acuerdo a las características y necesidades propias de los estudiantes y de los recursos para cumplir con los objetivos de aprendizaje de las materias, entre otras.*

Cada actor dentro del sistema educativo tiene una perspectiva distinta de cómo fue la adaptación de la educación en estos tiempos, por lo que dentro de proceso de tutoría fue importante tomar en cuenta estos aspectos, primeramente, desde el punto del estudiante y posteriormente por parte del profesor.

Metodología

El presente proyecto será de tipo exploratorio, descriptivo y transversal de corte cualitativo, para identificar: ¿Cuáles han sido las estrategias utilizadas por los docentes durante el periodo de confinamiento?, ¿Cuál es el nivel de responsabilidad y compromiso de los actores del proceso enseñanza-aprendizaje?, entre otros aspectos importantes. Para dar respuesta a lo anterior, se envió un cuestionario a los tutorados, el cual se solicitó responder de manera objetiva y consiente de la importancia que tiene para el mejoramiento de nuestro proceso de enseñanza-aprendizaje.

La población de estudio para esta investigación estará conformada por 195 estudiantes de las diferentes carreras a las que apoyan los docentes tutores de la academia de Ingeniería en Sistemas Computacionales, se utilizó la fórmula de población finita y conocida para determinar la muestra: **$N= Z^2 *p*q*N / (N*E^2)+Z^2 *p*q$, con** un nivel de confianza del 95% y margen de error del 5%, dando como resultado una muestra de **130** estudiantes, seleccionados de manera aleatoria simple.

El instrumento consta de 17 ítems agrupados en los siguientes rubros: *comunicación y uso de medios digitales, actividades y materiales de apoyo; evaluación; responsabilidad y compromiso; y satisfacción.* Cada ítem del instrumento se manejó con una escala de Likert de cinco criterios. La información se recopiló por medio de un *formulario en Google forms,* que se envió vía correo electrónico a los tutorados que conformaron la muestra.

Para la validación del instrumento se trabajó con el **coeficiente estadístico alfa de Cronbach**, el cual se recomienda utilizar cuando se trata de alternativas de instrumentos con respuestas policotómicas, como la escala tipo Likert; el cual toma valores entre 0 y 1, donde 0 significa confiabilidad nula y 1 confiabilidad total, de acuerdo con Corral [6], el resultado de la evaluación del instrumento dio una consistencia interna de 0.82 y considerando que si el valor supera 0.75 este es aceptable según referencia de Hernández [7], lo que indica una relación fuerte entre las preguntas establecidas en el instrumento.

 ISSN 2007-8102

Resultados y discusión

Los resultados obtenidos de la encuesta aplicada en cada una de las categorías fueron:

Para la categoría de **Comunicación y uso de dispositivos digitales** en sus 4 aspectos se obtuvieron los siguientes resultados:

- Primer aspecto *"Los docentes estuvieron en contacto continuo durante el periodo de confinamiento"* 18% manifestó estar totalmente de acuerdo, 55% indicaron estar en acuerdo, 8% indican estar en desacuerdo, 5% totalmente en desacuerdo y solo un 15% manifiesta indiferencia;
- Segundo aspecto *"Los docentes utilizan algún medio electrónico para estar en comunicación contigo durante el periodo de confinamiento"* 36% manifestó estar totalmente de acuerdo, 53% indicaron estar en acuerdo, 2% indican estar en desacuerdo, 2% totalmente en desacuerdo y solo un 7% manifiesta indiferencia;
- Tercer aspecto *"Los docentes utilizaron herramientas de colaboración a distancia como Zoom, Webex, Meet u otro, para dar continuidad a las materias mediante clases en línea"* 29% manifestó estar totalmente de acuerdo, 58% indicaron estar en acuerdo, 2% indican estar en desacuerdo, 3% totalmente en desacuerdo y solo un 8% manifiesta indiferencia;
- Para el cuarto aspecto "Los docentes utilizaron alguna plataforma o herramienta como Moodle, Classroom u otros, que les permitieran gestionar las clases, actividades y materiales", 35% indicó totalmente de acuerdo, 54% indican en acuerdo, 2% indican en desacuerdo, 9% totalmente en desacuerdo y solo un 0% manifestaron indiferencia.

Es importante señalar que de acuerdo a los resultados obtenidos para esta categoría en términos generales se estableció una comunicación buena por parte de los docentes de manera que les permitió seguir trabajando con los estudiantes, estos resultados se muestran en la Figura 1:

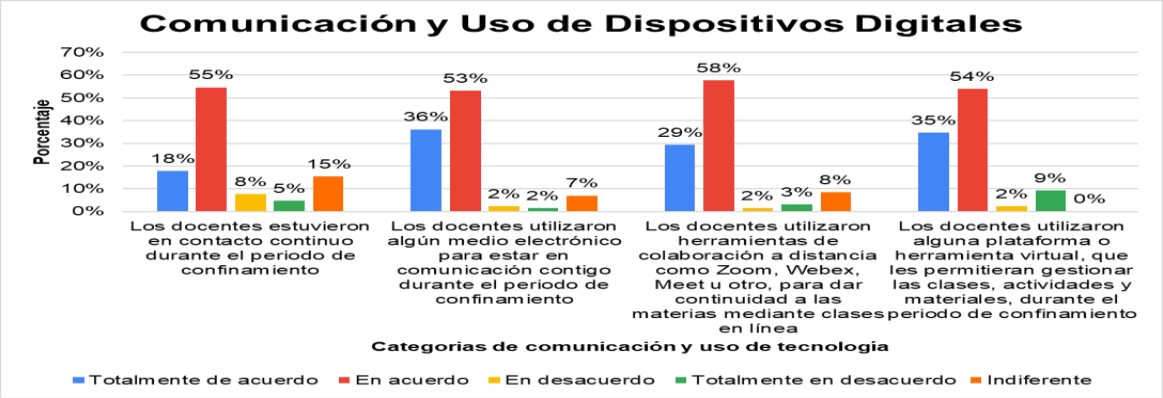


Figura 1. Comunicación y uso de dispositivos digitales

En la categoría de ***Actividades y materiales de apoyo*** se encontró en cada uno de sus 4 aspectos lo siguiente:

- Primer aspecto "Los materiales de apoyo proporcionados por tus docentes fueron suficientes para el aprendizaje significativo de tus materias" el 8% manifiestan estar totalmente de acuerdo, 36% están de acuerdo, 9% en desacuerdo, 5% totalmente en desacuerdo y 41% les resulta indiferente.
- Segundo aspecto "Las actividades establecidas por los docentes durante el confinamiento son similares a las que asignaba de manera presencial" un 1% manifestaron estar totalmente de acuerdo 48% están de acuerdo, 11% en desacuerdo, 4% totalmente en desacuerdo y 27% les resulta indiferente.
- Tercer aspecto *"Tuviste retroalimentación por parte de los docentes en las actividades entregadas durante el periodo de confinamiento"* 14% manifiestan estar totalmente de

 ISSN 2007-8102

acuerdo, 36% están de acuerdo, 12% en desacuerdo, 4% totalmente en desacuerdo y 35% les resulta indiferente.

- Por último, para el cuarto aspecto *"Los docentes de tus asignaturas tenían disponibilidad para aclarar dudas durante el periodo de confinamiento"* 18% manifiestan estar totalmente de acuerdo, 42% están de acuerdo, 6% en desacuerdo, 2% totalmente en desacuerdo y 33% les resulta indiferente.

Es importante mencionar que en esta categoría un porcentaje alto manifiesta que las actividades establecidas por el docente durante el confinamiento son similares a las que asignaba de manera presencial; de igual forma se observa que algunos estudiantes manifestaron indiferencia en todos los aspectos considerados, como se puede observar en la Figura 2:

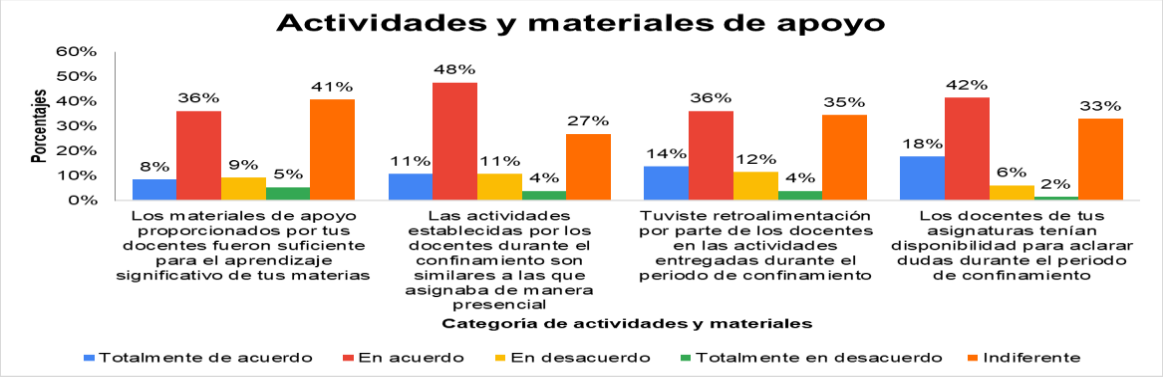


Figura 2. Actividades y Materiales de Apoyo

Del mismo modo en la categoría de **Evaluación** se analizaron 4 aspectos encontrándose que:

- En el Primer aspecto correspondiente a sí *"Los docentes aplicaron evaluaciones de las unidades del curso durante el periodo de confinamiento"* 33% manifiestan estar totalmente de acuerdo, 57% están de acuerdo, 3% en desacuerdo, 1% totalmente en desacuerdo y 6% les resulta indiferente;
- El Segundo aspecto que hace referencia a si *"Los docentes retroalimentaron las evaluaciones aplicadas durante el periodo de confinamiento"* 10% manifiestan estar totalmente de acuerdo, 48% están de acuerdo, 7% en desacuerdo, 4% totalmente en desacuerdo y 32% les resulta indiferente;
- Tercer aspecto sobre "*Tuviste algún problema para la entrega de los trabajos, la realización de evaluaciones o asistencia durante el periodo de confinamiento",*18% manifiestan estar totalmente de acuerdo, 39% están de acuerdo, 16% en desacuerdo, 11% totalmente en desacuerdo y 15% les resulta indiferente;
- Por último, en el cuarto aspecto referente a si "Los docentes fueron flexibles cuando se tuvo algún problema en la entrega de los trabajos, la realización de evaluaciones o asistencia sesiones en línea" 16% manifiestan estar totalmente de acuerdo, 48% están de acuerdo, 10% en desacuerdo, 3% totalmente en desacuerdo y 23% les resulta indiferente.

Es importante mencionar que en esta categoría un porcentaje considerable manifiesto estar de acuerdo en los aspectos de evaluación, sin embargo, también existe un porcentaje significativo de estudiantes que indicaron indiferencia en algunos aspectos considerados, estos resultados se muestran en la siguiente gráfica:

 ISSN 2007-8102

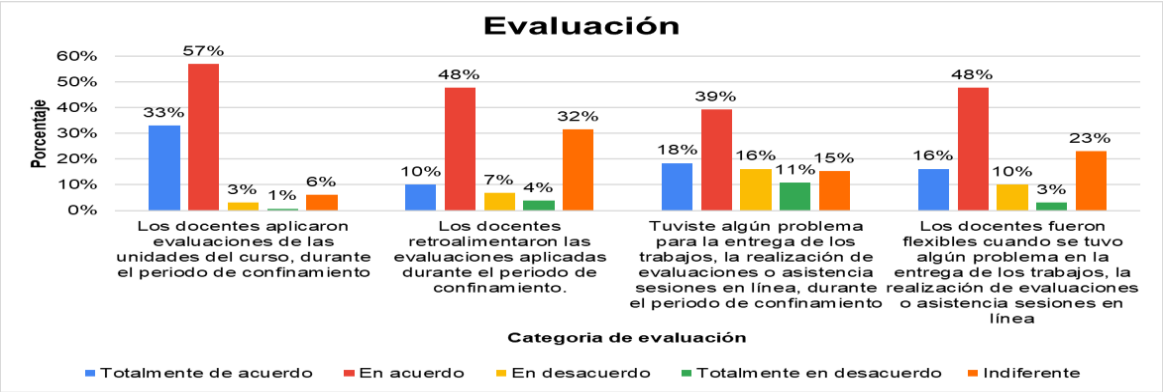


Figura 3. Evaluación

Para la categoría de **Responsabilidad y compromiso** en sus 3 aspectos se encontró lo siguiente:

- El primer aspecto que corresponde a si **"***Tuviste una comunicación oportuna y adecuada con los docentes cuando se presentó algún problema en la entrega de los trabajos, la realización de evaluaciones o asistencia sesiones en línea"* 19% manifiestan estar totalmente de acuerdo, 52% están de acuerdo, 5% en desacuerdo, 3% totalmente en desacuerdo y 22% les resulta indiferente;
- Segundo aspecto referente a *"Tu nivel de compromiso fue excelente para la organización y administración de tiempos en cada una de tus materias cursadas en este periodo de confinamiento"* 20% manifiestan estar totalmente de acuerdo, 57% están de acuerdo, 6% en desacuerdo, 2% totalmente en desacuerdo y 15% les resulta indiferente;
- Por último, el tercer aspecto correspondiente a *"Utilizaste material de apoyo e investigaste por tu cuenta los temas para reforzar y realizar las actividades solicitadas por los docentes"* 42% manifiestan estar totalmente de acuerdo, 50% están de acuerdo, 2% en desacuerdo, 1% totalmente en desacuerdo y 5% les resulta indiferente.

Los resultados obtenidos para esta categoría muestran altos porcentajes de una buena responsabilidad y compromiso, como se muestran en la Figura 4:

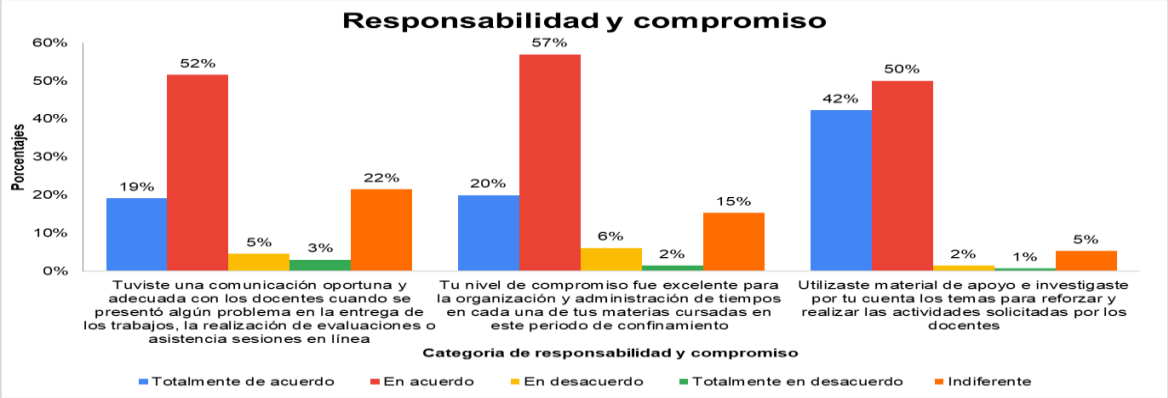


Figura 4. Responsabilidad y compromiso

Para la categoría de **Nivel de satisfacción** en sus 2 aspectos se encontró para el:

- Primer aspecto sobre si *"Los conocimientos adquiridos durante el confinamiento, han sido suficientes para aprobar la materia"* 11% manifiestan estar totalmente de acuerdo, 47% están de acuerdo, 14% en desacuerdo, 6% totalmente en desacuerdo y 22% les resulta indiferente;
- Para el segundo aspecto correspondiente a "El nivel de satisfacción de los conocimientos adquiridos durante el distanciamiento por Covid 19 es satisfactorio para tu desempeño escolar"

 ISSN 2007-8102

8% manifiestan estar totalmente de acuerdo, 37% están de acuerdo, 15% en desacuerdo, 8% totalmente en desacuerdo y 32% les resulta indiferente.

Cabe mencionar que a pesar de que un porcentaje relativamente alto se siente satisfecho con los resultados obtenidos también se contrasta con un porcentaje considerable de indiferencia en esta categoría, como se muestran en la siguiente gráfica:

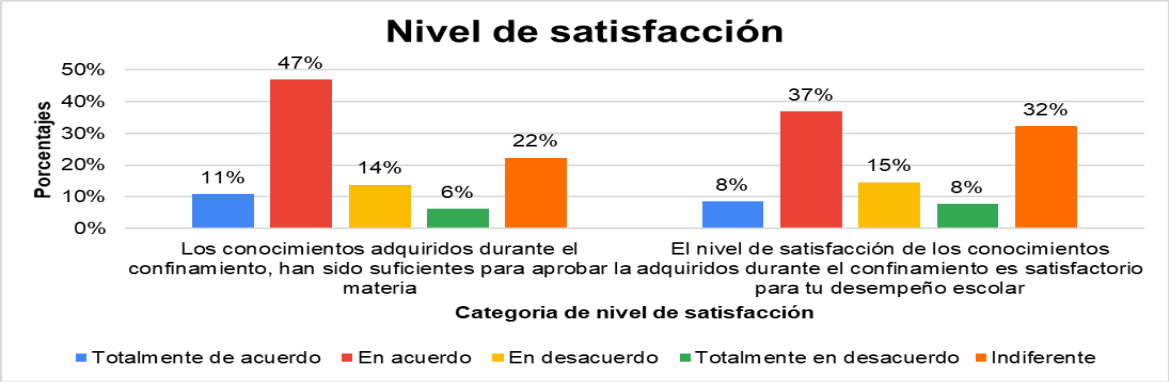


Figura 5. Nivel de satisfacción de los estudiantes

Trabajo a futuro

Es importante darle continuidad a las actividades y estrategias emprendidas por los docentes para concluir de manera satisfactoria el proceso de enseñanza aprendizaje en este contexto, así también como conocer el punto de vista de los docentes sobre el éxito y pertinencia de las acciones emprendidas, por consiguiente se deberá desarrollar un instrumento que permita recopilar información desde la perspectiva del docente, así como también analizar el impacto que se tuvo a nivel institucional, considerando los índices de aprobación y reprobación; solicitudes de bajas parciales de materias o bien bajas definitivas de la institución. Lo anterior permitirá definir y establecer mejores estrategias, para culminar el proceso educativo a nivel institucional, bajo estas condiciones debido a que hasta el momento no cuenta con fecha establecida real de regreso a las aulas en forma física.

Conclusiones

Considerando los resultados obtenidos en la encuesta aplicada, es importante analizar y buscar la causa raíz de aquellos aspectos en los que se da un alto porcentaje con respuesta de indiferente por parte de los estudiantes, ya que en cierta medida indica la falta de compromiso tanto del estudiante como del docente para dar continuidad al aprendizaje significativo de acuerdo a los planes y programas de estudio presentados en cada una de las materias, se pueden destacar los siguientes aspectos: “Los materiales de apoyo proporcionados por tus docentes fueron suficientes para el aprendizaje significativo de tus materias” con 41%, “Tuviste retroalimentación por parte de los docentes en las actividades entregadas durante el periodo de confinamiento” con 35%, “El nivel de satisfacción de los conocimientos adquiridos durante el distanciamiento por Covid 19 es satisfactorio para tu desempeño escolar” con 32%. Demostrando en cierta medida una falta de interés o motivación por parte de los alumnos en solicitar el apoyo a sus docentes, además de corroborar comentarios expresados por los tutorados mediante entrevistas realizadas vía correo electrónico o formularios, en las que mencionan la dificultad que les representa tanto a ellos como a sus docentes el poder llevar un seguimiento de sus materias en forma virtual, por lo que esto les puede afectar en la adquisición de conocimientos necesarios en materias seriadas o subsecuentes.

Es por ello que para todos los involucrados en el proceso de enseñanza-aprendizaje, estos resultados presentados por un alto porcentaje de indiferencia, muestran áreas de oportunidad en las

que se debe trabajar, por lo que se debe considerar principalmente como base la creación y preparación de material de apoyo didácticos más atractivo mediante el uso de software que aporte mejores diseños visuales de los recursos utilizados en los cursos en general, como lo son: Genially, edpuzzle, padlet, powtoon, socrative, entre muchos otros. Por lo que para las instituciones educativas hoy en día y bajo la situación actual en la que nos encontramos, es importante poder contar con recursos tecnológicos y estrategias de enseñanza aprendizaje que les permita adaptarse ante situaciones poco convencionales, de tal manera que se dé continuidad a la educación, aun cuando no se tengan las condiciones adecuadas para el regreso de manera presencial a las aulas.

Es por ello que resulta importante el uso de herramientas tecnológicas que posibiliten o faciliten a los docentes y estudiantes continuar con el proceso educativo, así como contar con el compromiso por parte de todos los actores involucrados, por lo que se requiere que en su gran mayoría los docentes hoy en día se encuentres capacitados en el uso de dichas tecnologías educativas, así como también disponer de recursos para el desarrollo de materiales adecuados para cada una de las materias. Por lo que es importante que las instituciones educativas en todos los niveles educativos cuenten con plataformas educativas de manera institucional que les permita gestionar el proceso educativo como son Moodle, Google Classroom u otra.

También es importante para todos los que formamos parte del proceso de enseñanza aprendizaje nos comprometamos, de manera que cada uno asuma los compromisos y responsabilidades en el rol que corresponda, para así poder culminar y cumplir con los objetivos institucionales, así como el permitir alcanzar los objetivos y competencias establecidos en cada programa de estudio.

Referencias

[1] UNESCO-IESALC, “COVID-19 y educación superior: De los efectos inmediatos al día después: Análisis de impactos, respuestas políticas y recomendaciones. Instituto Internacional de la UNESCO para la educación superior en América Latina y el Caribe”, Mayo 2020. Disponible en: http://www.iesalc.unesco.org/wp-content/uploads/2020/05/COVID-19-ES-130520.pdf

[2] P. Francesc, “ COVID-19 y educación superior en américa latina y el caribe: efectos, impactos y recomendaciones políticas - Fundación Carolina“, Junio 2020. Disponible en: https://www.fundacioncarolina.es/wp-content/uploads/2020/06/AC-36.-2020.pdf (2020)

[3] E. Campero, “Evaluación para la educación a distancia: Estrategias en situación de emergencia“, UNAM, Abril 2020. Disponible en: https://distancia.cuaed.unam.mx/descargas/Evaluacion-para-la-Educacion-a-distancia-estrategias-en-situacion-de-emergencia.pdf

[4] ANUIES, “Programas institucionales de tutoría”. México: ANUIES, 2002.

[5] TecNM, “Manual de Lineamientos Académico-Administrativos del Tecnológico Nacional de México”, 2015. Disponible en: http://www.itq.edu.mx/lineamientos/Manual_de_Lineamientos_TecNM.pdf

[6] Y. Corral, “Validez y confiabilidad de los instrumentos de investigación para la recolección de datos”, Revista Ciencias de la Educación, Vol. 33, no.19., pp 228-247, 2009. Disponible en: http://servicio.bc.uc.edu.ve/educacion/revista/n33/art12.pdf

[7] R. Hernández, C. Fernández, P. Baptista, *Metodología de la investigación*. 10ma Ed.México: McGraw-Hill, 2010.

Desarrollo de herramienta virtual como estrategia didáctica para el mejoramiento en la enseñanza del cálculo.

A.I. Peña Montes de Oca, D. Cabrera Lamas, A.B. López Laguna, E.E. González del Castillo.
ID 1er. Autor ORCID 0001-8220-3108; ID 3er. Autor ORCID ID 0002-6540-7464
Universidad Tecnológica de Jalisco, Cuerpo Académico: Responsabilidad Social, Sustentabilidad y Desarrollo Integral para Pymes
adriana.isela@utj.edu.mx

***Área de participación**: Ingeniería Eduactiva*

Resumen

El artículo describe el proceso de ingeniería de software para el desarrollo de una Herramienta virtual como estrategia didáctica para el mejoramiento en la enseñanza del cálculo, este proyecto contempla el uso de la metodología orientada a objetos, Lenguaje de Modelado Unificado (UML). La estructura y el desarrollo se logró mediante Código JavaScript en la plataforma de Google Chrome, a través de la aplicación Google Sites, que usa lenguaje HTML, un entorno gratuito para creación de sitios web, mismo que permite conjugar información variada: videos, calendarios, archivos adjuntos entre otros, al tiempo que cumple con características de seguridad, rapidez, estabilidad, con orientación a trabajo colaborativo, puede ser instalado en casi cualquier sistema operativo y está disponible en 50 idiomas. La plataforma apoya, al fortalecer el proceso de enseñanza-aprendizaje del cálculo. Permitiendo que los estudiantes de Técnico Superior Universitario (TSU) e Ingeniería de los diversos programas educativos en la Universidad Tecnológica de Jalisco.

***Palabras clave**: herramienta didáctica, ambientes virtuales para el aprendizaje*

Abstract

The article describes the software engineering process for the development of a virtual Tool as a didactic strategy for the improvement in the teaching of calculus, this project contemplates the use of object-oriented methodology, Unified Modeling Language (UML). The structure and development was achieved through Java Script Code on the Google Chrome platform, through the Google Sites application, which uses HTML language, a free environment for creating websites, which allows you to combine varied information: videos, calendars, attachments among others, while complying with security features, speed, stability, with a collaborative work orientation, can be installed in almost any operating system and is available in 50 languages. The platform supports, by strengthening the teaching-learning process of calculus. Allowing the students of Higher University Technician (TSU) and Engineering of the various educational programs at the Technological University of Jalisco

***Key words**: didactic tool, virtual environments for learning*

 ISSN 2007-8102

Introducción

El proyecto surge en respuesta a la necesidad de abordar el problema de aprendizaje a causa del bajo rendimiento académico que se ha presentado en los cursos de matemáticas, que no es sólo en la Universidad Tecnológica de Jalisco, sino también en muchas otras instituciones de Educación Superior.

La Dirección General de Educación Superior Tecnológica (DGEST) que engloba al Sistema Nacional de Institutos Tecnológicos (SNIT) en México, actualmente trabajo con el Modelo Educativo para el Siglo XXI: Formación y desarrollo de competencias profesionales. El Modelo dirigido a satisfacer la demanda de educación Superior Científica y Tecnológica en México [9]y en consonancia con las exigencias internacionales.

Para el proyecto, se revisaron sobre las causas que están afectando el aprendizaje en los estudiantes de ingeniería [5]; en un estudio en el Instituto Tecnológico de Mérida, encontraron que los grupos numerosos dificultan la atención, falta de interés, compromiso y conocimientos previos en los estudiantes, constantes cambios en los programas y en algunos casos falta de equipo en laboratorios y talleres; en el Instituto Tecnológico de Chihuahua refieren una perspectiva similar relacionada con el estudiante y las estrategias didácticas elegidas [3]. Para simplificar, entre las variables con mayor influencia están: la falta de motivación, escasa claridad para el desarrollo de temas y programas extensos [1]; la resistencia de los docente debido al temor de ser desplazados por la tecnología, así como por la falta de recursos para la inversión en infraestructura, y una revisión del historial en relación al número de estudiantes que no acreditaron la asignatura en los últimos 2 años.

El índice de reprobación-deserción, se estimó alrededor del 30%. El problema requiere de un cambio en la forma en que los docentes realizan su labor, con acciones que garanticen la incorporación de actividades de análisis. Atendiendo los hallazgos, en apoyo a los procesos educativos y aprovechando la oportunidad de interacción a distancia entre grupos por medio de dispositivos móviles; en los que cada día se comparten diferentes objetos de aprendizaje en tiempo real entre lugares distantes, se diseñaron e implementaron estrategias didácticas mediante las TIC, promoviendo la utilización de un recurso flexible, acorde con las nuevas tendencias globales [6].

De acuerdo con palabras de Trujillo (2014) “la vida hoy es tan digital como analógica, y no puede haber una escuela 1.0 y una escuela 2.0. La única escuela viva es aquella que hace de enseñar una vía para aprender con eficacia y satisfacción, utilizando para ello los mejores recursos disponibles y con las mejores estrategias posibles” [8].

En la literatura, al respecto de herramientas TIC, se mencionan aquellas que proponen actividades individuales y grupales para facilitar y dinamizar el proceso de enseñanza lo cual motiva a los estudiantes y les permiten desarrollar habilidades de análisis, creatividad, autogestión, entre otras, a través del uso de diversas estrategias didácticas [7, 10, 11].

El trabajo propone una alternativa didáctica que permita aportar una mejora, que eleve la calidad de la educación al fortalecer el desarrollo de los contenidos, sustentado en trabajo colaborativo para estimular el aprendizaje significativo en la enseñanza de las matemáticas. Se busca crear un portal educativo que se pueda utilizar en las condiciones reales de infraestructura tecnológica de nuestro país, esto es, que pueda operar sobre Internet, una plataforma dinámica, que permita administrar materiales, tales como graficadores, e incluyente a nuevos desarrollos para el beneficio de la comunidad educativa.

Metodología

El desarrollo de la plataforma atendió los pasos tradicionales para el desarrollo de software, iniciando con una actividad de planeación, sustentada en el FODA relativo a los productos que se obtendrán y el alcance, considerando específicamente un entorno móvil y de escritorio.

Análisis
En esta fase se estableció un plan para el registro de los requerimientos definiendo los procesos de preparación, diseño, programación e implementación, así como el formato, extensión, evidencia de cada uno de los criterios de seguridad, fiabilidad, disponibilidad, mantenimiento, así como las especificaciones técnicas relativas a cálculo.
Para el diseño de la aplicación web se hará uso de metodología orientada a objetos, Lenguaje de Modelado Unificado (UML), que permite definir una notación gráfica para la expresión del diseño de software; entradas, pasos, secuencias, procesos y salidas para el desarrollo de sistemas de información [2 y 4].
El diseño de la matriz de complejidad, el diseño de interfaces, mapa de navegación del sitio, fue con base en trabajos de Larman (2003), para establecer la marquetación del sistema.

Entorno Virtual
Población objetivo, estructuración del curso, diseño de la página, contenido y usabilidad.
Cuenta con control de acceso a través de una cuenta de correo, para fines de aportación, modificación o ajuste de los contenidos.
Código JavaScript en la plataforma de Google Chrome, pues cumple con características de seguridad, rapidez, estabilidad, puede ser instalado en casi cualquier sistema operativo y está disponible en 50 idiomas.
Aplicación Google Sites, usa lenguaje HTML, un entorno gratuito para creación de sitios web o intranet de forma sencilla, puede conjugar información variada: videos, calendarios, archivos adjuntos entre otros; por su orientación a trabajo colaborativo.
CodeCogs, editor de ecuaciones, en sus dos versiones: independiente que se utiliza principalmente para crear ecuaciones que luego se copian en cualquier sistema e integrado que permite crear ecuaciones sin salir de su sitio web.
GeoGebra un software de matemáticas para todo nivel educativo. Reúne dinámicamente geometría, algebra, estadística y cálculo en registros gráficos de análisis y de organización en hojas de cálculo, armoniza lo experimental y lo conceptual.
Photoshop, herramienta de edición de imágenes y fotografía.

Pruebas
Cuando el código fue realizado, comenzaron las pruebas del software con las partes interesadas, para valorar la funcionalidad de todos los enlaces, asegurar que las actividades funcionan como fueron diseñadas, verificar gramática y ortografía, gráficos adecuados, componentes funcionales en diferentes entornos operativos, así como verificar que se estén cumpliendo las expectativas del curso.
Por otro lado, los criterios para determinar la aceptación o el rechazo de la ejecución a través de eventos de prueba, se evaluaron de acuerdo a un desempeño aproximado de ejecución de los casos de uso, con el apoyo de estudiantes del PE de Tecnologías de Información y Comunicación dentro de la formación como Técnico Superior Universitario en la UTJ, tomando en cuenta la definición de los requerimientos funcionales y no funcionales, para la detección de oportunidades de mejora al sistema, que posteriormente se desarrollaron como adaptaciones con mejoras al desempeño del sistema.
La aplicación, podrá ser modificada por el administrador y/o tener varios editores, se podrá también controlar el acceso de acuerdo con la necesidad que se presente.
Las cuatro características básicas e imprescindibles en toda plataforma: Interactividad, Flexibilidad, Escalabilidad y Estandarización, serán evidenciadas al finalizar el ciclo, a través de un formulario en Google, en el cual se evaluará la aceptación de la herramienta, así como sus principales beneficios. Además se realizará un comparativo de los porcentajes de reprobación con el ciclo precedente para valorar su efectividad.

Resultados y discusión

La plataforma desarrollada inicia en una página principal con una pequeña introducción, breves descripciones y ejemplos.

 ISSN 2007-8102

En la parte superior izquierda se ingresa en el menú para visualizar todo el contenido del portal separado por unidades.
Al lado derecho se localiza el botón de búsqueda, para buscar contenido específico en el portal, como se aprecia en la Figura 1.



Figura 1: Interfaz de Presentación del Portal

El contenido está organizado en módulos o unidades integrados por 3 partes: Definiciones, Fórmulas y ejercicios; con la finalidad de ayudar en la comprensión de los temas, al articular de una manera interactiva los contenidos (Figura 2).



Figura 2: Interfaz de presentación de un módulo

Cada página cuenta con los enlaces a diferentes herramientas, para ayudar en la generación de ecuaciones y/o gráficas en 2D y 3D, como se muestra en la Figura 3.

 ISSN 2007-8102

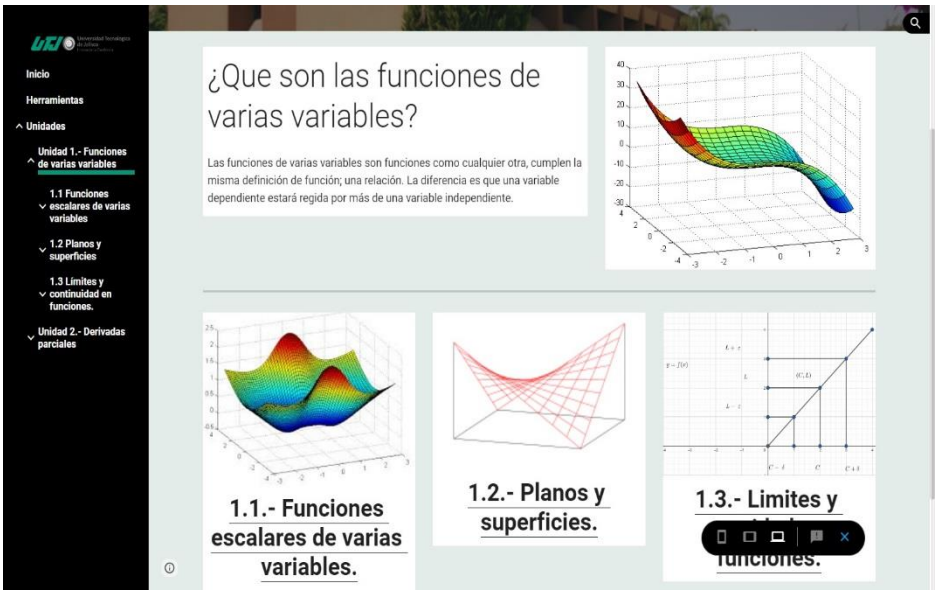


Figura 3: Interfaz de la asignatura, subtemas

Además, como se observa en la Figura 4, se pueden realizar actividades con ponderación automática, a fin de identificar los temas que el estudiante necesita reforzar, para acceder en el tiempo de su elección.

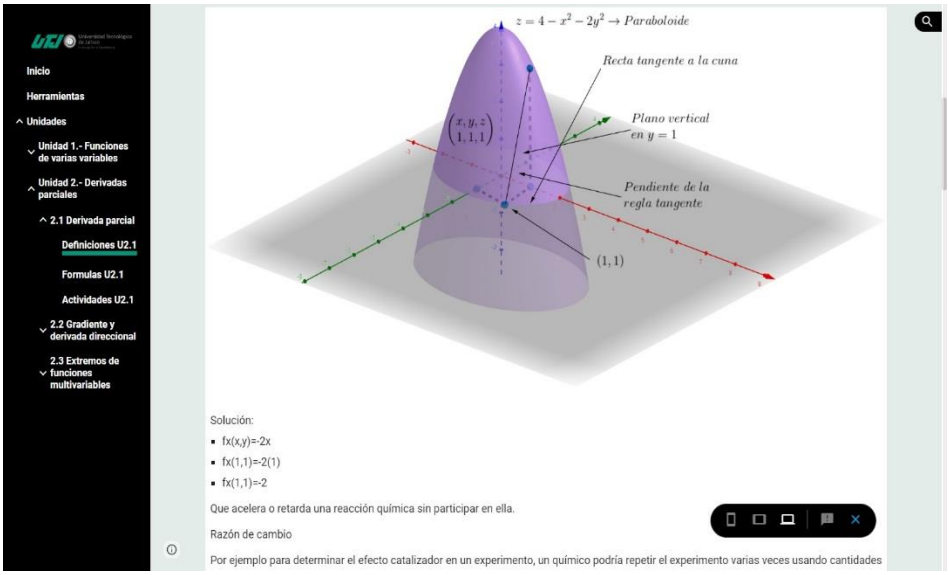


Figura 4: Interfaz de actividad

Por último se realizaron las pruebas correspondientes para revisar funcionalidad con resultados satisfactorios; los casos de prueba se llevaron a cabo con el apoyo de estudiantes del PE de TSU en TIC de la UTJ, donde se llevó a cabo el registro en línea de 28 usuarios en el Sistema a través de los laboratorios de cómputo de la División en la UTJ, lo que permitió determinar áreas de oportunidad para la herramienta en los procesos de registro, conectividad y respuesta a peticiones, lo que permitió realizar las adaptaciones correspondientes que lograra el desempeño óptimo de la herramienta, permitiendo verificar el procesamiento de las operaciones con respecto a las entradas y salidas esperadas, las cuales se definieron en cada caso de prueba.

 ISSN 2007-8102

Para monitorear la implementación, al finalizar el ciclo se realizó el comparativo de porcentajes de reprobación con el precedente del año anterior y se encontró una diferencia de 5% y del formulario en Google, en la evaluación relativa a la aceptación de la herramienta virtual, así como sus principales beneficios se aprecian en la Figura 5.



Figura 6: Respuestas al cierre del ciclo escolar

Conclusiones

La plataforma a través de GeoGebra posibilitó que los alumnos reconocieran y comprendieran las propiedades de los objetos matemáticos.
Integrando estos conocimientos y estrategias a través del trabajo colaborativo, solucionaron problemas de su contexto, en red y de forma interactiva; trascendieron los conceptos trabajados.
En los comentarios dentro del formulario de cierre del ciclo escolar, se destacan el desarrollo de habilidades de autogestión (direccionalización de la atención/auto-experimentación), responsabilidad y reacciones adaptativas, así como la importancia de alternar la presencialidad, semipresencialidad y virtualidad.
Aún se requiere como segunda etapa, para su implementación en campo por un periodo extenso, de forma tal, que permita evaluar el impacto en el cohorte generacional, para lo cual se visualiza capacitar a los docentes en el uso de ambientes virtuales y procesos de enseñanza para la nueva generación digital, además contempla una evolución previsible de la herramienta, la cual al momento, contiene la alineación de módulos de acuerdo a las características y actualizaciones de los planes de estudios, con la finalidad de apoyar los indicadores de proceso.

Agradecimientos

Agradecemos al Rector de la Universidad Tecnológica de Jalisco, el Dr. Héctor Pulido González y al Secretario Académico Mtro. Francisco García Romero por brindar los medios, mecanismos y facilidades para la realización de este proyecto derivado del trabajo del UTJAL-CA-2

Referencias

[1] M. G. Amado Moreno, A.García Velázquez, B. I. Sánchez Luján, R.A. Brito Páez,, "*Causas de la reprobación en ingeniería visión del estudiante*". V Congreso Internacional de Educación. Universidad Autónomo de Baja California, 13-16 nov., Mexicali, Baja California, México.2013

[2] Flower, Martin y Kendall Scott,*UML gota a gota* Addison Wesley 1-5, 1999

[3] A. González Montes, L.F. Rodríguez Galván, J.L. Treviso Burciaga, S. Flores Payán, M.A. Makita Aguilar, "*Factores que afectan el rendimiento escolar de los alumnos de ingeniería industrial del Instituto Tecnológico de Chihuahua II*". 4º. Congreso Internacional de Investigación 27-29 sept., Nuevo Casas Grandes, Chihuahua , México. 2011.

[4] Larman Craug, "*UML Patrones. Una introducción al análisis y diseño orientado a objetos y al proceso unificado*". Prentice Hall. 2003

[5] C. Mánica Zuccolotto, T.E. Cetina Canto, L.M. Pinzón Lizárraga, "*Propuestas para disminuir el índice de reprobación en una IES bajo una perspectiva de Desarrollo Organizacional*". Octavo foro de Evaluación Educativa 22-24 oct., Mérida Yucatán, México. 2008

[6] Swartz, a. (2013) Aaron Swartz's A Programmable Web. An Unfinished Work. San Rafael, CA. Morgan y Claypool Publishers. 2008

[7] T. Tseng, M.Grim, A. Mickalide, K. Wilson, C.N. Thomas, M. Martin, y D. Kamholtz, "*The health education specialist. A companion Guide for professional excellence".* Whitehall, PA: National Commission for health education credentialing, Inc. 2010

[8] F. Trujillo*, "Nuevos aprendizajes. Nuevos artefactos para nuevos aprendices. En Artefactos digitales".* Una escuela digital para la educación de hoy pp. 7-13. Barcelona. Graó. 2014

[9] L.G. Vega Pérez, "*Modelo Educativo para el Siglo XXI: formación y desarrollo de competencias profesionales"*, México: Secretaría de Educación Pública, Dirección General de Educación Superior Tecnológical. 2012

[10] B. García, "*Diseño y validación de un odelo de evaluación por competencias en la Universidad*". Tesis Doctoral. Barcelona Universidad Autónoma de Barcelona. 2010

[11] S. Fuentes y P. Rosario "*Mediar para la Autorregulación del Aprendizaje: Un Desafío Educativo para el Siglo XXI*".Chile: Instituto Internacional para el Desarrollo Cognitivo, INDESCO. Facultad de Ciencias de la Educación. Universidad Central de Chile.

Industria 4.0 y su inclusión en la educación superior: un estudio de caso

J. Carro Suárez[1], S. Sarmiento Paredes[2], F. Flores Salazar[1], I. Flores Nava[1], R. Hernández Hernández[1]*
[1]Programa Educativo de Ingeniería Mecatrónica, Universidad Politécnica de Tlaxcala, Avenida Universidad Politécnica No. 1, San Pedro Xalcatzingo Tepeyanco, C.P. 90180 Tlaxcala, México.
[2]Facultad de Ciencias Económico-Administrativas, Universidad Autónoma de Tlaxcala, Avenida Ribereña S/N, C.P. 90000 Tlaxcala, México.
**jorge.carro@uptlax.edu.mx*

***Área de participación**: Investigación Educativa*

Resumen

El objetivo del presente trabajo fue identificar qué tecnologías emergentes son determinantes para fortalecer la formación profesional de estudiantes de Ingeniería en la nueva revolución digital conocida como Industria 4.0, considerando como caso de estudio el programa educativo de Ingeniería Mecatrónica de la Universidad Politécnica de Tlaxcala, México. Para tal fin, se diseñó un instrumento de medición y se aplicó a estudiantes próximos a egresar considerando su autopercepción sobre el impacto de diez tecnologías emergentes en la industria actual y en su formación profesional. Con la información recabada, se realizó un análisis estadístico inferencial. Los resultados revelaron la existencia de correlaciones significativas entre tecnologías que se complementan para fortalecer la formación profesional de los estudiantes, por lo que se concluye que es pertinente que en los planes de estudio actuales se incorporen tecnologías y conceptos claves de Industria 4.0 para impulsar el sector educativo superior.

***Palabras clave**: Industria 4.0, tecnología digital, Ingeniería.*

Abstract

The aim of the present research was to identify which emergent technologies are determinant to strengthen the professional formation of students of Mechatronic Engineering in the new digital revolution known as Industry 4.0, considering as a case study the Polytechnic University of Tlaxcala, Mexico. For this purpose, a measurement instrument was designed and applied to students close to graduation considering their self-perception on the impact of ten emerging technologies in the current industry and in their professional formation. With the information collected an inferential statistical analysis was carried out. The results revealed the existence of significant correlations between technologies that complement each other to strengthen the professional formation of students, so it is concluded that it is pertinent that current study plans incorporating technologies and key concepts of Industry 4.0 to boost the higher education sector.

***Key words**: Industry 4.0, digital technology, Engineering.*

Introducción

El desarrollo tecnológico a través de la historia ha generado un alto impacto en los sistemas de manufactura, desde la máquina de vapor, la producción en masa y la automatización computarizada hasta llegar a lo que hoy se denomina Industria 4.0, reconocida como la cuarta revolución industrial [1]. Este concepto se originó como una estrategia del gobierno de Alemania para promover los procesos digitales y su aplicación en el sector de manufactura [2]. Es considerado como una nueva fase de digitalización basada en la creciente demanda y generación de datos, en el poder de los sistemas computacionales, en la conectividad y en nuevas formas de interacción humano-máquina, con grandes mejoras en la transferencia digital debido a los avances significativos en robótica e impresión 3D [3], cuyo enfoque viene dado hacia la digitalización de productos y servicios, y a la apertura de nuevos modelos de negocios [4].

Esta nueva era digital viene representada por diez tecnologías emergentes que buscan potenciar los procesos de manufactura [5]: el Big Data, como la recopilación y evaluación de datos recabados por equipos y sistemas de producción [6]; robots autónomos para realizar tareas de forma inteligente, segura, flexible, versátil, colaborativa y automática [7]; simulación, para aprovechar el flujo de datos en tiempo real y reflejar el mundo físico en un modelo virtual [6]; integración de sistemas, bajo tres niveles principales: integración horizontal en la red de creación de valor, de extremo a extremo considerando todo el ciclo de vida del producto e integración vertical para sistemas de manufactura en red [8]; internet de las cosas representando una red global de objetos direccionados e interconectados entre sí que se comunican a través de protocolos permitiendo una mayor automatización [9]; ciberseguridad para la protección de sistemas críticos, así como de líneas de producción ante ataques cibernéticos [6]; *cloud computing* (la nube) ante la necesidad de un mayor almacenamiento e intercambio de datos entre organizaciones en tiempos de reacción en milisegundos [6]; manufactura aditiva o impresión 3D, ideal para procesos que requieren la fabricación de geometrías de alta complejidad, difíciles de realizar a través de procesos de manufactura convencionales [10]; realidad virtual/aumentada la cual, consiste en combinar contenidos digitales con contenidos físicos para construir una realidad mixta en tiempo real [11] y manufactura digital como la aplicación en conjunto de Ingeniería Inversa (RE), Diseño Asistido por Computadora (CAD), Ingeniería Asistida por Computadora (CAE) y Manufactura Asistida por Computadora (CAM) para el diseño y fabricación de productos de forma virtual antes de llevarlos al mundo real [5].

Estas tecnologías no sólo han impactado a nivel industrial, sino también han venido a repercutir en el sistema educativo, con la necesidad de incorporar a las instituciones educativas de nivel superior para divulgar el nuevo conocimiento y preparar el recurso humano con las competencias que estas nuevas tecnologías requieren [1]. De acuerdo con Fierro y Díaz [12], la nueva educación debe y tiene que convivir de forma equilibrada con las tecnologías orientadas a los sistemas computacionales como la Robótica, la Inteligencia Artificial, Sistemas Inteligentes, Realidad Virtual, Realidad Aumentada, Big Data y áreas relacionadas con la Inteligencia Emocional, sin olvidar aspectos de conciencia colectiva y socioformación como puntos de unión a través de una colaboración continua.

Grandes empresas en el mundo ya utilizan herramientas digitales para mejorar sus productos y tiempos de respuesta ante un mercado globalizado [13]. Sin embargo, también se enfrentan a la escasez de profesionales altamente calificados con una formación universitaria que se ajuste a los requisitos actuales de Industria 4.0 [14], y con un profundo conocimiento de la interrelación entre componentes mecánicos, electrónicos y computacionales para desarrollar productos innovadores y resolver problemas relacionados con la calidad [15]. Asimismo, en la empresa moderna es importante y necesario dominar todos los bloques involucrados en la producción, por lo que el talento humano debe trabajar en conjunto y no depender de un experto en todas las ciencias, sino en uno que conjugue varias especialidades, como lo es un Ingeniero Mecatrónico [16]. De acuerdo con Kahale [17], la Fundación FP dual Bakia en su boletín No. 2 señala que las áreas de Robótica y Mecatrónica son unas de las profesiones que se requieren principalmente para la cuarta revolución industrial, por lo que su demanda a futuro está garantizada. No obstante, también menciona que la Industria 4.0 estará destinada para aquellas personas altamente calificadas en competencias en ciencias, ingeniería, tecnología y matemáticas de educación universitaria o bien de un perfil técnico procedente de formación profesional superior.

Con base en lo anterior, el presente trabajo tuvo como objetivo identificar qué tecnologías emergentes son determinantes para fortalecer la formación profesional de estudiantes de Ingeniería Mecatrónica con un enfoque hacia Industria 4.0, tomando como caso de estudio la Universidad Politécnica de Tlaxcala, México.

Metodología

Diseño de la Investigación

En el presente trabajo se realizó una investigación de tipo cuantitativa, no experimental, transversal y descriptiva para determinar las características de una población específica. Se consideró un estudio de caso para analizar una unidad holística y fortalecer el desarrollo teórico [18].

Instrumento de evaluación y objeto de estudio

Se diseñó un instrumento de 50 reactivos con base en las diez tecnologías emergentes de Industria 4.0. Para su medición se aplicó una medida métrica en intervalos con un orden entre categorías. Asimismo, se aplicó el método de escalamiento Likert, considerando una escala de cinco categorías de respuesta con unidades métricas del 1 al 5, en donde el 1 se especifica como nada determinante, 2 poco determinante, 3 indiferente, 4 determinante y 5 muy determinante.

El instrumento fue validado por juicio de expertos; para tal fin se invitó a seis jueces de amplia trayectoria profesional, expertos en el tema y con reconocimiento por la comunidad académica [19]. Dicho instrumento se aplicó a estudiantes de noveno cuatrimestre del Programa Educativo de Ingeniería Mecatrónica de la Universidad Politécnica de Tlaxcala que fue considerada como objeto de estudio. Con el software STATS 2.0 se calculó la muestra con un universo (N) de 148 alumnos matriculados, error máximo permisible del 5%, porcentaje estimado de la muestra del 50% y un nivel de confianza deseado del 95%. Su confiabilidad se calculó empleando el índice de alfa de Cronbach, que es el más utilizado en este tipo de investigaciones [18].

Análisis e interpretación de datos

Con los datos recabados se realizó un análisis de varianza (ANOVA) con prueba de Tukey para identificar qué tecnologías emergentes de Industria 4.0 son percibidas como determinantes y qué tan significativas son para los estudiantes de Ingeniería Mecatrónica de la Universidad Politécnica de Tlaxcala en su formación profesional.

Posteriormente, ante el requerimiento de identificar la existencia de correlaciones significativas entre los factores de Industria 4.0, se determinó realizar un análisis de correlación Pearson que permitiera identificar qué tecnologías se relacionan entre sí y como puede influir una con respecto a otra para poder complementarse mutuamente, con el fin de determinar áreas de oportunidad que fortalezcan la formación profesional de un estudiante de Ingeniería Mecatrónica en materia de Industria 4.0. El análisis estadístico se realizó empleando Minitab 17® y SPSS 21®.

Resultados y discusión

Confiablidad del instrumento

La muestra significativa para la aplicación del instrumento de acuerdo con STATS 2.0 fue de 107 estudiantes. No obstante, el instrumento se aplicó a 136 estudiantes, lo que representó el 92% de la población. El resultado de su confiabilidad fue de 0.963, lo que representa una confiabilidad elevada [18].

Análisis de varianza (ANOVA)

El resultado del análisis ANOVA demostró la existencia de diferencias significativas en la percepción de las diez tecnologías emergentes al presentar un valor de $p < 0.000$. Asimismo, con la prueba Tukey se identificaron qué tecnologías presentaron dichas diferencias. En la tabla 1 se muestran los resultados.

Tabla 1. Prueba Tukey para tecnologías emergentes de Industria 4.0

Tecnología	Nivel de determinación[1]	
Internet de las cosas	4.42 ± 0.1309	A
Robots Autónomos	4.32 ± 0.1309	A
Manufactura Digital	4.24 ± 0.1309	A B
Simulación	4.14 ± 0.1309	A B C
Big Data	4.13 ± 0.1309	A B C
Manufactura Aditiva	3.96 ± 0.1309	B C D
Ciberseguridad	3.95 ± 0.1309	B C D
Integración de Sistemas	3.92 ± 0.1309	B C D
Realidad Virtual/Aumentada	3.86 ± 0.1309	C D
Cloud Computing	3.70 ± 0.1309	D

[1] Los valores con letras iguales no mostraron diferencias significativas ($p < 0.05$)
Fuente: elaboración propia con base en resultados obtenidos por Minitab 17®

La prueba Tukey reveló que los estudiantes consideran determinante para su formación profesional contar con capacidades profesionales sobre el Internet de las cosas, los robots autónomos, la manufactura digital, simulación y el big data, ya que estas tecnologías presentan una media superior a 4.0. Asimismo, consideran con tendencia hacia determinante la manufactura aditiva, ciberseguridad, integración de sistemas, realidad virtual/aumentada y *cloud computing* al estar con una media de 3.5 y 4.0.

Se resalta el internet de las cosas con la mayor media de 4.2, debido a que los estudiantes consideran que contar con capacidades sobre instalación, uso y conocimiento sobre sensores y actuadores tiene una tendencia hacia muy determinante. En la actualidad, con la incorporación de sensores en la maquinaria y en todo tipo de procesos se pueden prevenir y anticipar desperfectos, así como generar millones de datos para cuantificar y procesar información valiosa que ayudará a mejorar los procesos productivos. A través del internet de las cosas se realiza una comunicación multidireccional entre máquinas, productos y personas, facilitando la toma de decisiones, ya que por medio de nuevos sensores y actuadores, en combinación con otras tecnologías, se impulsa el desarrollo de máquinas autónomas y sistemas inteligentes en el futuro [20], por lo que es necesario e importante contar con conocimientos y habilidades para interconectar dichos dispositivos en los procesos en conjunto con otros elementos (como robots, drones, maquinaría), así como controlarlos y monitorearlos a través de redes de internet. En contraparte, el manejo de *cloud computing* (la nube) presentó la media más baja con 3.70 y una tendencia hacia determinante, ya que consideran que en su formación sólo es determinante contar con la capacidad de diseñar recursos computacionales (redes, servidores, almacenamiento y apps) para digitalizar procesos, lo que se traducirá en una producción más eficiente y flexible, con costos más bajos y de mejor calidad [21].

Análisis de correlación Pearson

Siguiendo la metodología planteada, en la Tabla 2 se presentan los hallazgos obtenidos por el análisis de correlación Pearson, resaltando las tecnologías que presentaron mayores correlaciones entre sí. El grado de correlación se determinó con base en el criterio de Hernández-Sampieri y Mendoza [18].

Tabla 2. Análisis de correlación Pearson para tecnologías emergentes de Industria 4.0

Tecnologías	Tecnologías correlacionadas (Áreas de oportunidad)	Coeficiente de Pearson (r)	Sig.	Grado de correlación
Simulación	Integración de Sistemas	0.679**	0.000	Moderada
	Ciberseguridad	0.652**	0.000	Moderada
	Big Data	0.638**	0.000	Moderada
	Manufactura Digital	0.633**	0.000	Moderada
	Internet de las Cosas	0.621**	0.000	Moderada
Integración de Sistemas	Ciberseguridad	0.716**	0.000	Moderada
	Manufactura Aditiva	0.686**	0.000	Moderada
	Realidad Virtual/Aumentada	0.685**	0.000	Moderada
	Simulación	0.679**	0.000	Moderada
	Manufactura Digital	0.676**	0.000	Moderada
	Big Data	0.636**	0.000	Moderada
Ciberseguridad	Realidad Virtual/Aumentada	0.788**	0.000	Moderada
	Internet de las Cosas	0.745**	0.000	Moderada
	Integración de Sistemas	0.716**	0.000	Moderada
	Simulación	0.652**	0.000	Moderada
	Cloud Computing	0.642**	0.000	Moderada

	Manufactura Aditiva	0.639**	0.000	Moderada
Internet de las Cosas	Ciberseguridad	0.745**	0.000	Moderada
	Realidad Virtual/Aumentada	0.712**	0.000	Moderada
	Cloud Computing	0.627**	0.000	Moderada
	Simulación	0.621**	0.000	Moderada
Realidad Virtual/Aumentada	Ciberseguridad	0.788**	0.000	Moderada
	Internet de las Cosas	0.712**	0.000	Moderada
	Integración de Sistemas	0.685**	0.000	Moderada
	Cloud Computing	0.673**	0.000	Moderada
	Manufactura Aditiva	0.639**	0.000	Moderada
	Manufactura Digital	0.604**	0.000	Moderada

**. La correlación es significativa al nivel 0,01 (bilateral).
Fuente: elaboración propia con base en resultados obtenidos por SPSS 21®

Los resultados obtenidos de la correlación Pearson revelaron la importancia que tienen las siguientes tecnologías y cómo pueden fortalecer la formación de un Ingeniero Mecatrónico en la actualidad.

Simulación

Esta tecnología requiere que un Ingeniero Mecatrónico tenga capacidades para simular procesos y líneas de producción, lo cual incluye sistemas mecánicos, eléctricos y electrónicos a través de simuladores virtuales o por medio de algoritmos. No obstante, hay que complementar su formación con capacidades tales como realizar simulaciones para automatizar procesos y maquinaria, diseñar redes de comunicación digitales y de encriptamiento de datos, aplicación de nuevas tecnologías de escaneado y modelado 3D (Ingeniería Inversa) y el monitoreo de dispositivos autónomos en tiempo real, lo que incluye el manejo e interpretación de grandes bancos de datos (Big Data).

Integración de sistemas

En esta tecnología, el Ingeniero Mecatrónico relaciona los procesos de automatización con la gestión del ciclo de vida del producto, los sistemas de planificación de recursos, los sistemas orientados a la ejecución de la fabricación y al diseño de dispositivos inteligentes. Para ello, también se debe tener la capacidad de diseñar sistemas y software de protección por medio de sistemas de visión y biométricos, operar y diseñar software y hardware para impresoras 3D, modelar prototipos, interconectar procesos y maquinaria, y simular su comportamiento en ambientes virtuales, así como administrar, interpretar y analizar datos por medio de software estadístico.

Ciberseguridad

La importancia de diseñar software de protección y encriptamiento de datos, sistemas de visión, vigilancia, identificación y redes de comunicación digitales es de vital importancia en la formación profesional de un Ingeniero Mecatrónico en la actualidad. Asimismo, es vital que esta tecnología se complemente con conocimientos para realizar simulaciones de situaciones reales y/o de prototipos en ambientes virtuales e interconectar, controlar y automatizar procesos críticos en tiempo real y a través del manejo de la nube.

Internet de las Cosas

Además de la capacidad que el Ingeniero Mecatrónico ya presenta en el uso y manejo de sensores y actuadores, de interconectar dispositivos en los procesos, de automatizarlos, controlarlos, monitorearlos y recopilar información a través del uso de internet, también es importante que pueda diseñar sistemas de protección por medio de software o por la nube, y simular todas sus operaciones en ambientes virtuales y en tiempo real.

Realidad virtual/aumentada

Finalmente, hoy en día los ambientes virtuales permiten al Ingeniero Mecatrónico simular procesos, productos y prototipos antes de su fabricación. No obstante, para su seguridad es importante considerar implementar sistemas de visión y biométricos controlados en tiempo real por medio de internet o la nube, automatizarlos por medios tradicionales o dispositivos inteligentes y simular procesos de manufactura aditiva y digital con base en sistemas RE, CAD, CAE y CAM.

Trabajo a futuro

Para dar continuidad a la presente investigación, se plantea realizar un análisis global considerando a los Programas Educativos con los que cuenta la Universidad Politécnica de Tlaxcala que son Ingeniería Industrial, Química, Biotecnología y Tecnologías de la Información, así como en otras instituciones del estado que cuenten con programas académicos de ingeniería para identificar correlaciones significativas que permitan relacionar y determinar capacidades comunes en Industria 4.0 y que sirva de sustento para evolucionar a Industria 5.0

Conclusiones

Los retos a los que se enfrenta un Ingeniero en el futuro son claros, hay que fortalecer las capacidades relacionadas con las plataformas digitales, especialmente, explotar el potencial del Internet de las Cosas y de la nube. Ante un panorama globalizado, la necesidad de comunicarse con cualquier usuario (sea persona o empresa), en cualquier momento y desde dispositivos móviles sin la necesidad de hacerlo en físico es de gran ventaja en la actualidad [21].

Aunque Industria 4.0 es la nueva tendencia para las empresas, su implementación aún requiere atención en temas de seguridad informática ante la necesidad de mantener la integridad de los procesos de producción y el conocimiento industrial contenidos en infinidad de archivos electrónicos generados por dispositivos de automatización [22], lo que conlleva a la necesidad de implementar aspectos claves de Ciberseguridad.

El análisis inferencial reveló la actualidad de la Industria 4.0 desde un punto de vista particular. No obstante, en México el proceso de adopción de la nueva tecnología digital aún es incipiente por la brecha tecnológica, la baja conectividad y la falta de talento, por lo que se requiere que las instancias gubernamentales y educativas trabajen en conjunto para establecer iniciativas que impulsen estas tecnologías emergentes tal como lo menciona Ynzunza y col. [1].

Por último, se destaca la velocidad con la que se está desarrollando la realidad virtual y aumentada, con tecnología de vanguardia que permite visualizar ambientes y entornos virtuales para el desarrollo de proyectos, procesos y productos de una manera sencilla, económica y confiable. En México ya existen empresas que se dedican a implementar y desarrollar esta tecnología [23]. Sin embargo, el sector educativo aún no goza de esos beneficios, por lo que es pertinente considerar su inserción en los programas educativos, especialmente, en los de ingeniería.

Las perspectivas en la industria para un Ingeniero Mecatrónico con conocimientos sobre Industria 4.0 son buenas, ya que estas tecnologías no sólo se enfocan actualmente hacia el sector industrial, sino que cada vez abarcan más campos de aplicación, como el entretenimiento, marketing, medicina, pedagogía y defensa [23].

Aquellas empresas que logren alcanzar la ola de la Industria 4.0, alcanzarán el éxito en sus respectivos sectores, y las que no, sin duda se verán en un serio aprieto en el futuro [24]. Por lo que en esta nueva era digital, los estudiantes de nivel superior deberán desarrollar nuevos talentos y conocimientos, complementando los ya adquiridos para ser parte importante y prevalecer profesionalmente en esta nueva revolución industrial.

Referencias

[1] C. B. Ynzunza, J.M. Izar, J. G. Bocarando, F. Aguilar and M. Larios, “El entorno de la Industria 4.0: Implicaciones y Perspectivas Futuras,” *Conciencia Tecnológica,* no. 54, pp. 02-23, 2017.

[2] T. K. Sung, "Industry 4.0: A Korea perspective," *Technological Forecasting & Social Change*, no. 132, pp. 40-45, 2017.
[3] J. Lee, E. Lapira, B. Bagheri and H. Kao, "Recent advances and trends in predictive manufacturing systems in big data environment," *Manufacturing Letters*, no. 01, pp. 38-41, 2013.
[4] F. Zezulka, P. Marcon, I. Vesely and O. Sajdl, "Industry 4.0- An Introduction in the phenomenon," *IFAC PapersOnLine*, vol. 49, no. 25, pp. 08-12, 2016.
[5] J. Carro, F. Flores, I. Flores and R. Hernández, "Industry 4.0 and Digital Manufacturing: a design method applying Reverse Engineering," *Revista Ingeniería*, vol. 01, no. 24, pp. 06-28, 2019.
[6] P. Gerbert, M. Lorenz, M. Rubmann, M. Waldner, J. Justus, P. Engel M. and Harnisch, Industry 4.0: The future of productivity and growth in Manufacturing Industries. Recuperado de: https://www.bcg.com/publications/2015/engineered_products_project_business_industry_4_future_productivity_growth_manufacturing_industries.aspx 2015
[7] M. A. K. Bahrin, M. F. Othman, N. H. N. Azli M. F. and Talib, "Industry 4.0: a review on industrial automation and robotic," *Jurnal Teknologi*, no. 78, pp. 137-143, 2016.
[8] T. Stock and G. Seliger, "Opportunities of Sustainable Manufacturing in Industry 4.0," *13th Global Conference on Sustainable Manufacturing. Decoupling Growth from Resource Use*, no. 40, pp. 536-541, 2016.
[9] E. Hozdic, "Smart Factory for industry 4.0: a review," *International Journal of Modern Manufacturing Technologies*," vol. 07, no. 01, pp. 28-35, 2015.
[10] M. Garzón, "Manufactura 3D: su lugar en el futuro de la industria," *Revista Metalmecánica Internacional*," no. 21, pp. 10-15, 2019.
[11] Asociación Clúster de Automoción de Navarra [ACAN], "La industria 4.0. Tecnologías habilitadoras," Recuperado de: http://clusterautomocionnavarra.com/wp-content/uploads/2017/10/ACAN-Tecnolog%C3%ADas_habilitadoras.pdf 2017.
[12] C. R. Fierro and S. A. Diaz, "La cuarta revolución industrial en la educación," Recuperado de: https://www.oei.es/historico/divulgacioncientifica/?La-cuarta-revolucion-industrial-en-la-educacion 2017.
[13] W. Cardoso, W. J. Azzoli, J. F. Bertosse, E. Bassi and E. S. Ponciano, "Digital manufacturing, industry 4.0, cloud computing and thing internet: Brazilian contextualization and reality," *Independent Journal of Management & Production*, vol. 08, no. 02, pp. 459-473, 2017.
[14] J. L. Del Val, "Industria 4.0: la transformación digital de la industria," Facultad de Ingeniería de la Universidad de Deusto. Recuperado de: http://coddii.org/wp-content/uploads/2016/10/Informe-CODDII-Industria-4.0.pdf 2016.
[15] S. Erol, A. Jager, P. Hold, K. Ott and W. Sihn, W. "Tangible Industry 4.0: a scenario-based approach to learning for the future pf production," *6th CLF- 6th CIRP Conference on Learning Factories*, no. 54, pp. 13-18, 2016.
[16] J. P. Pazmiño and W. P. Quintuña, "La Mecatrónica: sistemas de automatización en serie," *Universitas, Revista de Ciencias Sociales y Humanas*, no. 05, pp. 149-161, 2004.
[17] D. T. Kahale, "La formación (Española e italiana) en la Industria 4.0," *Labour & Law Issues*, vol. 02, no. 02, pp. 02-30, 2016.
[18] R. Hernández-Sampieri and C. P. Mendoza, "*Metodología de la Investigación. Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta*," Ciudad de México: McGraw-Hill, 2018.
[19] J. Escobar-Pérez and A. Cuervo-Martínez, "Validez de contenido y juicio de expertos: una aproximación a su utilización," *Avances de Medición*, vol. 06, no. 01, pp. 27-36, 2008.
[20] A. I. Basco, G. Beliz, D. Coatz and P. Garnero, "Industria 4.0 Fabricando el futuro," Recuperado de: https://publications.iadb.org/publications/spanish/document/Industria-40-Fabricando-el-Futuro.pdf 2018.
[21] L. F. Ortiz, J. D. Fernández, S. Cadavid, and C. J. Gallego, "Computación en la nube: estudio de herramientas orientadas a la Industria 4.0," *Lámpsakos*, no. 20, pp. 68-75, 2018.
[22] J. Hall, "La internet industrial de las cosas y la industria 4.0 en colada por gravedad," Disponible en: http://www.cmhmfg.com/pdf/SS_2018_Spring_CMH_SP.pdf 2018.
[23] ProMéxico, "Realidad virtual y aumentada. Usos y aplicaciones," Recuperado de: http://mim.promexico.gob.mx/work/models/mim/templates-new/Publicaciones/Notas/Usos-aplicaciones-realidad-virtual.pdf 2018.
[24] J. Hernández, (2018). El impacto de la industria 4.0 para los retos futuros en Ingeniería respecto a la educación. Recuperado de: https://www.oei.es/historico/divulgacioncientifica/?El-impacto-de-la-industria-4-0-para-los-retos-futuros-en-Ingenieria-con 2018.

Aprendizaje basado en problemas: estrategia para implementar el sistema Web Gestión de Espacios Públicos Seguros

G. Robles Calderón[1], R. Mora Reyes[1], L.M. García Martínez[2],* K. M. Pérez Rodríguez[3]
[1]Cuerpo Académico Innovación y Desarrollo Tecnológico, TecNM/Instituto Tecnológico Superior de Teziutlán, Fracción I y II, S/N, Aire Libre, C.P. 73960, Teziutlán, Puebla. México
[2]División de Ingeniería Mecatrónica, TecNM/Instituto Tecnológico Superior de Teziutlán, Fracción I y II, S/N, Aire Libre, C.P. 73960, Teziutlán, Puebla. México
[3]Alumna de la Maestría en Sistemas Computacionales. TecNM/Instituto Tecnológico Superior de Teziutlán, Fracción I y II, S/N, Aire Libre, C.P. 73960, Teziutlán, Puebla. México
**guadalupe.rc@teziutlan.tecnm.mx*

***Área de participación**: Investigación Educativa*

Resumen

Hoy en día los espacios públicos se han vuelto un reto de innovación y mejoramiento de calidad de vida de los ciudadanos y turistas que visitan las diferentes ciudades del país. Para ello las Secretarías encargadas de las obras respecto a espacios públicos tienen la responsabilidad de ejecutar proyectos encaminados en el rescate y rehabilitación de los espacios públicos que promuevan la salud y bienestar social.

La Alcaldía de Benito Juárez registra que el robo y/o asalto en la población se encuentra en los niveles altos con un 71.2%, derivado de lo anterior la Alcaldía se encuentra en pro de la recuperación del espacio público y la seguridad de los mismos a través de la implementación de un sistema Web para gestionar e identificar geoespacialmente los espacios públicos con la finalidad de diseñar estrategias que permitan la construcción de espacios seguros para los (as) ciudadanos en la Alcaldía.

***Palabras clave**: espacio, público, aplicación, seguridad.*

Abstract

Today public spaces have become a challenge for innovation and improvement of the quality of life of citizens and tourists who visit the different cities of the country. For this, the Secretariats in charge of the works regarding public spaces have the responsibility of executing projects aimed at the rescue and rehabilitation of public spaces that promote health and social welfare.

The Mayor's Office of Benito Juárez registers that theft and / or assault in the population is at high levels with 71.2%, derived from the above, the Mayor's Office is in favor of the recovery of public space and their security to through the implementation of a Web system to manage and identify public spaces geospatially in order to design strategies that allow the construction of safe spaces for citizens in the Mayor's Office.

***Key words**: space, public, application, security.*

Introducción

En la actualidad, los entornos de aprendizaje a los que se enfrentan los estudiantes son cada vez más diversos derivado de los cambios educativos que se presentan y sobre todo porque las empresas prefieren hoy en día profesionistas especializados y cualificados. El decreto de creación del Tecnológico Nacional de México (TecNM) fortalece el compromiso con la sociedad, brindando planes y programas de estudio con un enfoque tecnológico y vinculados con los distintos sectores

de la economía nacional y mundial, implementando estrategias de integración institucional y visión de futuro en el desarrollo de la ingeniería mexicana[1].

Es por lo anterior que, el Tecnológico Nacional de México, precursor de atender las necesidades educativas regionales, nacionales e internacionales a considerado actualizar su Modelo Educativo denominándolo: "Innovar para Innovar". Dicho Modelo Educativo tienen como elementos orientadores los principios filosófico, educativo, organizacional, normativo y socioeconómico, así como las tendencias tecnológicas, el ecosistema emprendedor y la vinculación, considerando las nuevas tecnologías hacia las profesiones del futuro para impulsar la formación de un egresado como agente de cambio[2] que pueda incorporarse de manera positiva en los entorno laborales demandantes.

El Modelo Educativo del TecNM está constituido por seis ejes que le dan dirección y articulación, los cuales son:

- Eje 1. El Egresado como agente de Cambio.
- Eje 2. Académico: Múltiples entornos de aprendizaje.
- Eje 3. Investigación, Innovación y Emprendimiento.
- Eje 4. Fortalecimiento del Profesorado.
- Eje 5. Inclusión y Equidad.
- Eje 6. Gestión y Gobernanza.

El Modelo Educativo del TecNM tiene como eje inicial el Eje Académico: Múltiples entornos de aprendizaje, el cual fundamenta el desarrollo del proceso educativo para la formación de profesionales, que impulsen el crecimiento de los distintos sectores en los que participan, a través del desarrollo tecnológico. El Eje Académico fomenta el aprendizaje constructivista, colaborativo, activo, dual/alternativo y el uso de las tecnologías de la información y comunicación, generando innovación de procesos y productos, con alto compromiso ético y moral ante la sociedad global[3] (Ver Figura 1).



Figura 1. Eje 2 – Académico. Recuperado de: https://nme.tepic.tecnm.mx/inicio

Para el presente trabajo se consideró el Eje Académico, donde el ***Aprendizaje Basado en Problemas (ABP)*** toma importancia para la contribución de un aprendizaje significativo y de transcendencia para el estudiante. El ABP es una metodología de aprendizaje en la que el punto de partida es un problema o situación que permite al estudiante identificar necesidades para comprender mejor ese problema o situación[4]. Debe recordarse que los problemas son situaciones utilizadas como punto de partida para identificar necesidades de aprendizaje.

Para poder llevar a cabo la aplicación del ***Aprendizaje Basado en Problemas (ABP)***, se firmó un Convenio de Colaboración con la Alcaldía Benito Juárez en la CDMX, ya que actualmente en dicha Alcaldía no existe una base de datos de conocimiento de información geoespacial de los espacios públicos además de que la información existente no se almacena en base de datos de tecnología de punta; ante esto los funcionarios pierden mucho tiempo al desarrollar su trabajo y es complicada

la realización de informes y/o generar estrategias oportunas para prevenir delitos o diseñar espacios públicos seguros para la ciudadanía[5], lo anterior reportado en el artículo: “Espacios Públicos Seguros: Políticas Urbanas con enfoque de Seguridad Ciudadana” escrito por Carla Miranda Chiguindo y José Gutiérrez Chaparro, doctorante y profesor-investigador respectivamente de Facultad de Planeación Urbana y Regional, Universidad Autónoma del Estado de México y reafirmado por Subdirector de Sistemas de Información Geográfica y Datos Espaciales de la Secretaría de Finanzas, Pedro Alberto Valdés Rangel. Con este escenario, se da pie a aplicar este tipo de metodología de aprendizaje para poder implementar una solución de software que permita la gestión de los espacios públicos seguros de la Alcaldía Benito Juárez de la Ciudad de México.

Ante esto, con el presente proyecto se implementó un sistema Web que permite la gestión y planeación de los espacios públicos seguros de la Alcaldía Benito Juárez. La Alcaldía requiere proponer y divulgar estándares, metodologías, normas y lineamientos respecto los sistemas de información, software, intercambio de información, uso de equipo, certificación, seguridad, desarrollo de sistemas, integridad de la información y mantenimiento, en beneficio de los benitojuarenses aplicando ABP con las 8 fases que lo componen, mismas que se muestran en la Figura 2 y se describen de manera detallada en la metodología:

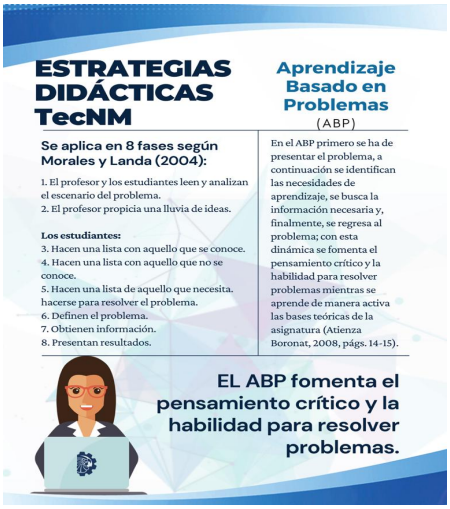


Figura 2. Fases del Aprendizaje Basado en Problemas. Recuperado de: https://eadtest.tecnm.mx/mod/resource/view.php?id=2456

Metodología

Fase 1. Leer y analizar el problema

En está etapa se busca que los alumnos entiendan el enunciado y lo que se les demanda. Para llevar a cabo esta fase, se tuvo el primer contacto con los representantes de la Alcaldía Benito Juárez para conocer a detalle la problemática actual. Para la Alcaldía Benito Juárez de la Ciudad de México, es imperante realizar un cambio de paradigma en donde la regla del juego es una nueva forma de gobernanza, con énfasis en desarrollo, seguridad y bienestar del ciudadano (Ver Figura 3).

Derivado de lo anterior, el Subdirector de Sistemas de Información Geográfica y Datos Espaciales de la Secretaría de Finanzas, Pedro Alberto Valdés Rangel informó en Enero de 2020 que: “La Alcaldía se encuentra en pro de la recuperación del espacio público y la seguridad de los mismos; desafortunadamente la recolección de los espacios aún se tiene en papel, mientras que la captura del índice delictivo se encuentra en archivos tipo Excel que se generan a diario de acuerdo a todos los delitos registrados en un día. Esto genera en muchas de las ocasiones el retraso de toma de decisiones preventivas que apoyen estratégicamente el desarrollo de espacios públicos seguros con lo que estos conllevan (luminarias, vandalismo, cámaras, ubicación, etc.)”.

 ISSN 2007-8102



Figura 3. Alcaldía Benito Juárez.
Recuperado de: https://ddmbj.mx/alcaldia-benito-juarez

El Subdirector también reporta que, en cuestión de seguridad la Alcaldía tiene una omisión con información propia, confiable, integra y disponible dificultando la toma de decisiones, lo que se traduce en generación de información en ocasiones no expedita y no efectiva para la comunicación de los benitojuarenses. Asimismo para la generación de estrategias, día a día se llevan a cabo de manera manual, mapeando los delitos proporcionados en un mapa de papel, lo cual le consume tiempo, recursos, esfuerzos y la aproximación de la exactitud puede resultar en ocasiones errónea.

Mientras tanto en la administración de los espacios públicos, la eficiencia es limitada por nula automatización, esto impacta en la gestión estratégica de los espacios públicos y la complejidad de operación de presupuestos debido a cambios continuos y la dificultad de análisis y diseño. Lo que se busca al utilizar ABP es implementar un sistema Web que permita la gestión de los espacios públicos seguros y que facilité la toma de decisiones así como la implementación de estrategias en beneficio de la Alcaldía Benito Juárez. Con la información recabada en está etapa se tuvo un panorama preciso para poder avanzar a la Fase 2, misma que ser presenta a continuación.

Fase 2. Realizar una lluvia de ideas

Está fase consiste en que los alumnos participantes en el ABP tomen conciencia de la situación a la que se enfrentan. Para poder llevar a cabo lo anterior y con la información obtenida en la Fase 1, se integró un equipo de trabajo conformado por tres alumnos de séptimo semestre de Ingeniería en Sistemas Computacionales y una alumna de tercer semestre de la Maestría en Sistemas Computacionales del Instituto Tecnológico Superior de Teziutlán (ITST) (Ver Figura 4), teniendo un docente asesor interno por parte del ITST y un asesor externo especialista en Sistemas de Información Geográfica y Datos Espaciales por parte de la Alcaldía Benito Juárez.



Figura 4. Estudiantes participantes en lluvia de ideas.
Fuente propia

Una vez conformado el equipo de trabajo, los estudiantes en colaboración con el asesor interno y externo se dieron a la tarea de investigar que se ha hecho en México por lo que respecta al tema de seguridad en pequeñas y grandes ciudades, así como la gestión de los Espacios Públicos Seguros utilizando tecnología, un antes y después de este tema, con la finalidad de proponer

soluciones con orientación a la innovación tecnológica con base a lo previamente investigado. Está actividad brindó una pauta importante para tener panorama amplio de este tema, logrando aportar ideas significativas para el logro de la solución del problema identificado.

Está fase dio como resultado la propuesta de implementar de un sistema Web para gestionar e identificar geoespacialmente los espacios públicos con la finalidad de diseñar estrategias que permitan habilitar espacios públicos seguros para los (as) ciudadanos en la Alcaldía Benito Juárez.

Fase 3. Hacer una lista de aquello que se conoce

Está fase consiste en hacer una lista de aquello que se conoce: implica que los alumnos recurran a conocimientos de los que ya disponen, a los detalles del problema que conocen y que podrán utilizar para su posterior resolución. Para poder hacer una implementación Web con las características necesarias derivada de la problemática identificada se tuvo que hacer un análisis de las competencias que tienen los estudiantes para poder llevar a cabo el desarrollo Web atendiendo las necesidades del negocio, con base a lo anterior se tiene la siguiente información:

- Una alumna de séptimo semestre de la carrera de Ingeniería en Sistemas Computacionales con ***especialidad*** en ***Aplicaciones e inteligencia de negocios***, cursando las materias de Taller de investigación II, Gestión de proyectos de software, Negocios Electrónicos y Aplicaciones web, se identifican las siguientes competencias:
    - Analizar requerimientos definidos por el cliente por la organización y diseñar bases de datos para generar soluciones al tratamiento de información de acuerdo a sus reglas de negocio
    - Crear y gestionar bases de datos para resolver problemas del contexto considerando la concurrencia e interoperabilidad de los datos.
    - Desarrollar programación de aplicaciones de escritorio y web.
- Una alumna de tercer semestre de la Maestría en Sistemas Computacionales con ***especialidad*** en ***Ingeniería del software y sistemas distribuidos***, cursando las materias de: Ingeniería del Software, Bases de Datos, Tecnologías de Programación y Seminario I, identificando las siguientes competencias:
    - Realizar el modelo de requisitos de un proyecto de software, aplicando diferentes técnicas y herramientas de la ingeniería de requisitos.
    - Construir almacenes de datos a través del procesamiento, integración y trasformación desarrollando las estructuras necesarias para facilitar el análisis y dando soporte a la toma de decisiones empresariales.
    - Desarrollar aplicaciones Web y Móvil que intercambien información a través del consumo de servicios Web mediante el uso de protocolos y estándares actuales.

Con está información se logra apreciar que se tiene capital humano que tiene las competencias necesarias para el desarrollo e implementación de un sistema web que permita la planeación y gestión de los espacios públicos seguros de la alcaldía Benito Juárez, considerando la información que se recabo en la Fase 1 y 2.

Fase 4. Hacer una lista de aquello que no se conoce

Está fase pretende hacer consciente a los estudiantes de lo que no se sabe y que necesitarán para resolver el problema, incluso es deseable que puedan formular preguntas que orienten la resolución del problema. Con base a lo anterior, se detectó que, para resolver la problemática identificada y lograr la implementación de un sistema Web que permitiera la gestión de espacios públicos seguros, se debían tener conocimientos de sistemas de información geográficos y geolocalización. Gracias al apoyo del asesor externo, especialista en Sistemas de Información Geográfica y Datos Espaciales y un urbanista, se logra la orientación y búsqueda de información apropiada, permitente y acorde al desarrollo del sistema Web, potencializando el quehacer académico del equipo de trabajo.

 ISSN 2007-8102

Fase 5. Hacer una lista de aquello que necesita hacerse para resolver el problema

En está fase los alumnos deben plantearse las acciones a seguir para realizar la resolución, logrando identificar las siguientes:

- Analizar el proceso actual para determinar el flujo de información entre todas las áreas involucradas.
- Analizar la infraestructura tecnológica para determinar el impacto económico del proyecto.
- Determinar los requerimientos funcionales y no funcionales para el diseño del sistema web.
- Diseñar la base de datos y la interfaz gráfica de usuario amigable e intuitivo para facilitar el uso del sistema.
- Centralizar toda la información de las diferentes áreas en la aplicación.
- Desarrollar e implementar la aplicación web con tendencia a la minería de datos.
- Digitalizar los espacios públicos existentes en la Alcaldía Benito Juárez.
- Desarrollar herramienta en favor de la planeación urbana y sustentabilidad.

Fase 6. Definir el problema

En está fase se concreta la definición del problema a enfrentar, se genera la propuesta de solución. Teniendo en mente que dicha propuesta contempla en su propósito el desarrollo e implementación del Sistema de Gestión para Espacios Públicos Seguros para controlar, administrar, visualizar y dar seguimiento mediante la integración de servicios geográficos, bases de datos geoespaciales y alfanuméricas. Por ello, la necesidad de desarrollar un servicio Web que facilite la conexión a los encargados de administrar y supervisar los espacios públicos en la Alcaldía (Ver Figura 5).

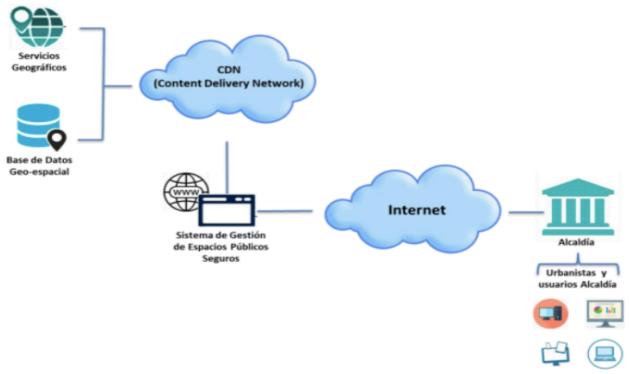


Figura 5. Propuesta de solución.
Fuente propia.

Fase 7. Obtener información

En está fase se espera que el equipo de trabajo se distribuya las tareas de búsqueda de la información, por tal motivo se generó la siguiente asignación conforme a la metodología de desarrollo implementada y de acuerdo a los tiempos del equipo de trabajo en colaboración con la Alcaldía y los(as) urbanistas, considerando las siguientes semanas por etapa que se presentan en al Tabla 1.

Tabla 1. Calendarización de actividades. Fuente propia

No.	Tarea	Tiempo en semanas
1	Levantamiento de requerimientos	Semana 1 y 2
2	Entrega de propuesta (costo-beneficio)	Semana 3 y 4
3	Análisis y Diseño	Semana 5 a 7
4	Desarrollo del sistema	Semana 8 a 11
5	Pruebas del sistema	Semana 12 a 13
6	Entrega del sistema	Semana 14 a 15

 ISSN 2007-8102

Las semanas pueden variar de acuerdo a los tiempos de la Alcaldía, específicamente para el levantamiento de requerimientos, respuesta al documento de propuesta y a las pruebas a realizar.

Resultados y discusión

Fase 8. Presentar resultados

Para la última fase se presentan los resultados. Para esta etapa se espera que el equipo de trabajo haya estudiado, comprendido y a la vez compartido la información obtenida en el Fase 7 para brindar una solución acorde a la problemática identificada. Trabajando de manera colaborativa, el asesor interno por parte del ITST, el asesor externo especialista en Sistemas de Información Geográfica y Datos Espaciales así como el equipo de trabajo, se logró el desarrollo e implementación el sistema Web para la Gestión de Espacios Públicos Seguros, con la finalidad de administrar el espacio público de la Alcaldía Benito Juárez de la Ciudad de México, proporcionando el alta y seguimiento de las diferentes obras categorizadas en cuatro rubros importantes:

- Medidas de integración
- Bajo puente
- Espacios públicos
- Nodos publicitarios

A continuación se describe el funcionamiento del sistema Web de acuerdo a los requerimientos establecidos en la Fase 2, donde se consideraron para el desarrollo los módulos: Espacio público y Nodos Publicitarios, solicitados por la Autoridad del Espacio Público.

Como primer paso se tiene que realizar un inicio de sesión, na vez que se ingresan las credenciales dentro del sistema (usuario y contraseña), éste validará la información para comprobar que sea la correcta y permita el acceso. En la pantalla de inicio se muestra el mapa con una capa base que permite visualizar los espacios públicos existentes dentro de la CDMX, lo anterior para ubicarlos y darlos de alta en el sistema de manera adecuada en caso de que alguno no tenga una ubicación bien definida dentro del mapa; de lo contrario se identificará cada error y mostrará un mensaje de alerta indicándolo con una tonalidad roja (Ver Figura 6).

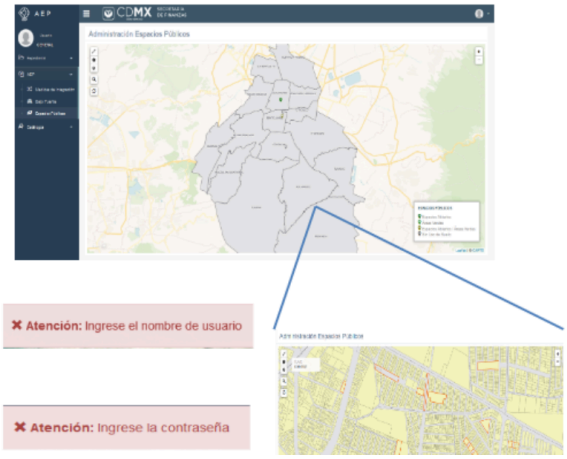


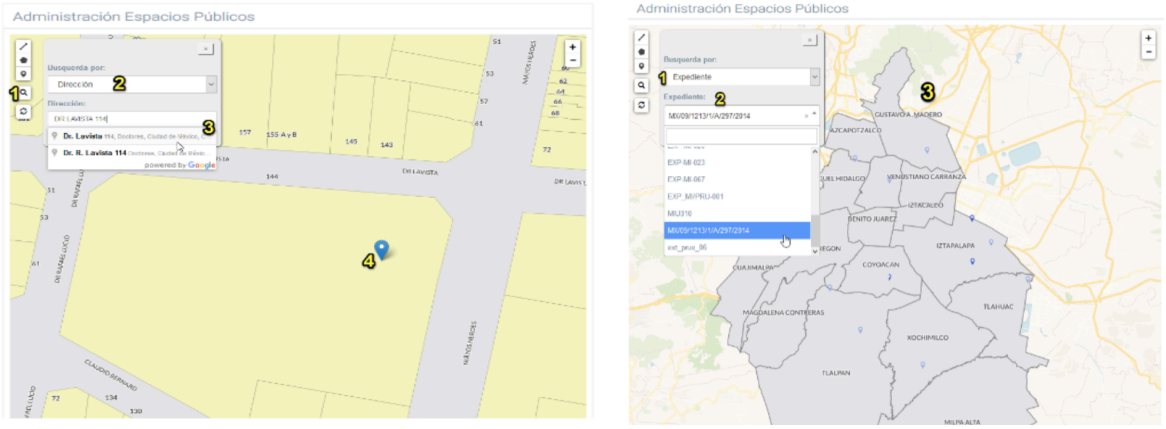
Figura 6. Pantalla Inicial del sistema Web. Fuente propia

Otra de las opciones que tiene el sistema Web es que permite tres tipos de búsquedas principales con la finalidad de filtrar y localizar obras con mayor facilidad, las cuales se describen a continuación y se muestran en la Figura 7(a) mediante los puntos que contiene la figura antes mencionada:

 ISSN 2007-8102

- Por dirección: Al seleccionar el botón de búsqueda (Punto 1) se muestran las opciones que el usuario podrá elegir para la búsqueda (Punto 2).
- Por calle: En está se muestra un cuadro donde el usuario debe ingresar la calle a buscar, al hacerlo se mostraran sugerencias de las posibles calles con un autocompletado (3)
- Por posición: Al ser elegida una opción dentro de mapa se genera un zoom sobre la dirección (4)

Otro tipo de búsqueda es por expediente, la cual es más general. Primeramente se debe de elegir la opción: Expediente, enseguida se muestra un listado de todos los expedientes que existen dados registrados dentro del sistema de los cuales es necesario elegir uno, finalmente al elegirlo se muestran todos los puntos que pertenecen a éste. En la Figura 7(b) se muestra a través de la numeración de la imagen la secuencia de búsqueda.



a) Búsqueda por dirección b) Búsqueda por expediente

Figura 7. Tipos de búsqueda. Fuente propia

El sistema Web también tiene la opción de mostrar el catálogo de expedientes donde se genera la administración de los mismos, el proceso inicia creando un expediente al dar clic en el botón Nuevo, lo cual hará que se muestre un formulario que permite la captura de información, al guardar el expediente éste se anexa a la tabla de consulta el cual puede ser editado en caso de ser necesario (Ver Figura 8).

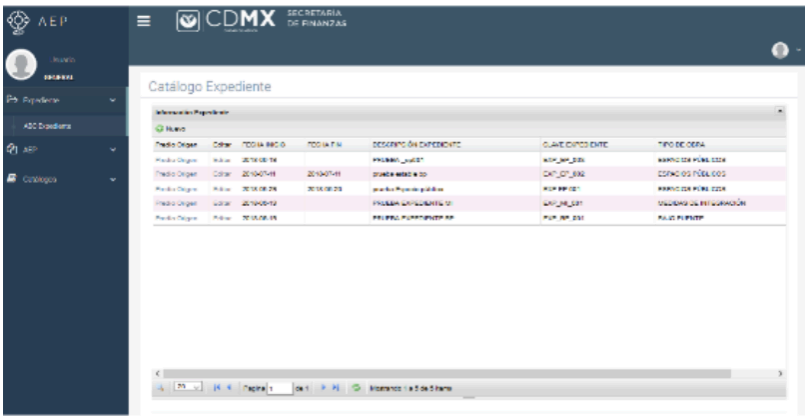


Figura 8. Pantalla del catalogo de expedientes. Fuente propia

Es importante mencionar que con el presente proyecto se logra participar en la Convocatoria de Proyectos de Investigación en Desarrollo Tecnológico e Innovación 2020, donde se beneficia con $125,000.00, logrando la implementación del sistema Web donde se gestiona por geolocalización la ubicación de Espacios Públicos Seguros de la Alcaldía Benito Juárez de la CDMX.

Trabajo a futuro

Por lo que respecta al proyecto, se ha implementado y está en período de pruebas para poder hacer los ajustes correspondientes en caso de ser necesarios para un mejor desempeño del sistema Web.

Conclusiones

Se logra la implementación de un sistema Web para gestionar e identificar geoespacialmente los espacios públicos con la finalidad de diseñar estrategias que permitan la administración de espacios seguros para los (as) ciudadanos en la alcaldía Benito Juárez a través de la aplicación de la estrategia del Aprendizaje Basado en Problemas (ABP), lo que conlleva a un resultado positivo que fomenta en los estudiantes el espíritu de persecución del logro. La técnica didáctica de ABP busca fomentar en el alumno la actitud positiva hacia el aprendizaje, buscando la autonomía; donde la actividad gira en torno a la discusión de un problema y el aprendizaje surge de la experiencia al trabajar sobre ese problema, por lo que fomenta el autoaprendizaje y permite la práctica del estudiante al enfrentarlo a situaciones reales y a identificar sus áreas de oportunidad en cuanto a su conocimiento.

Agradecimientos

A la Alcaldía Benito Juárez de la CDMX y al Tecnológico Nacional de México por ofertar convocatorias que otorgan recursos económicos para fomentar el desarrollo de proyectos orientados a la Innovación Tecnológica con la participación de profesores, estudiantes, organismos públicos y privados.

Referencias

[1] A. Gamino. M.G. Acosta. R.E. Pulido. Modelo de formación dual del Tecnológico Nacional de México. Revista de Investigación en Educación, no 14(2), pp. 170-183 (2016).

[2] TecNM. Propuesta del Modelo Educativo del Tecnológico Nacional de México. Documento de Trabajo. Innovar para Innovar. 1ra. Edición. México: Tecnológico Nacional de México(2018).

[3] TecNM. Proyectos Integradores para la formación y desarrollo de competencias profesionales del Tecnológico Nacional de México. Documento curricular, 2da. México: Tecnológico Nacional de México (2014).

[4] M.J Labrador, M.A. Adreu. Metologías Activas. Grupo de Innovación en Metodologías Activas (GIMA). Universidad Politécnica de Valencia. Editorial UPV. ISBN: 978-84-8363-330-4. (2008).

[5] C. Miranda, J. Gutierréz. Espacios Públicos Seguros: Políticas Urbanas con Enfoque de Seguridad Ciudadana. ruIIEc repositorio universitario, (27). Recuperado de http://ru.iiec.unam.mx/3765/1/166-Miranda-Gutiérrez.pdf (2017).

Estudiantes de la modalidad mixta, ejemplo al sistema escolarizado

J.Escobedo Castro[1], S.A.R. Piña Granja[2], C.M. Espinosa García[2] O.Y. Reynoso Ibarra[2]*
Departamento Ciencias Económico Administrativas del Tecnológico Nacional de México, ITSLP, Av. Tecnológico s/n San Luis Potosí, México
Departamento de Ciencias Básicas del Tecnológico Nacional de México, ITSSLP,C, Carretera a México Km 189+100 Delegación Villa de Pozos San Luis Potosí, México
**jashvene@yahoo.com.mx*

***Área de participación**: Investigación Educativa*

Resumen

La presente investigación se basa en analizar las características de los estudiantes bajo la modalidad mixta de las carreras que ofrece el Instituto Tecnológico Superior de San Luis Potosí, Capital. Considerando los horarios laborales, el puesto que desempeñan, la utilidad de los contenidos revisados en clase en la práctica laboral, el tiempo y las herramientas destinadas para realizar tareas y proyectos extra clase, así como los principales recursos web consultados en caso de dudas, ya que un estudiante de esta modalidad cuenta con recursos distintos que los estudiantes de la modalidad presencial; de la misma manera se comparará el rendimiento escolar antes y durante la pandemia causada por COVID-19 a fin de comparar si existe diferencia significativa en ambos periodos.

***Palabras clave*:** *Académico*, *mixta, modalidad, rendimiento.*

Abstract: *This research is based on analyzing the characteristics of students under the mixed modality of the careers offered by the Higher Technological Institute of San Luis Potosí, Capital. Considering the working hours, the position they hold, the usefulness of the contents reviewed in class in the work practice, the time and the tools used to carry out extra-class tasks and projects, as well as the main web resources consulted in case of doubts, already that a student of this modality has different resources than students of the face to face modality. In the same way, school performance will be compared before and during the pandemic caused by COVID-19 in order to compare if there is a significant difference in both periods.*

***Keywords**: Academic, mixed, modality, performance.*

Introducción

En 1997 la Universidad Nacional Autónoma de México inició en forma general la educación a distancia, para lo que nombra a la correspondiente Coordinación como universidad abierta y educación a distancia por sus siglas (CUAED) quien desde la década del setenta ya comenzaba a ofrecer la educación abierta.

Por otro lado otra pilar universitario como lo es el Instituto Politécnico Nacional en la misma década inició su Sistema Abierto de Enseñanza tomando solo algunas carreras dirigidas al área comercial y ampliándola al nivel medio superior y superior. Posteriormente lo lleva a lo que se conoce como Polivirtual. En esa misma década la Dirección General de Instituto Tecnológicos dio paso a un sistema de educación denominada abierto dando una denominación como sistema Tecnológico Abierto ya que visualizaron a un porcentaje de la población que en esa fecha se encontraba imposibilitado de asistir a un sistema escolarizado rígido. De esa manera sus 58 instituciones educativas en la República Mexicana atendían a una demanda que ascendía cada vez más.

Desde esa década la inquietud de contar con modalidades flexibles, que puedan innovar sus procesos educativos, que pueda garantizar la práctica educativa en cuanto a laboratorios y créditos complementarios a fin de garantizar la calidad educativa, continúa siendo un desafío para las Instituciones de educación superior.

Si bien es cierto que para el año 2015 Ardavín [1] la demanda de estudiantes con dicha necesidad aún continuaba presente y ante el rápido crecimiento de la cantidad de empresas en los diferentes sectores de la producción y consecuentemente la necesidad de contar con personal altamente calificado, y el crecimiento demográfico de la población ya establecida, más la inmigración poblacional resultado de la atracción de fuentes de empleo y de mejores salarios, es imprescindible que las Instituciones Educativas de Nivel Superior, adopten nuevas modalidades de estudio, para cubrir la demanda de carreras profesionales, y sobre todo en las enfocadas a los desarrollos tecnológicos, pues son éstas, las que directamente colaboran al desarrollo económico del Estado.

De esta manera dicha modalidad educativa es una manera de contribuir con el desarrollo sustentable, la equidad y la justicia social. Así el presente y el futuro de los Institutos Tecnológicos se ve orientado a innovar el sus prácticas educativas.

Ante esta perspectiva el Instituto Tecnológico Superior de San Luis Potosí Capital tomando como base el Modelo Educativo para el Siglo XXI que busca principalmente el desarrollar exitosamente las competencias profesionales y alineado a las estrategias del Tecnológico Nacional de México da respuesta a las necesidades actuales de la sociedad ante el acelerado desarrollo científico, tecnológico, cultural y social pone en marcha ofrecer carreras en la modalidad mixta tomando como base datos del contexto económico del estado de San Luis Potosí [2]

Entre la información a destacar sobre la situación actual del entorno que favorece la implementación de programas mixtos se encuentran:

- Con base en la Encuesta Intercensal 2015 de INEGI [3], en San Luis Potosí el 19.7% de la población de 15 años o más tienen un nivel de escolaridad Medio Superior considerando a un porcentaje de la misma como clientes reales de la modalidad mixta.
- Existen más de quince Instituciones de Educación Superior que aportan a la profesionalización en el área tecnológica. INEGI [3]
- Existe oferta de trabajo para los perfiles de las carreras que se pretende impartir en la modalidad mixta, con un sueldo entre $5,000 y $18,000 pesos con base en consulta de las principales bolsas de trabajo en línea como OCC y SNE entre otros. INEGI [3]
- Asimismo se observa que en las modalidad escolarizada solo existe una absorción en el ciclo escolar 2016-2017 del 75.5% pero un 6.7% abandonan los estudios un 28.9% de la población se encuentran en edades de 18 a 26 años. SEP [4]
- A nivel nacional y en el estado de San Luis Potosí hay una absorción de 72.9%, un abandono igual del 6.7% y una cobertura de 33.3% en edades de 18 a 22 años. SEP [4]

Un elemento que permite dar legalidad a toda propuesta educativa está plasmada en el Plan de San Luis Potosí y el Programa Sectorial de Educación [2] ya que es la base jurídica en la que se sustenta nuevos planes, proyectos y programas donde se plasman las metas y la integración de las instituciones que conforman el Sistema Educativo Nacional y estatal para contribuir al logro de dichas metas. Se muestran las siguientes definiciones a fin de unificar los principales conceptos.

Modalidad Escolarizada. Se caracteriza principalmente en la adquisición de conocimientos, experiencias, hábitos, destrezas, habilidades, actitudes, aspiraciones, etc. Lo que permitirá al profesor tomar decisiones pedagógicas posteriores. Los aspectos de rendimiento individual se apoyan en la exploración de los conocimientos y de los hábitos culturales, campo cognoscitivo o intelectual, se considera principalmente que el estudiante asista al aula de manera periódica y tiene una clase presencial docente-estudiante. Acured [5]

Modalidad a Distancia. Es el que se manifiesta mientras el estudiante no asiste al centro educativo y los contenidos son desarrollados de manera asíncrona, el estudiate trabajo bajo una plataforma en la que previamente se tiene los contenidos y estrategias de aprendizaje. Acured, [5]

Modalidad Mixta. Es aquella en la que el estudiante puede continuar con su actividad laboral, familiar y social que requiere continuar con sus estudios y no dispone del tiempo para un sistema

 ISSN 2007-8102

escolarizado y requiere una orientación específica del docente en alguna sesión presencial. Acured [5].

Es a partir del análisis anterior que el Instituto Tecnológico Superior de San Luis Potosí, Capital ha orientado sus estrategias y líneas de acción para contribuir a los objetivos establecidos. Así mismo el PIID está alineado al Plan Nacional de Desarrollo 2013-2018, cuyo objetivo es "llevar a México a su máximo potencial" a través de las cinco metas nacionales y tres estrategias transversales y a través del mismo el Instituto Tecnológico Superior de San Luis Potosí, Capital [6] hace propios los objetivos estratégicos del Tecnológico Nacional de México con la finalidad de alinear el esfuerzo institucional y promover de manera integral la gran visión de una educación de calidad. Con la apertura de programas en modalidad mixta, se aporta directamente al objetivo 2 establecido en el Programa Institucional de Innovación y Desarrollo. Derivado del análisis anterior y del estudio de factibilidad se autoriza la apertura de las siguientes carreras de Ing. En Administración e Ingeniería Industrial bajo la modalidad mixta a partir del mes de Septiembre del 2017. La matrícula de comportamiento se muestra en la figura 1.

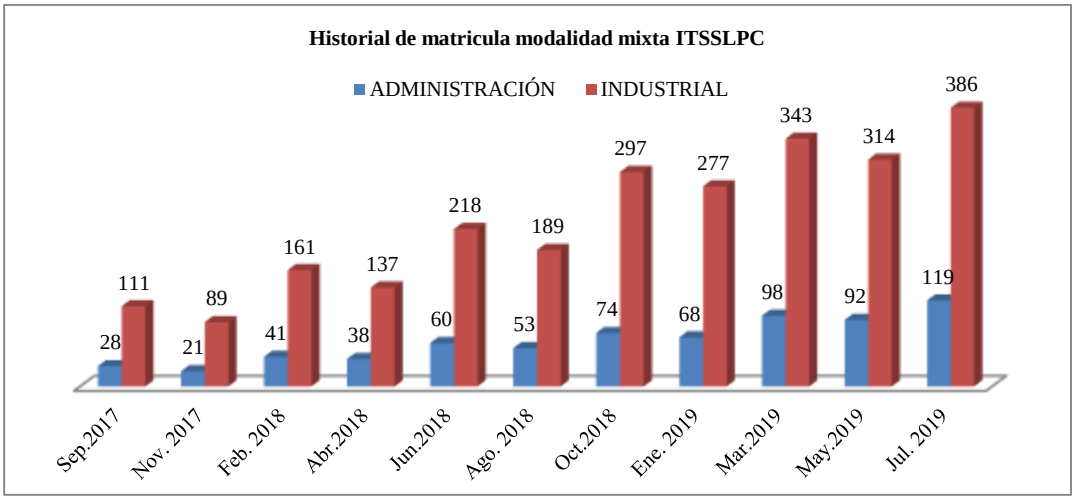


Fig. 1 Historial por carrera de la matrícula de la modalidad mixta del ITSSLP,C. (Servicios Escolares ITSSLP,C)

Metodología

La investigación se realizó con un enfoque cualitativo, con un alcance descriptivo y se empleó un muestreo por conveniencia. En el análisis se realizaron los siguientes pasos:

1. Obtener la base de datos de estudiantes inscritos.
2. Preparar el instrumento de recolección de datos.
3. Depurar la base de datos de la muestra.
4. Aplicar instrumento de recolección de datos.
5. Realizar el análisis de datos y emitir análisis de los resultados.

Este procedimiento se realizó, de la siguiente forma: En primer lugar, se obtuvo la base de datos correspondiente al período enero/junio 2020 con estudiantes de nuevo ingreso en la carrera de Ingeniería Industrial. Esta base contó con 68 estudiantes. A continuación, se estructuró una encuesta con diez reactivos. Como tercer paso se depuró la base de datos de los estudiantes para verificar si continuaban asistiendo a clase, eliminando aquellos estudiantes que no permanecían en sus estudios. Posteriormente se aplicó la encuesta a los estudiantes, una vez aplicada la encuesta se comparó el índice de aprobación en la materia de Pre Cálculo en relación a los resultados obtenidos en el periodo anterior. Finalmente se analizaron los datos obtenidos.
La estructura del cuestionario se clasificó en tres rubros para su análisis principal,

1. Características generales como edad, experiencia y puesto que desempeñan actualmente.
2. Tiempo destinado al estudio
3. La utilidad de los contenidos.

 ISSN 2007-8102

Resultados y discusión

Se obtuvieron datos de 68 estudiantes divididos en tres grupos, como se muestran en las siguientes figuras:

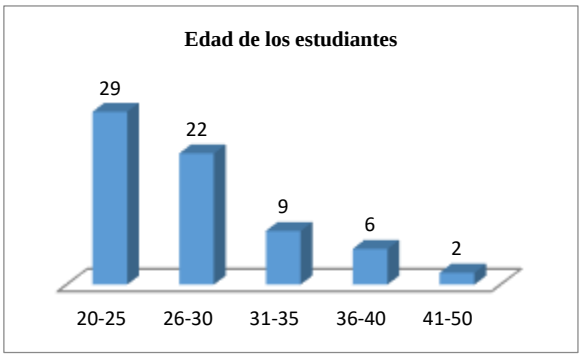


Fig. 2 Edad de los estudiantes (Elaboración propia)

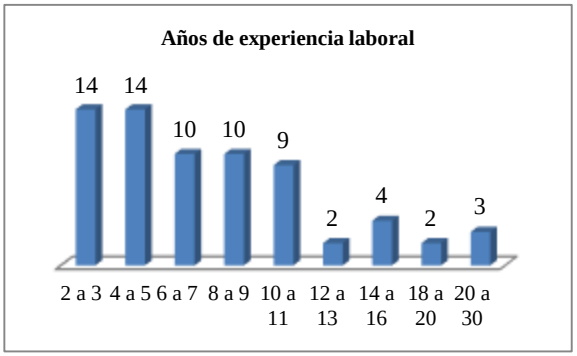


Fig.3 Experiencia laboral (Elaboración propia)

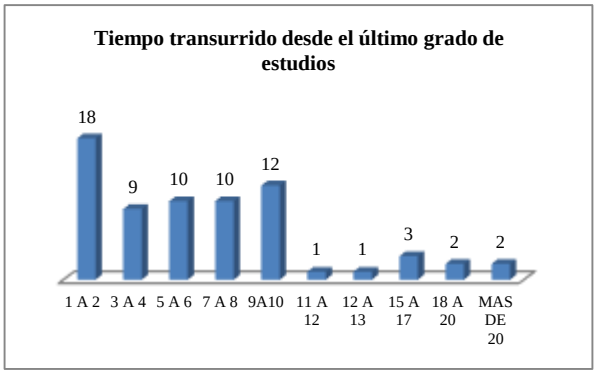


Fig. 4. Años sin estudios (Elaboración propia)

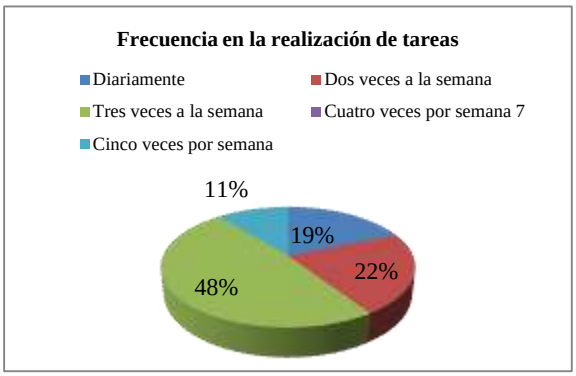


Figura 5. Frecuencia en la realización de tareas

Considerando que los estudiantes de la modalidad mixta asisten un solo día de manera presencial para resolver dudas de los materiales propuestos por los docentes, utilizan la plataforma Moodle, correo electrónico institucional, grupos de WhatsApp así como los avisos por parte del coordinador de general y la página Institucional, se pronosticó analizar la frecuencia de uso de la plataforma ya que es el recurso en el cual se desarrollan los contenidos de clase, esto se muestra en la figura 6.

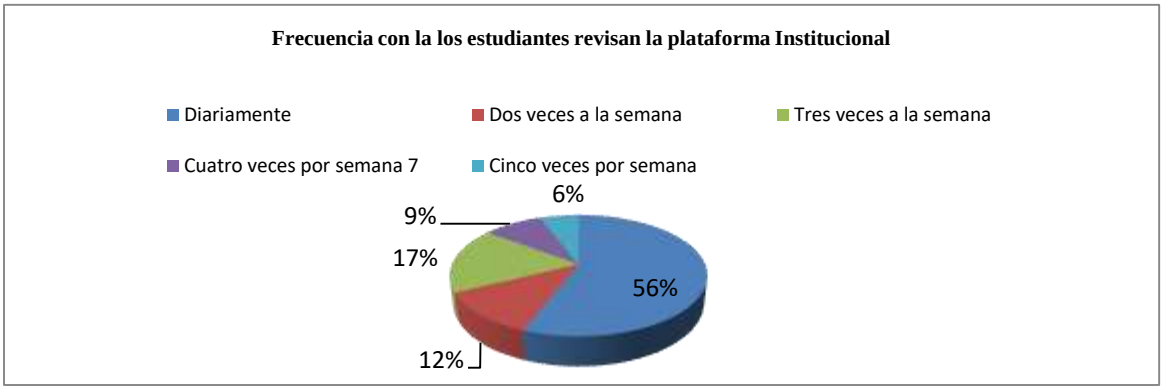


Fig. 6 Uso de plataforma Institucional (Elaboración propia).

 ISSN 2007-8102



Fig. 7. Tiempo destinado al estudio (Elaboración propia).

En cuanto a las características cualitativas de los alumnos encuestados se puede obtener que:

- El 75% tienen entre 20 y 30 año, y que el 55% de ellos tiene entre 2 y 7 años de experiencia laboral.
- El 86% de los estudiantes ha dejado de estudiar por 5 años en promedio y el 14% de ellos ha permanecido sin estudios por más de 15 años.
- El 62% considera que las tareas y proyectos realizados son muy relevantes para su aprendizaje.
- El 57% de los estudiantes consideran que la preparación de sus docentes es excelente mientras que el 37% lo consideran entre la categoría de buenos docentes.
- El 90% de los estudiantes cuenta con internet, el 83% con Computadora, el 22% con impresora y el 21% cuenta con libros de apoyo.
- El 97% considera que los medios de comunicación para resolver dudar son muy prácticos.
- El 100% de los estudiantes recomienda estudiar en la modalidad mixta.

Una vez que se analizaron los datos cualitativos, se compararán los índices de aprobación y reprobación de los estudiantes que cursaron la materia de Pre Calculo como una de las materias iniciales, para lo que se comparará el periodo Enero- Junio 2020 y Agosto-Diciembre 2019 a fin de determinar si el que los estudiantes no asistieran a clases de manera presencial afectaría su rendimiento académico, por lo que en la tabla 1 y tabla 2 se muestran los resultados comparativos.

Tabla 1: Índice de aprobación por periodo agosto-diciembre. (Fuente: Servicios Escolares ITSLP,C)

Periodo Agosto-Diciembre 2019 Índices de Aprobación Materia Pre Cálculo		
Estudiantes	No. De estudiante no acreditados	Porcentaje de estudiantes no acreditados
28	6	21%
30	3	10%
29	1	3%

 ISSN 2007-8102

Tabla 2: Índice de aprobación por periodo enero-junio. (Fuente: Servicios Escolares ITSLP,C)

Periodo Enero - Junio 2020 Índices de Aprobación Materia Pre Cálculo		
Estudiantes	No. De estudiante no acreditados	Porcentaje de estudiantes no acreditados
23	0	0%
33	7	21%
30	3	10%

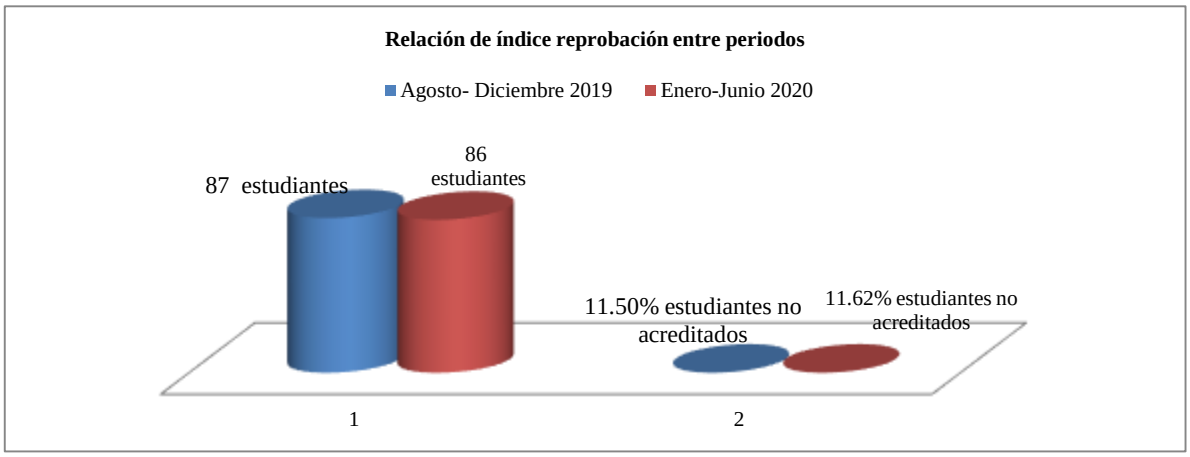


Fig. 8. Comparativo de los índices de reprobación entre periodos (Elaboración propia)

Trabajo a futuro

Una vez que se analizan los datos anteriores se pretende continuar con el estudio en relación a las estrategias de enseñanza-aprendizaje y los medios de comunicación utilizados por los docentes en la modalidad mixta y en la modalidad presencial para comparar el trabajo realizado ante la contingencia causada por el Covid -19 y los resultados académicos.

Conclusiones

Con lo anterior se puede concluir que no se mostró diferencia significativa entre los porcentajes de reprobación entre ambos periodos, por lo que la estrategia nacional empleada por el gobierno federal ante la contingencia sanitaria causada por el Covid-19 y recomendar que el proceso educativo se llevara desde casa, los estudiantes de la modalidad mixta no se vieron afectados ya que desde inicio se cuenta con la infraestructura y las estrategias de enseñanza- aprendizaje claramente diseñadas para el logro de objetivos institucionales.
Con los resultados anteriores se espera contribuir a retroalimentar las estrategias empleadas en el sistema escolar a fin de optimizar los recursos para el trabajo educativo desde casa y resaltar el trabajo realizado por el Instituto Tecnológico Superior de San Luis Potosí en las carreras que oferta en la modalidad mixta.

Referencias

[1] J. Ardavín, "Indicadores Educativos en México, perspectiva comparada", OCDE, México, 2011.

[2] COPLADE, "Plan Sectorial de Educación 2015-2021," Eje Rector 2. San Luis Incluyente, San Luis Potosí. , 2016.

[3] INEGI, "Encuesta intersensal," INEGI, México, 2017.

[4] SEP, «Modalidad escolarizada. Indicadores Educativos,» SEP, México, 2017.

[5] Acured. J, "Modelos Educativos," --, México, 2011.

[6] I. T. S. S. L. P. C, "Estudio de Factibilidad" --, San Luis Potosí, 2017.

Visión artificial como agente pedagógico de cálculo integral en jóvenes invidentes de nivel medio superior

M. Aguilar Cortés[1], M. A. Aguilar Cortés[2], J. L. Gutiérrez García[3], J. Robles Calderón[4], H. Vicenteño Rivera[5],*
[1]Academia de Ingeniería en Sistemas Computacionales, Instituto Tecnológico Superior de Teziutlán, Fracción I y II S/N 73960, Aire Libre, Teziutlán, Pue.
[2]Cuerpo Académico Desarrollo de Sistemas Inteligentes, Academia de Ingeniería en Sistemas Computacionales, Instituto Tecnológico Superior de Teziutlán, Fracción I y II S/N 73960, Aire Libre, Teziutlán, Pue.
[3]Cuerpo Académico Desarrollo de Sistemas Inteligentes, Academia de Ingeniería en Sistemas Computacionales, Instituto Tecnológico Superior de Teziutlán, Fracción I y II S/N 73960, Aire Libre, Teziutlán, Pue.
[4]Cuerpo Académico Calidad y Mejora Continua en Servicios Tecnológicos, Academia de Ingeniería en Sistemas Computacionales, Instituto Tecnológico Superior de Teziutlán, Fracción I y II S/N 73960, Aire Libre, Teziutlán, Pue.
[5]Cuerpo Académico Calidad y Mejora Continua en Servicios Tecnológicos, Academia de Ingeniería en Sistemas Computacionales, Instituto Tecnológico Superior de Teziutlán, Fracción I y II S/N 73960, Aire Libre, Teziutlán, Pue.
**miguel.ac@teziutlan.tecnm.mx*

***Área de participación**: Investigación Educativa*

Resumen

Se generó una aplicación móvil con base en la metodología mobile-D para plataforma Android; dicho proyecto se probó con jóvenes invidentes que se encuentran estudiando en el nivel medio superior, específicamente en el área de cálculo integral. Esta app funciona de tal manera que, adquiriendo la captura fotográfica de una integral de una función, pueda procesarse (por medio de visión artificial) para poder traducirla a su equivalente en español, para que con ayuda de Talkback de Android, el estudiante pueda escuchar qué tipo de argumento tiene la integral a estudiar. A partir de un análisis inferencial se logra demostrar que el 50% de los alumnos que sufren esta condición no tiene un tutor que ayude a su estudio personal en esta área. Con una distribución binomial se demuestra que, con ayuda de la aplicación, la tasa de participación puede subir a un 95.32% fortaleciendo su inclusión en salones escolares.

***Palabras clave**: Visión Artificial, aplicación, invidente*

Abstract

A mobile application based on the mobile-D methodology was generated for Android platform; this project was tested with young blind people who are studying in the medium superior level, specifically in the area of integral calculus. This app works in such a way that, by acquiring the photographic capture of an integral of a function, it can be processed (by means of artificial vision) to be able to translate it into its Spanish equivalent, so that with the help of Android's Talkback, the student can hear what kind of argument the integral, that is to be studied, has. From an inferential analysis it is possible to demonstrate that 50% of the students, who suffer from this condition, don't have a tutor to help them in their personal study in this area. With a binomial distribution it is demonstrated that, with the help of the application, the participation rate can rise to 95. 32%, this strengthens their inclusion in school rooms.

***Key words**: Artificial Vision, Application, blind*

Introducción

Aristóteles, un filósofo de la época de oro, quien dijo alguna vez una frase que tiene mucha veracidad, la cual reza “Nihil est in intellectu quod prius non fuerit in sensu”, traducido lo entendemos como “No hay nada en el entendimiento que no haya pasado primero por los sentidos”. Esta frase resume en su metafísica y en su antropología filosófica, el cómo es que los seres humanos aprenden a partir de la interacción que tienen con el entorno que los rodea. Con esta premisa, se puede evocar a Silvia Patricia Aquino Zúñiga [1], quien menciona que el 80% de la información que se aprende, socialmente hablando, se adquiere por medio del sentido de la vista. Por otra parte, Leidys Tatiana Hurtado Lozano [2] quien menciona que las personas que tienen ceguera, de una manera directa, son dependientes en cuanto a educación se refiere. Conjugando ambas ideas, da como resultado un aprendizaje dependiente para las personas que sufren de alguna discapacidad de tipo visual en cualquier grado de estudio. Se topa entonces con una necesidad de fortalecer el estudio independiente en personas invidentes.

Aunado a los anterior, José Francisco Vélez Serrano [3] define a la visión artificial como el proceso de extraer, del mundo real, imágenes a través de la digitalización computarizada (lograda por algún hardware óptico) con el fin de obtener patrones específicos que puedan ayudar a conocer mejor las características de las imágenes que se estén trabajando. Una de las técnicas que se utilizará este proceso es el Optical Character Recognition (OCR, en español Reconocimiento Óptico de Caracteres) de la cual habla Ravina [4] y que es una tecnología que permite reconocer automáticamente letras a través de un mecanismo óptico (por lo regular cámaras fotográficas). Para que este proceso de reconocimiento tenga éxito, se necesita contar con una API (Application Programming Interface) [5] la cual es un conjunto de rutinas, protocolos y herramientas de compilación de softwares de aplicación, expresa un componente de software en términos de sus operaciones, entradas, salidas y tipos subyacentes.

Con base a las dos vertientes antes descritas (la necesidad de atender a alumnos invidentes en el sector escolar y la definición y componentes de la visión artificial), existen trabajos y proyectos que se han llevado a cabo; sin embargo, no han sido dirigidos del todo a la vertiente del aprendizaje matemático y más aún, al área de cálculo integral. Un ejemplo de ello es la propuesta por Parminder Kaur [6] la cual lleva por nombre Be my eyes: Application for visually impaired people, misma que utiliza un sistema de visión artificial en conjunción con un sistema guiado de voz para poder obtener una navegación por medio en el dispositivo móvil; la intención de este proyecto es guiar al usuario a manipular el dispositivo de una manera total. Otra propuesta que se ha desarrollado en miras a solventar la necesidad de alumnos invidentes, es FingerReader [7], la cual es una herramienta digital que no sólo ayuda a las personas que tienen problemas de visibilidad, sino también va dirigido a personas que sufren de algún tipo de problema neurológico como la dislexia; éste funciona de tal manera que una vez colocado en la punta del dedo, con ayuda de un escáner y un algoritmo de visión artificial, va analizando las palabras que puede captar y las va traduciendo a voz para que el usuario pueda comprender el texto analizado, interpretándolo en su idioma y bajo un audífono, todo ello con el fin de acelerar la lectura y ayudar, a quienes no puedan leer, a comprender mejor lo que está escrito. Text Recognition [8] muestra un ejemplo sobre cómo es que opera los OCR al reconocer caracteres; sin embargo, no se llevaron pruebas sobre la aplicación de símbolos matemáticos.

En este trabajo se propone una aplicación dirigida a personas invidentes que pueda ayudarlos a traducir a lenguaje español las operaciones matemáticas de integrales por medio de aplicación de visión artificial y OCR en una aplicación móvil con el objetivo de aumentar su independencia en el estudio personal.

Metodología

Para poder desarrollar la propuesta aquí planteada, se utilizó un enfoque de tipo cuantitativo: si bien el universo son los jóvenes con ceguera a nivel medio superior, la población y muestra que se manejó fueron 4 alumnos con esas características, los cuales interactuaron con la aplicación. Es importante mencionar que los alumnos que experimentaron con el software tienen conocimiento del braille y del

braille matemático (aunque no es su totalidad). A continuación, se muestra cómo es que se llevó a cabo la metodología de desarrollo de la aplicación.

Metodología de desarrollo Mobile-D

El funcionamiento de la aplicación es el siguiente: una vez ejecutado el programa se puede elegir entre tomar una captura o cargar alguna imagen almacenada con anterioridad (en una ruta específica y distinta a la de las demás imágenes); después, esa imagen es enviada a la API con el objetivo de ser procesada y obtener como respuesta un texto en formato JSON que contiene los elementos necesarios para obtener una función matemática en formato latex. Dentro de la app, se implementaron métodos y funciones para traducir el formato latex a español y ser colocado en un componente gráfico para que el asistente para personas invidentes de un Smarthphone (Talkback en Android) sea quien interprete al discente cómo es que se estructura la función a integrar.
Por tratarse de una aplicación móvil, se seleccionó desarrollar la aplicación bajo la dirección de la metodología Mobile-D. A continuación, se describen cada una de las etapas con sus respectivas actividades.

Exploración

Se tuvo una previa reunión con algunos alumnos con ceguera para poder establecer los requerimientos funcionales, no funcionales, así actores e interesados. Se dejó en claro que es la primera versión que se realizará del proyecto, por tanto, no se consideran funciones de tipo trascendentales (logarítmicas, exponenciales, trigonométricas y trigonométricas inversas) sino solo funciones algebraicas y con la plataforma Android.

Inicialización

Con todos los requerimientos previos y los alcances del proyecto, se acodaron las fechas de planeación, trabajo y liberación, juntamente con la propuesta de interfaz que tendrá el software una vez que esté funcionando.

Producción

Considerando el análisis de requerimientos, se comienza a realizar la producción del sistema, utilizando ingeniería del software en la creación de diagramas de casos de uso, diagramas de secuencia y diagramas de clases.

Estabilización

Una vez realizada la programación debida de la aplicación móvil, es importante realizar las pruebas piloto. Posteriormente, las únicas observaciones que se encontraron fueron el tiempo de respuesta en función a la calidad de la imagen a procesar.

Resultados y discusión

Análisis de un alumno invidente con buen desempeño en cálculo integral a pesar de que no conoce el Braille Matemático

Para demostrar un punto importante de la hipótesis en el cual se propone una aplicación para reforzar el estudio personal de cálculo integral, se debe mencionar que existen también otras opciones para poder estudiar de manera personal; sin embargo, algunos métodos (como lo es el Braille matemático) son complicados de ser impartidos por parte de docentes que no conocen el método o que no son capacitados para poder atender las necesidades de los jóvenes invidentes y por parte de los dicentes invidentes que suele ser complicado aprender el Braille matemático juntamente con las clases normales. Por ello, se considera que el 25% de los encuestados conocen el Braille.

Con lo anterior, se muestra el análisis condicional de que un alumno con ceguera tenga un buen desempeño dado que no conoce el lenguaje matemático Braille.

 ISSN 2007-8102

$P(A)$ = Desempeño en matemáticas =75%
$P(B)$ = Conocer el lenguaje Braille matemático =25%
$P(B')$ = Complemento de no conocer Braille matemático =75%
$P(A \cap B)$ = Ambos =25%

$$P\left(\bigcup_{i=1}^{\infty} A_i|B\right) = \frac{P(B \cap \cup_{i=1}^{\infty} A_i)}{P(B)} = \frac{P(\cup_{i=1}^{\infty} B \cap A_i)}{P(B)} = \frac{\sum_{i=1}^{\infty} P(B \cap A_i)}{P(B)} = \sum_{i=1}^{\infty} P(A_i|B)$$

Ecuación 1. Probabilidad de unión generalizada de que ocurra un evento dado que otro ya ocurrió.

$$P(A|B') = \frac{P(A \cap B)}{P(B')} = \frac{0.25}{0.75} = 0.333 = 33.33\%$$

Por consiguiente, se tiene un 33.33 % de probabilidad de que un alumno tenga un buen desempeño en el área de matemáticas dado que no conoce el lenguaje Braille matemático.

Análisis de alumnos ciegos que estudian cálculo integral sin ayuda de alguien.

Una vez que la información es analizada, se obtienen los siguientes resultados:

1. Alumnos invidentes que tienen problemas de comprensión en materias específicas del área lógico matemático:
   $P(Al)$ = Álgebra $= 25\%$
   $P(C)$ = Cálculo $= 50\%$
   $P(Es)$ = Estadística $= 25\%$
2. Porcentajes de alumnos que dependen de otra persona en específico para su estudio.
   $P(Am)$ = Amigo $= 25\%$
   $P(M)$ = Maestro $= 25\%$
   $P(Am \cap M)$ = Intersección de amigo y maestro $= 75\%$
   $P(Am \cap F)$ = Intersección de amigo y familia $= 50\%$
   $P(D)$ = Probabilidad de no estudiar con alguien =75%

Con ayuda de la ecuación del teorema de Bayes, se pude calcular la probabilidad de que un alumno estudio cálculo integral sin ayuda de alguien.

$$P(A_i|B) = \frac{P(A_i)P(B|A_i)}{\sum_{i=1}^{k} P(A_i)P(B|A_i)}$$

Ecuación 2. Ecuación del teorema de Bayes a partir de probabilidad total.

Con base a esta ecuación, se procede a calcular las probabilidades individuales condicionales de las materias que se estudian de manera independiente.

$$P(C|D') = \frac{.5}{.75} = 0.666$$

$$P(Al|D) = \frac{.25}{.75} = 0.333$$

$$P(Es|D) = \frac{.25}{.75} = 0.333$$

 ISSN 2007-8102

Aplicando el teorema de Bayes

$$P(D|C) = \frac{(.75)(0.666)}{(0.75)(0.666) + (0.75)(0.333) + (0.75)(0.333)}$$

$$P(D|C) = .5 = 50\%$$

Se puede concluir que el 50% de los jóvenes estudia el cálculo integral de manera individual.

Análisis de la participación que tiene un alumno con ceguera en el salón de clases.

Para poder responder esta pregunta, se necesita considerar una distribución binomial (o también llamada Bernoulli), la cual tiene la siguiente expresión:

$$P(X = x) = \binom{n}{x} p^x (1-p)^{n-x}$$

Ecuación 3. Distribución de Bernoulli o distribución binomial (éxitos y fracasos)

Considerando la distribución binomial, se requiere encontrar cuál es la probabilidad de que un alumno no participe en clase, considerando una muestra de 4 discentes y que el porcentaje de participación es de 75% de participación.

$$P(X = 1) = \binom{4}{1} (.75)^1 (.25)^3$$

$$P(X = 1) = 0.0468$$

Como se demostró, si se toma a un alumno al azar, la probabilidad de que participe en clase es de 4.68%. Esto genera un gran problema que tienen los alumnos invidentes en cuanto a la forma de desarrollar las competencias básicas de la materia, puesto que, al no participar activamente en el salón de clases, no manifiesta su punto de vista y, en contraste, solo se quedan con su idea (sea errónea o no) sin tener una retroalimentación propia de su concepción.

Análisis de la comparativa de métodos de estudio (aplicación, personal y asistido)

A continuación, se muestra un experimento en el cual se ponderan las tres formas por las cuales el alumno invidente puede tener un momento de estudio (personal, con ayuda de alguna persona, y por medio de la aplicación); se recuerda que se seleccionaron a 4 sujetos de estudio, obteniendo los siguientes resultados. Se consideró un tema en específico (Integración directa de integrales indefinidas).

Tabla 1. Tiempo (en min) de estudio por el método al cual fueron puesto a prueba los 4 sujetos de investigación.

Alumno	Método de estudio individual	Método de estudio con asistencia de otra persona	Método de estudio con la aplicación
Sujeto 1	78.5	54.9	39.5
Sujeto 2	60.6	49.7	49.8
Sujeto 3	49.5	55.1	50.1
Sujeto 4	67.2	60.45	42.2

 ISSN 2007-8102

A partir de ello se realizó un análisis ANOVA (análisis de varianzas) para mostrar si los tres métodos tienen resultados equivalentes o si algún método es superior a los demás. Estas premisas son las hipótesis tanto nula como alternativa con un nivel de significancia de 0.95. Se realizó el análisis por medio de Microsoft Excel, obteniendo los siguientes datos:

Tabla 2. Resumen del análisis de varianzas ANOVA

Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza
Columna 1	4	255.8	63.95	147.43
Columna 2	4	220.15	55.0375	19.2689583
Columna 3	4	181.6	45.4	20.8333333

Tabla 3. Resultados del análisis de varianza ANOVA para aceptación o rechazo de hipótesis correspondientes.

Origen de las variaciones	Suma de los cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor Crítico para F
Entre grupos	688.5554167	2	344.277708	5.2821	0.03037	4.25649
Dentro de los grupos	586.596875	9	65.1774306			
Total	1275.152292					

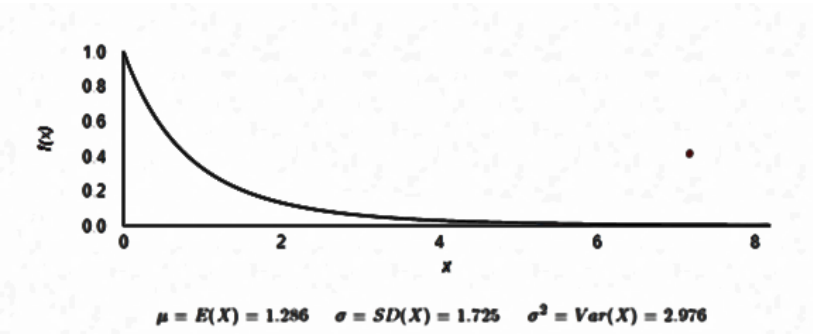


Figura 1. Gráfica de distribución F de Fisher del análisis ANOVA.

Resultados

Derivado de los análisis inferenciales que se realizaron y considerando las hipótesis:

- H_0 los tres métodos tienen resultados equivalentes.
- H_1 los tres métodos tienen resultados diferentes.

En la tabla 3 se puede observar los resultados del análisis ANOVA con la cual se puede comparar la columna de **F** con el **valor crítico de F**, teniendo las siguientes condiciones:

- Si **valor crítico de F > F**, se acepta la hipótesis nula.
- Si **F > valor crítico de F**, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa.

Con lo anterior se compara los valores de ambas teniendo que 5.2881 > 4.25649, es decir, **F > valor crítico de F**, entonces se puede concluir que los tres métodos tienen resultados diferentes, y con ayuda de la tabla 2 se asegura que el mejor método para estudio individual es por medio de la aplicación que se propone a las personas invidentes para el aprendizaje del cálculo integral.

 ISSN 2007-8102

Funcionamiento

Finalmente, se muestra las evidencias fotográficas sobre el funcionamiento que tiene la aplicación.

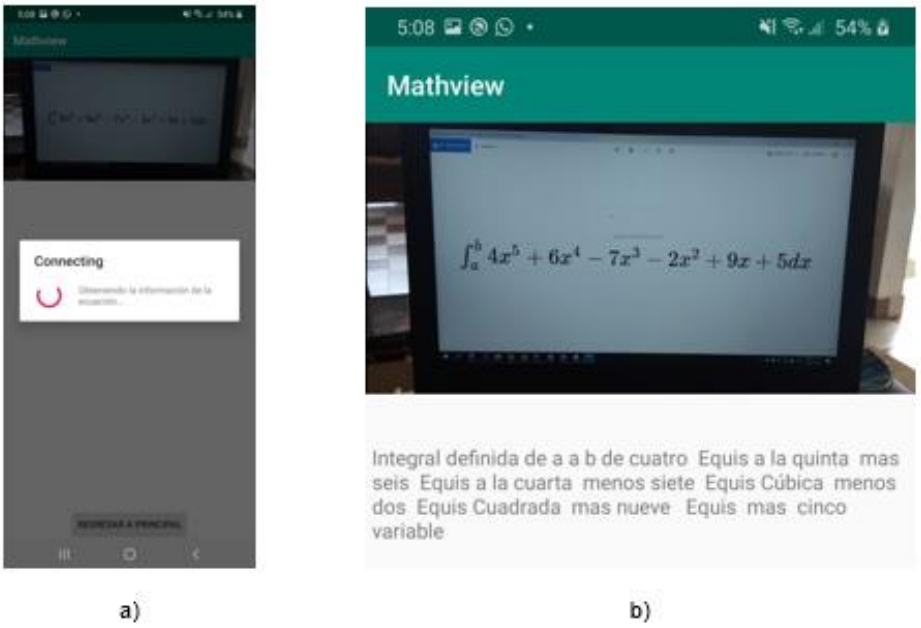


Figura 2. Funcionalidad de la aplicación propuesta. a) Captura de imagen y envío a la API. b) Trasformación de la función a integral en español.

Trabajo a futuro

Las acciones que se realizarán a partir de este trabajo es la de ofrecer un producto multiplataforma móvil; no se puede ofrecer prontamente una aplicación de escritorio o web puesto que ser requieren ciertos elementos en cuanto a hardware se refiere para su funcionalidad, pero queda como opción a debatir su implementación. También se pretende prescindir de una API y generar el propio algoritmo para hace que el sistema no dependa de internet y pueda extenderse su campo de aplicación. Por otro lado, se pretende que la operación del software no se limite sólo a integrales de funciones, sino que se extienda, desde estructuras algebraicas complejas, hasta operadores de cálculo vectorial, ecuaciones diferenciales y análisis complejo.

Conclusiones

Se desarrolló una aplicación móvil con el fin de ofrecer una ayuda tecnológica a jóvenes invidentes que se encuentren estudiando el nivel medio superior en la materia de cálculo integral. El proyecto logró su cometido con los alumnos muestra que formaron parte de la investigación, ya que mostraron una reducción de tiempo de su estudio personal, dejando entrever que también pueden ser independientes al realizar esta acción. Si bien existen aún áreas de oportunidad para poder implementarlo a nivel nacional, es una gran alternativa para ayudar a jóvenes con este tipo de deficiencia visual.

Agradecimientos

Se hace un extenso agradecimiento a los alumnos que fungieron como muestra para realizar esta investigación y a las dependencias pertinentes que facilitaron la información poblacional sobre los casos de jóvenes invidentes.

 ISSN 2007-8102

Referencias

[1] S. P. Aquino Zúñiga, J. Izquierdo y V. García Martínez, «La inclusión educativa de ciegos y baja visión en el nivel superior. Un estudio de caso,» *Sinética revista electrónica de educación,* nº 39, 1012.

[2] L. T. Hurtado Lozano y M. A. Agudelo Martínez , «Inclusión educativa de las personas con discapacidad en Colombia,» *CES Movimiento y Salud,* vol. 2, nº 1, pp. 45-55, 2014.

[3] J. F. Vélez Serrano, A. B. Moreno Díaz, Á. Suárez Calles y J. L. E. Sánchez Marín, Visión por computadora, Madrid: Dykinson, 2003.

[4] M. Ravina, I. Supriya y D. Nilam, «Optical Character Recognition,» *Internatinal Journal of Recent Technology and Engineering,* p. 72, 2013.

[5] T. U. A. A. e. a. A. Api, «Application Programming Interface,» *Application Programming Interface,* 2013.

[6] P. Kaur, D. Rucha, G. Mayuri, G. Ashwini y G. Tejaswini, «Be my eyes: Android voice application for visually impaired people,» *Department of computer science engineering,* pp. 2-8, 2017.

[7] R. Shilkrot, J. Huber, M. E. Wong, P. Maes y S. Nanayakkara, «FingerReader: A Wearable Device to Explore Printed Text on the Go,» *ACM,* 2015.

[8] G. Darsan y S. Silvan, «Computer vision based assitive technology for blind and visually impaired peope,» *ACM,* p. 9, 2016.

Validación biométrica mediante la plataforma Moodle para aspirantes a nuevo ingreso en el TecNM/Campus Querétaro

P. C. Ramírez[1], M. L. Montes Almanza[1], M. E. Montes Almanza[1], M. del C. Frías Maldonado[1], J. I. Medina Sánchez[2]*
[1]Departamento de Sistemas y Computación, Tecnológico Nacional de México-Campus Querétaro, Av. Tecnológico s/n, Col. Centro. C.P. 76000, Querétaro, Qro., México.
[2]Departamento de Centro de Cómputo, Tecnológico Nacional de México-Campus Querétaro, Av. Tecnológico s/n, Col. Centro. C.P. 76000, Querétaro, Qro., México.
**mlmontes@mail.itq.edu.mx*

***Área de participación**: Investigación Educativa*

Resumen

El proceso de selección de aspirantes a nuevo ingreso, es fundamental para las instituciones educativas de educación superior, ya que tiene como objetivo la selección de los mejores candidatos para que formen parte de su matrícula estudiantil, sin embargo; durante el semestre escolar enero-junio 2020 se vivió a nivel mundial la pandemia por el COVID-19, lo que imposibilitó que en nuestra institución, dadas las medidas de sana distancia y confinamiento social, se pudiera realizar dicho proceso de manera presencial.

Se realizó la aplicación del examen de selección por primera ocasión en línea, utilizando la plataforma virtual de aprendizaje Moodle e implementando la validación biométrica para reconocimiento facial al momento de que el estudiante realizaba el examen de selección asegurando una selección de aspirantes confiable, dando como resultado un proceso exitoso con el uso de tecnologías de vanguardia que podrán ser utilizadas posteriormente en diversas actividades académicas y administrativas.

***Palabras clave**: Selección, Validación Biométrica, Moodle.*

Abstract

The process of selecting aspiring new income is essential for higher education educational institutions, as it aims to select the best candidates to be part of their student tuition, however; during the January-June 2020 school year, the COVID-19 pandemic was experienced globally, making it impossible for our institution, given the measures of healthy distance and social confinement, to carry out this process in person.

The application of the selection exam was carried out for the first time online, using the virtual learning platform Moodle and implementing biometric validation for facial recognition at the time the student took the selection exam ensuring a reliable selection of applicants, resulting in a successful process with the use of cutting-edge technologies that can subsequently be used in various academic and administrative activities.

***Key words**: Selection, Biometric Validation, Moodle.*

Introducción

El proceso de selección estudiantil por parte de las instituciones educativas de acuerdo con Madero y Madero [1] en un proceso que permite *dirimir quién es apto y quién no para integrar una comunidad educativa específica*.
Dicho proceso de selección de aspirantes a nuevo ingreso se realiza en el TecNM/Campus Querétaro (Instituto Tecnológico de Querétaro) prácticamente desde su fundación hace más de cincuenta años. A lo largo de su historia se ha visto modificado de diversas maneras, principalmente en la logística de su aplicación, pasando desde la aplicación presencial en donde el examen se hacía en hojas con llenado manual que posteriormente se revisaban mediante un lector óptico de hojas de respuestas, hasta la aplicación en el centro de cómputo donde el estudiante realiza el examen de manera electrónica en un tiempo determinado.

Sin embargo; durante el presente año bajo la situación de contingencia sanitaria mundial por la pandemia de la enfermedad infecciosa COVID-19, ocasionada por el virus SARS-CoV-2, las instituciones educativas tuvieron que modificar sus procesos de selección de aspirantes. De acuerdo con el documento COVID-19 Panorama de las estrategias de respuesta respecto a los exámenes y evaluaciones de alto impacto o altas consecuencias elaborado por la UNESCO durante el mes de abril del presente año, los países han tenido que buscar diversas estrategias para dar atención a las necesidades escolares, entre las que se encuentran *organizar exámenes bajo condiciones especiales; la cancelación, postergación o reprogramación; la transición a Internet (evaluación en línea); y el uso de enfoques alternativos para examinar y validar el aprendizaje.* [2]

Debido a lo anterior; el Instituto Tecnológico de Querétaro estuvo analizando varias alternativas de solución no sólo para el proceso de selección de aspirantes que incluye la realización del curso propedéutico y la realización del examen de selección, sino también para poder concluir satisfactoriamente con el semestre enero-junio 2020 y la realización del Curso de Verano. Se consideró como alternativa de manera inicial la capacitación de los docentes mediante la realización de un curso de capacitación en línea denominado **Retos Docentes 2020**, en donde los docentes obtuvieron las herramientas digitales para lograr la atención de sus educandos mediante la diversas opciones que nos ofrece un entorno digital como la G Suite de Google, Webex y el Moodle.

Metodología

Una vez que se decidió por la institución que el proceso de selección se realizaría utilizando la plataforma Moodle y que los docentes se encontraban realizando el curso de capacitación, se empezaron a considerar y evaluar las opciones que permitieran que el examen de selección a los aspirantes a nuevo ingreso se realizaría en línea, y que le diera tanto a la institución como a los participantes la certeza de que el proceso se llevaría a cabo bajo las medidas de seguridad que garanticen un proceso trasparente y confiable.

El proceso de selección, como se mencionó anteriormente, se realiza en dos momentos diferentes y en los cuales estuvimos participando activamente para que se pudieran realizar de manera satisfactoria y dando respuesta inmediata a los problemas que se presentaran durante su realización.

Curso Propedéutico

Se diseñó el curso propedéutico para los aspirantes a las carreras de ingeniería y ciencias de la tierra, mismo que se montó en la plataforma Moodle versión 3.8.2., en donde se dio atención a 1564 aspirantes (315 de arquitectura y 1249 de ingeniería) generando 94 cursos asignados a 54 docentes, los cuales durante las seis semanas que duró el curso estuvieron trabajando con los estudiantes quienes utilizaron la plataforma institucional y se familiarizaron con su uso, ya que subían tareas, revisaban videos y contestaban cuestionarios.

En esta etapa se grabó el video denominado *Moodle 3.8 curso propedéutico TecNM/IT Querétaro* [3] que le permitía al aspirante darse de alta en la plataforma Moodle y solucionar problemas técnicos

 ISSN 2007-8102

de conexión. Se subió a la plataforma youtube para no utilizar recursos del servidor insitucional y que los estudiantes lo puedieran con sultar sin ningún problema (Figura 1).



Figura 1. Pantalla del video para dar asistencia técnica a los aspirantes.

Una vez finalizado el curso propedéutico se realizó la evaluación del mismo por horarios de acuerdo al grupo como se observa en la Figura 2, y utilizando algunos de los recursos proporcionados por Moodle para la elaboración de cuestionarios con diferentes tipos de reactivos o preguntas como son: falso/verdadero, respuesta corta, relación de columnas, opción múltiple y numéricas (Figura 3). Lo anterior le permitió al aspirante tener un acercamiento con un cuestionario del tipo que presentaría en el examen de selección.

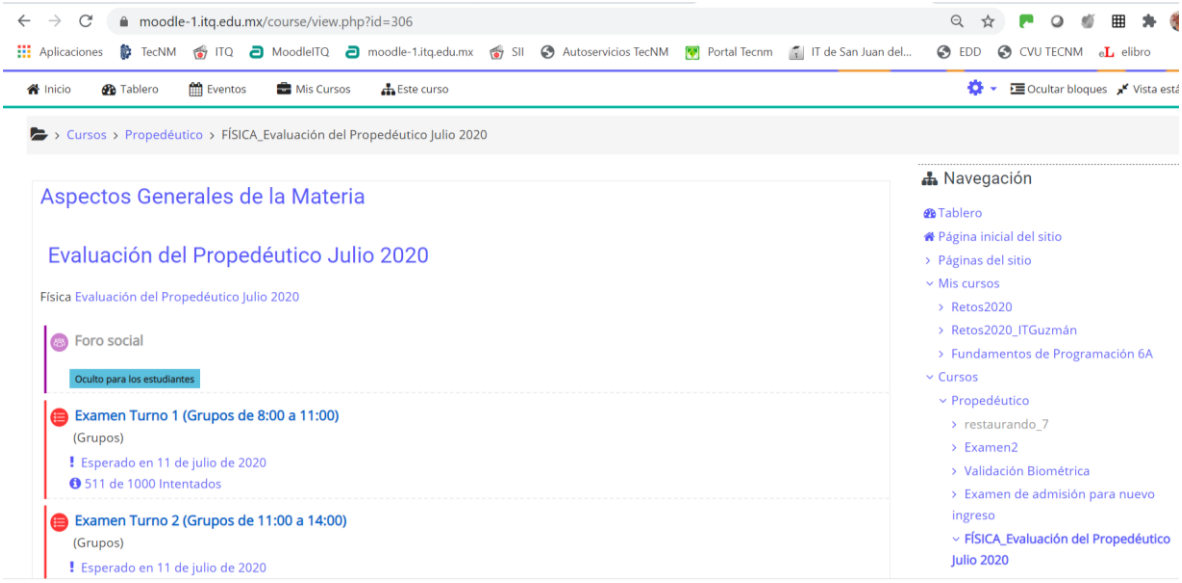


Figura 2. Pantalla de Plataforma Moodle que muestra la evaluación del propedéutico por turnos.

 ISSN 2007-8102

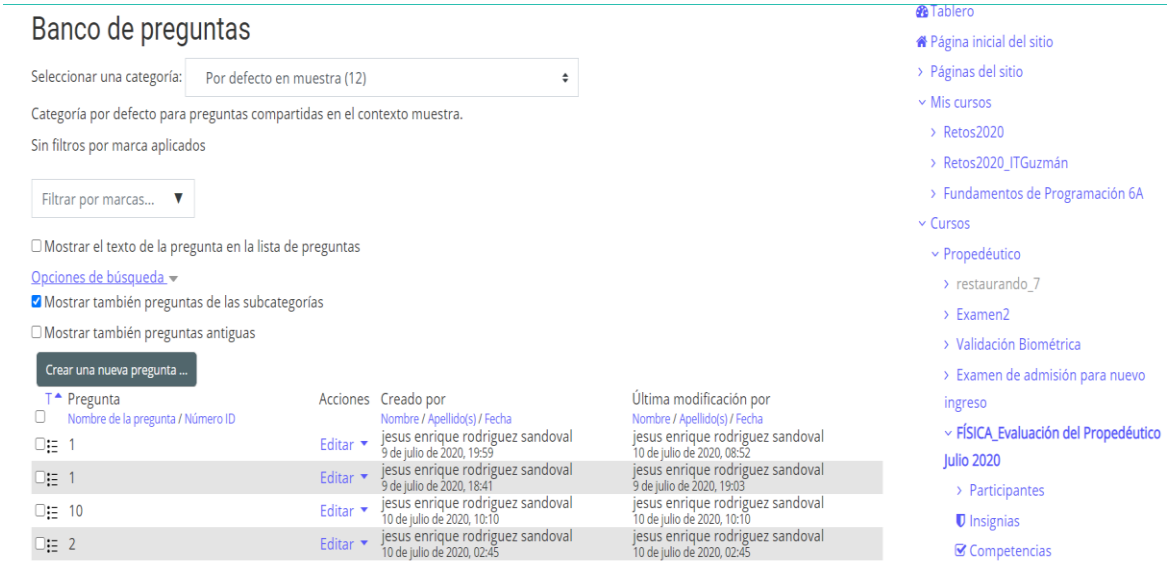


Figura 3. Pantalla de Plataforma Moodle que muestra banco de reactivos de la evaluación del propedéutico.

Prueba de Validación Biométrica

La finalidad de hacer uso de una validación biométrica nos da la certeza de la autenticidad de la identidad de aspirante quien se está postulando a formar parte de nuestra institución educativa, para poderla realizar se tuvo que considerar la instalación del plugins eProctoring bajo el ambiente Moodle. Para que los aspirantes supieran utilizar la herramienta antes de realizar la prueba de validación biométrica se les proporciono el video denominado *moodle 3.8 Validación Biométrica usando plugins de eproctoring* [4], mismo que fue utilizado como como instrumento de capacitación para que cada aspirante pudiera realizar la validación biométrica sin ningún problema y se encontrara listo para realizar el examen de admisión. En la Figura 4 se muestra a un aspirante que permitió ser grabado realizando la validación biométrica que sería utilizado en el video.

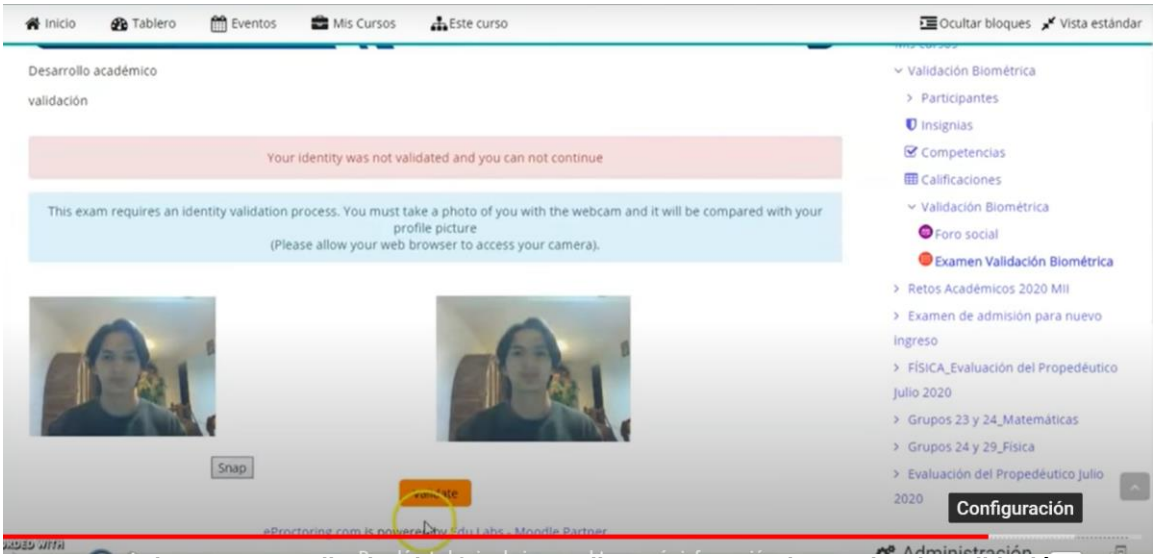


Figura 4. Pantalla de Plataforma Moodle que muestra la prueba de validación biométrica de un aspirante en el proceso de selección de nuevo ingreso

 ISSN 2007-8102

Examen de selección

El proceso de selección, como se mencionó anteriormente, se realiza en dos momentos diferentes, después de realizar el curso propedéutico se realiza el examen de selección, para lo cual como ya se mencionó se consideraron las opciones de realizar a) Examen con validación biométrica y b) Examen sin validación biométrica.

Examen con validación biométrica: Se utilizó una herramienta en el sitio virtual que permitió validar el rostro del aspirante al momento del examen para verificar que coincidiera con el que se registró en el perfil del sitio para resolver el examen, ya que podría usar su computadora, el teléfono celular o la tableta utilizando la cámara de la misma para validar.

Examen sin validación biométrica: Se trabajó la alternativa sin validación biométrica considerando que algunos aspirantes no tendrían equipo multimedia para realizar el examen de admisión o pudiera fallar la conectividad al momento de realizarlo dado que no todos cuentan con una buena conectividad ya que incluso algunos se tuvieron que conectar en un ciber.

Se programaron seis grupos considerando diversos horarios con un promedio de 260 estudiantes cada uno, con la finalidad de no saturar la plataforma institucional y poder dar asistencia técnica a los estudiantes al momento de realizar el examen de selección.

Resultados y discusión

Los resultados obtenidos fueron los siguientes:

Prueba de Validación Biométrica

De un total de 1564 aspirantes 1171 se registraron al curso de prueba de validación biométrica, lo que representó el 74.9% de la población de aspirantes. Al realizar la prueba se consideraron dos opciones: primero la validación biométrica utilizando la cámara de la computadora y segundo sin el uso de cámara (con la finalidad de saber cuántos contaban con una cámara en su equipo de cómputo). Los resultados obtenidos fueron los que se muestran a continuación en la Figura 5.

Total de aspirantes registrados	1171
Ambas pruebas	156
Validación Bimétrica	721
Validación sin camara	434

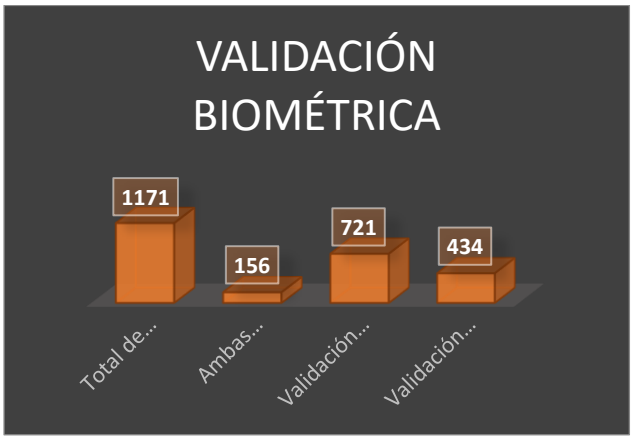


Figura 5. Resultados de la prueba realizada para la validación biométrica.

Con los resultados anteriores se observó que 721 estudiantes realizaron la validación biométrica lo que representa el 61.8% de los estudiantes y la validación de la prueba sin cámara 434 estudiantes que corresponde al 31.1%, 156 estudiantes realizaron ambas pruebas a pesar de que en un inicio comentaron que no contaban con el equipo necesario para ello. Por lo anterior la institución tomó la decisión de realizar el examen de selección utilizando principalmente la validación biométrica, sin descartar la posibilidad de realizarlo sin ella.

Algunas de las problemáticas mencionadas por los estudiantes en los correos de asistencia fueron:

1- No cuento con computadora de escritorio que tenga cámara
2- La cámara se encuentra dañada y no sirve
3- Sólo tengo celular y no tengo computadora

Cabe mencionar que al dar asistencia técnica mediante sesión de videoconferencia Meet se pudo observar que algunos estudiantes subían a la plataforma fotografías que no eran del tipo png que es la que el plugins https://eproctoring.com/ utiliza con Moodle para realizar una validación de fotografía de perfil con la que capta la cámara, siendo este un servicio externo a Moodle, el cual valida contantemente al usurario que se encuentra frente a la cámara.

Examen de selección

El primer día se aplicó el examen para los grupos del 1 al 3 en tres horarios y el segundo día a los grupos del 4 al 6 también en 3 horarios. Durante el primer día en el grupo 1 se dio la posibilidad de utilizar las dos alternativas pero esto ocasionó que algunos aspirantes brincaran de un examen a otro y el tiempo corría para ambos exámenes. Dado lo anterior; se determinó que para el siguiente día sólo se aplicaría el examen con validación biométrica, sin embargo algunos estudiantes presentaron fallas técnicas.

Para dar oportunidad a todos los aspirantes de una correcta aplicación del examen de admisión se consideró abrir los grupos 7 y 8 sin validación biométrica a aquellos que presentaron algunas situaciones como falla de conectividad y no contar con cámara, entre otras.

Inicialmente se programaron seis grupos en diferentes horarios para la aplicación del examen considerando una o las dos alternativas de acuerdo con la información recolectada, sin embargo; dados los resultados se tuvieron que considerar de manera emergente otros dos grupos, quedando finalmente la programación de la siguiente manera (Tabla 1):

Tabla 1. Programación final de los grupos que realizaron el examen de selección.

Grupo	Tipo de examen
Grupo 1 7-11	ambos
Grupo 2 11-15	examen sin validación biométrica
Grupo 3 15-19	examen sin validación biométrica
Grupo 4 7-11	examen con validación biométrica
Grupo 5 11-15	examen con validación biométrica
Grupo 6 15-19	examen con validación biométrica
Grupo 7 18-22	examen sin validación biométrica
Grupo 8 18-22	examen sin validación biométrica

En la Tabla 2 y en la Figura 6 se muestran las poblaciones esperada y real en cada uno de los grupos programados:

Tabla 2. Poblaciones esperada y real que realizaron el examen de selección.

	Esperada	Real
Grupo 1 7-11	280	227
Grupo 2 11-15	260	226
Grupo 3 15-19	260	232
Grupo 4 7-11	260	204
Grupo 5 11-15	260	228
Grupo 6 15-19	260	177
Grupo 7 18-22	155	99
Grupo 8 18-22	11	4

 ISSN 2007-8102

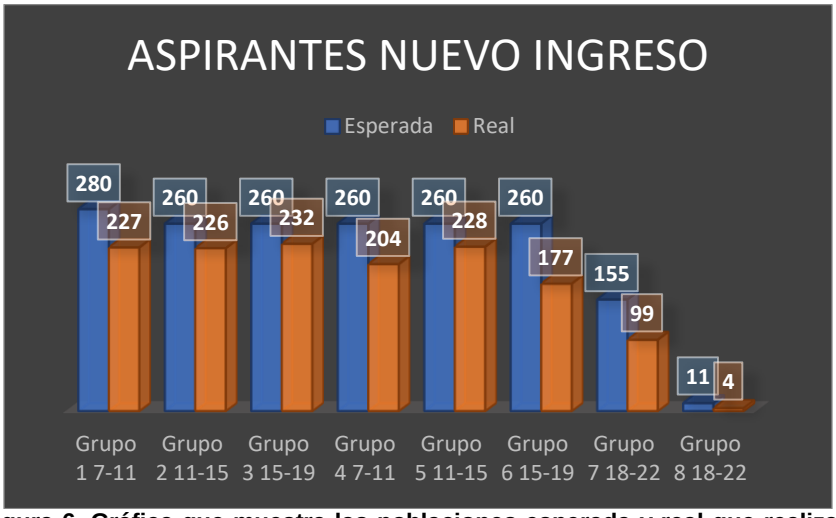


Figura 6. Gráfica que muestra las poblaciones esperada y real que realizaron el examen de selección.

Algunas de las problemáticas presentadas durante ésta etapa del proceso fueron:

- Los estudiantes manifestaron que el examen estaba muy extenso (lo cual no se considera una problemática técnica).
- Algunos de los temas que se consideraron en el examen no se abordaron durante el curso propedéutico lo cual no se considera una problemática técnica).
- Problemas de conexión a internet, en donde se presentó principalmente; tráfico en la red, fallas de conectividad.
- Falta de registro previo en la plataforma institucional Moodle para poder presentar el examen de selección.

Cabe mencionar que en todo momento se estuvo dando seguimiento y atendiendo a los aspirantes vía correo electrónico y mediante videoconferencias con meet para atender algunas situaciones técnicas que se presentaron, además de que no se sintieran solos durante el proceso y asegurar una aplicación exitosa del mismo.

Finalmente, es importante destacar que de acuerdo a los registros que existen en el Departamento de Desarrollo Académico de la institución, quien es el encargado del proceso de selección de aspirantes a nuevo ingreso, un porcentaje mayor al 10% aproximadamente en promedio deserta del proceso, es decir; no lo concluyen en alguna de las dos etapas mencionadas anteriormente.

En éste momento de una población de 1564 aspirantes programados para el examen se presentaron en la plataforma 1294, dando un total del 18% de ausentismo, sería cuestión de analizar este dato y ver la razón por la cual no acudieron al examen.

Trabajo a futuro

Recapitulando, el Proceso de Selección a Aspirantes a Nuevo Ingreso, a pesar de ser la primera vez en formato electrónico en línea: el curso propedéutico en línea, la capacitación de los docentes en línea y el examen de admisión en línea y con validación biométrica, se puede considerar que fue un éxito, sin embargo; es necesario hacer algunas consideraciones a manera de recomendación y como puntos de mejora al mismo:

Se debe de crear un curso en la plataforma Moodle institucional en donde al momento en que el estudiante se registre se le indiquen la forma de llenar la siguiente información para que se facilite el ordenamiento de la base de datos de los aspirantes y sea más fácil trabajar con ellos y poder darles asistencia técnica con mayor precisión y en menor tiempo, además de poder obtener datos estadísticos de utilidad para la institución.

1. En la sección PERFIL, colocar en la opción NÚMERO DE ID su número de matrícula y en DEPARTAMENTO la carrera de primera opción seguida de una diagonal que la separe de la segunda opción ejemplo: Ingeniería en Logística / Ingeniería en Sistemas Computacionales.
2. Diseñar el curso propedéutico con toda la información académica y técnica que sea necesaria para que el aspirante tenga más claro el proceso.

Respecto a la validación biométrica se deberán realizar más pruebas donde se puedan minimizar las problemáticas presentadas a los estudiantes así como a la institución.

Conclusiones

En conclusión, es importante resaltar que se logró la aplicación exitosa del proceso de selección utilizando tecnología de vanguardia, lo que hace que el TecNM Campus Querétaro sea el primer instituto tecnológico en aplicar la validación biométrica de sus aspirantes para dar una mayor confiabilidad al proceso, además de que puede ser utilizada posteriormente en los diversos procesos académicos y administrativos.

Los retos que se presentan hoy en día con el confinamiento hacen que las instituciones busquen nuevas formas de llevar a cabo los diversos procesos educativos con el objetivo de atender las indicaciones sanitarias del Estado y del País y con la aplicación virtual del examen de admisión se ha logrado dicho objetivo el cual permea a la sociedad Queretana y como consecuencia a la comunidad académica de la familia TecNM.

Referencias

[1] C. Madero Cabib and I. Madero Cabib,"*ELECCIÓN ESCOLAR Y SELECCIÓN ESTUDIANTIL EN EL SISTEMA ESCOLAR CHILENO. ¿Quién elige a quién?: el caso de la educación católica*," *Revista Mexicana de Investigación Educativa,* vol. 17, no. 55, pp. 1267-1295, 2012. http://www.scielo.org.mx/pdf/rmie/v17n55/v17n55a12.pdf

[2] Gwang-Chol Chang, Le Thu Huong, Rolla Moumne, Sharlene Bianchi and Elise Rondin., "COVID-19 Panorama de las estrategias de respuesta respecto a los exámenes y evaluaciones de alto impacto o altas consecuencias*"*. UNESCO. 2020. https://en.unesco.org/sites/default/files/unesco-covid-19-ed-webinar-4-working-document-es.pdf

[3] P. Ramírez and M.L.Montes, Video "moodle 3 8 curso propedéutico TecNM/IT Querétaro" https://www.youtube.com/watch?v=1AN19HbKNo8&list=PL9WAJfhg9EYUfAY_v4P96w_EVcTgi1zGD&index=7

[4] P. Ramírez and M.L.Montes, Video " moodle 3 8 Validación Biométrica usando plugins de eproctoring" https://www.youtube.com/watch?v=MI70E2xybGA&feature=youtu.be

 ISSN 2007-8102

Importancia de la tutoría virtual para alumnos de Ingeniería en Sistemas modalidad virtual

J. Robles Calderón[1], M. A. Aguilar Cortés[1], G. Robles Calderón[1]*, M. Aguilar *Cortés[1]*
[1]División de Ingeniería en Sistemas Computacionales, Instituto Tecnológico Superior de Teziutlán, Fracción I y II SN, Aire Libre, C.P. 01219, Teziutlán Puebla., México
jacobo.rc@teziutlan.tecnm.mx

***Área de participación**: Investigación Educativa*

Resumen

Hoy en día ante la nueva normalidad que vivimos la educación virtual basada en TIC se ha convertido en un gran desafío para docentes y tutores pues la manera en la que se transmiten conocimientos, así como el grado de interacción que se tiene con alumnos es completamente diferente a los de un modelo de educación presencial. Debemos destacar que uno de los aspectos más importantes dentro de la formación virtual es el acompañamiento que se debe ofrecer a los alumnos en actividades académicas, considerando también su entorno, situación personal y grado de motivación ya que, en muchas ocasiones estos factores afectan de manera significativa el desempeño escolar. El presente trabajo describe el uso de las TIC como un mediador para facilitar la acción tutorial y contribuir al éxito escolar en alumnos inscritos en la carrera de Ingeniería en Sistemas Computacionales en su modalidad virtual dentro del ITS de Teziutlán.

***Palabras clave**: Tutoría, Virtual, Educación, Modelo*

Abstract

Today, in the face of the new normality that we are experiencing, virtual education based on TI has become a great challenge for teachers and tutors because the way in which knowledge is transmitted, as well as the degree of interaction with students is completely different. to those of a face-to-face education model. We must emphasize that one of the most important aspects of virtual training is the support that must be offered to students in academic activities, also considering their environment, personal situation and degree of motivation since, on many occasions, these factors affect significant school performance. This paper describes the use of TI as a mediator to facilitate tutorial action and contribute to school success in students enrolled in the Computer Systems Engineering career in its virtual modality within the ITS of Teziutlán.

***Key words**: Tutorships, Virtual, Education, Model*

Introducción

Hoy en día ante la nueva realidad que vivimos es innegable que las Tecnologías de Información y Comunicación (TIC) han impactado y transformado de manera profunda y significativa el proceso tradicional de enseñanza aprendizaje. Ante esta situación las TIC se han convertido en un recurso tanto positivo como negativo dentro de dicho proceso y ha llevado a la educación a lugares que hasta hace algunos años resultaba difícil poder visualizar o predecir.

El uso de las TIC ha ocasionado que en cierto grado la enseñanza tradicional derivada de la función docente tenga un rol menos preponderante o protagónico, convirtiendo al aprendizaje desarrollado por el alumno en una actividad que requiere mayor grado de participación, compromiso y seguimiento. Es importante destacar que esto no exime al docente de su labor, pero debemos mencionar que lo que hoy en día se demanda de docentes y tutores es la capacidad para desempeñar su función apoyándose en el uso de las TIC no solo como un medio para la trasmisión de información, sino también para poder realizar un acompañamiento constante al alumno (proceso

de tutoría). Para muchos esto se puede convertir en un gran desafío pues es sumamente complicado cambiar de manera radical un modelo tradicional y profundamente arraigado de enseñanza que existe dentro de nuestro contexto educativo. Aunado a todo esto en la actualidad existe una presencia cada vez mayor de la educación virtual en instituciones de nivel superior, aunque sea a distintos ritmos y con múltiples variantes. Por otra parte, existe una significativa presencia de las tecnologías de información y comunicación en gran parte de los modelos educativos en todo el mundo [1].

La educación a distancia apareció como una solución a los problemas de cobertura y calidad que aquejaban a un número elevado de personas en diversas partes del mundo, quienes deseaban beneficiarse de los avances pedagógicos, científicos y técnicos que habían alcanzado ciertas instituciones, pero que eran inaccesibles por la ubicación geográfica o bien por los elevados costos que implicaba un desplazamiento frecuente o definitivo a esas sedes.

Este tipo de educación permite la formación de los estudiantes que no pueden acceder de manera física a la institución, utilizando para ello diferentes medios de acuerdo con la época; el uso más actual contempla al ciberespacio como medio por excelencia [2].

No debemos olvidar que en México la mayoría de las instituciones de nivel superior atienden estudiantes que manifiestan realidades y contextos sumamente complejos en los cuales su acercamiento a las TIC puede ser diametralmente opuesto unos de otros. Esta situación ha desencadenado en la necesidad de generar cambios en los niveles normativo, organizativo y docente, siendo este último el que presenta el mayor desafío.

El Instituto Tecnológico Superior de Teziutlán es una institución de nivel superior que integra una red de 254 tecnológicos adscritos al Tecnológico Nacional de México y que siempre se ha preocupado en mantener los estándares educativos más altos posibles a través de la innovación en diferentes esquemas de enseñanza aprendizaje. Actualmente el ITS de Teziutlán cuenta seis carreras a nivel licenciatura: Ingeniería Industrial, Ingeniería en Sistemas Computacionales, Ingeniería Mecatrónica, Ingeniería en Gestión Empresarial, Ingeniería en Industrias Alimentarias e Ingeniería Informática. También se imparten como estudios de posgrado la Maestría en Sistemas Computacionales. Todos los estudios ofertados se imparten en modalidades escolarizada, mixta, virtual y no escolarizada a distancia tal como se presenta en la figura 1.

		MODALIDADES			
CARRERA	NIEL	ESC	MIX	MOV	NEAD
Ingeniería Industrial	Licenciatura	X	X		X
Ingeniería en Sistemas Cpmputacionales	Licenciatura	X	X	X	
Ingeniería Mecatrónica	Licenciatura	X	X		
Ingeniería en Gestión Empresarial	Licenciatura	X	X		
Ingeniería en Industrias Alimentarias	Licenciatura	X	X		
Ingeniería en Informática	Licenciatura	X	X		
Maestría en Sistemas Computacionales	Posgrado	X			

Escolarizada	ESC
Mixta	MIX
Virtual	MOV
No Escolarizada a distancia	NEAD

Figura 1 Modalidades vigentes en el ITST

La carrera de Ingeniería en Sistemas en su modalidad virtual se apertura en el periodo escolar Agosto diciembre de 2013 contando actualmente con siete generaciones las cuales a pesar de que actualmente dentro del ITS de Teziutlán existe el departamento de Desarrollo Académico que es el encargado de dar seguimiento a diversos procesos asociados al seguimiento académico de los alumnos, este se encuentra más enfocado a estudiantes de las modalidades escolarizada y mixta, dejando en segundo término a todos los alumnos de las modalidades no presenciales.

Esta situación adquiere un grado de mayor importancia en función que una de las carreras que regularmente presenta mayores índices de reprobación y deserción es la carrera de Ingeniería en Sistemas Computacionales debido a la complejidad que presentan algunas de las asignaturas que forman parte de su retícula. Actualmente dicha carrera cuenta con una matrícula general de 263

alumnos inscritos de los cuales 22 corresponden a alumnos pertenecientes a la modalidad no presencial [3] .

El objetivo principal de esta investigación se centra en el desarrollo e implementación de un modelo tutoral orientado a estudiantes de la virtual de la carrera de Ingeniería en sistemas Computacionales del ITST y poder coadyuvar con ello a la disminución de los índices de reprobación y deserción, así como el incremento de la eficiencia terminal en alumnos inscritos en dicho plan y modalidad de estudios.

Metodología

El presente trabajo se encuentra enmarcando dentro del contexto de la investigación educativa orientado a instituciones formativas a nivel superior y tiene por objetivo identificar los modelos tutorales gestionados por medio de las TIC. Esta investigación implico la incorporación de múltiples áreas, variables, así como procesos de análisis cuya selección derivo de la naturaleza misma del problema y del conocimiento y competencias del equipo de investigación, dando como resultado una mezcla que incorpora las bondades de la investigación cuantitativa en la cual se observa la realidad social del ser humano sin una relación directa con el sujeto de estudio pero donde existen criterios de medición que permiten profundidad en los datos [4] y un enfoque cualitativo donde aplica el método científico de una manera flexible, menos rigurosa como ocurre en la investigación cuantitativa [5]. Aunque generalmente el método cuantitativo es más aplicado en las ciencias exactas y el método cualitativo se utiliza en áreas sociales, ambos son de utilidad para esta investigación debido a la naturaleza del proceso de tutoría.

Diseño del trabajo de investigación

Como se mencionó anteriormente esta investigación aplica la investigación cualitativa y cuantitativa lo cual nos permitió proponer el siguiente esquema de trabajo para nuestro estudio:

- Planteamiento del problema
- Selección contexto de estudio
- Elaboración de hipótesis de investigación
- Objetivos
- Definición y análisis de la muestra
- Diseño y aplicación de instrumentos de recolección de datos
- Procesamientos cuantitativos y cualitativos
- Análisis de resultados
- Informe final

Planteamiento del problema

Uno de los aspectos más importantes dentro de la formación académica de cualquier alumno es la necesidad de un acompañamiento adecuado en cada una de las actividades que realiza como parte del proceso de enseñanza aprendizaje. Ahora no debemos olvidar que hoy en día vivimos en la denominada Sociedad del Conocimiento en la cual los nuevos enfoques asociados a la educación virtual están orientados a la aplicación de Tecnologías de Información y Comunicación, siendo esto un gran desafío para los docentes y tutores ya que la manera en la que se transmiten los conocimientos a los alumnos, así como el grado de interacción que se tiene con ellos es completamente diferente a un modelo de educación presencial tradicional. Todo esto ha generado que en muchas ocasiones la función del docente, así como la acción de tutoría virtual se haya malinterpretado pues solo se enfoca a niveles estrictamente académicos [6], dejando a un lado el apoyo individual y el acompañamiento de los estudiantes durante una asignatura o incluso a lo largo de toda una carrera profesional.

Es importante destacar que la educación virtual no se trata simplemente de crear repositorios de recursos académicos que los estudiantes puedan consultar sin restricciones de tiempo y lugar, más bien debemos conceptualizar a la educación virtual como un proceso que busca propiciar espacios

de formación apoyados por las TIC para instaurar nuevas formas de enseñar y aprender [7]. Todo esto implica que se debe tener un alto grado de comprensión de los entornos económicos y sociales de los estudiantes, así como del vínculo que debe existir entre las TIC y los modelos pedagógicos, pues como se mencionó anteriormente no se trata solo de hacer llegar la información al alumno, sino más bien hablamos de una perspectiva pedagógica donde la labor de los docentes y tutores cobra un grado de importancia mayor. En los entornos de aprendizaje virtual la carencia de un seguimiento oportuno de los estudiantes puede convertirse en una percepción negativa de desatención por parte de los profesores y de la institución educativa. El alumno por su parte en la mayoría de los casos no se encuentra preparado para forma parte de un modelo educativo centrado en gran medida en la autonomía del alumno para adquirir los aprendizajes esperados [8].

En opinión de en el aprendizaje autorregulado los docentes y tutores son los responsables iniciales del monitoreo de los procesos de autorregulación en los estudiantes. Además, deben seleccionar y emplear estrategias de aprendizaje acordes con las demandas de la tarea y a los estilos personales de aprendizaje de cada alumno [9].

Con base en dichos aspectos, la función de un proceso de tutoría virtual es una actividad que actualmente dentro del ITS de Teziutlán presenta las siguientes problemáticas:

- Alto índice de reprobación y deserción en modalidades no presenciales.
- No se cuenta con modelos de tutoría efectivas en modalidades virtuales.
- Planes y programas de estudios no aptos para entornos virtuales.
- Falta de separación en las funciones de docencia y tutoría.
- Docentes no capacitados para impartir asignaturas en entornos virtuales.
- Conceptualización de la educación virtual como si fuera tradicional.

Todos estos factores han contribuido de una manera significativa a que los programas de educación virtual vigentes en el ITST no cubran con las expectativas que dieron origen a su creación, pero sobre todo que los alumnos inscritos en dichos programas no puedan desarrollar adecuadamente las competencias establecidas, impidiendo con ello la culminación exitosa de sus estudios profesionales, siendo en muchos casos la falta de motivación por parte de docente y tutores un factor que afecta negativamente en dicho problema.

Hipótesis de la investigación

¿Contar con un modelo de tutoría académica virtual para el programa académico de Ingeniería en Sistemas Computacionales (modalidad no presencial), permitirá reducir los índices de reprobación y deserción escolar?

Objetivos

Proponer un modelo de tutoría virtual para carreras no presenciales en el ITS de Teziutlán que se encuentre mediado por el uso de TIC, con una clara definición de perfiles y tareas docentes que pueda ser flexible al momento de aplicarlo en un curso, carrera o institución de Educación Superior.

Definición y análisis de la muestra

La población fue definida incluyendo la totalidad de los elementos de análisis por lo que no se hace necesario realizar un muestreo dentro del estudio de investigación proyectado dentro del presente trabajo. De igual manera se destaca que la población es obtenida directamente de los alumnos inscritos en la carrera de ingeniería en Sistemas Computacionales del ITS de Teziutlán en su modalidad virtual. Por tal motivo se aplicó un muestreo no probabilístico de tipo incidental ya que se seleccionaron de manera directa los individuos sujetos al estudio (profesores y alumnos). En la ilustración 2 se muestra el número de alumnos inscritos al programa virtual de Ingeniería en Sistemas Computacionales en su modalidad virtual.

 ISSN 2007-8102

Año de Ingreso	Total de Ingresos	Bajas Definitivas	Bajas Temprales	Cambios Carrera/Modalidad	Inscritos Actuales
2013	2	2	0	0	0
2014	19	18	0	1	0
2015	17	15	1	1	1
2016	8	6	2	0	0
2017	11	7	1	3	2
2018	5	4	1	0	0
2019	7	0	1	0	6
2020	13	0	0	0	13

Figura 2 Alumnos inscritos en ISC modalidad virtual

Con relación a las asignaturas se optó por elegir las materias correspondientes al primer semestre, así como a los docentes que imparten dichas materias ver figura 3.

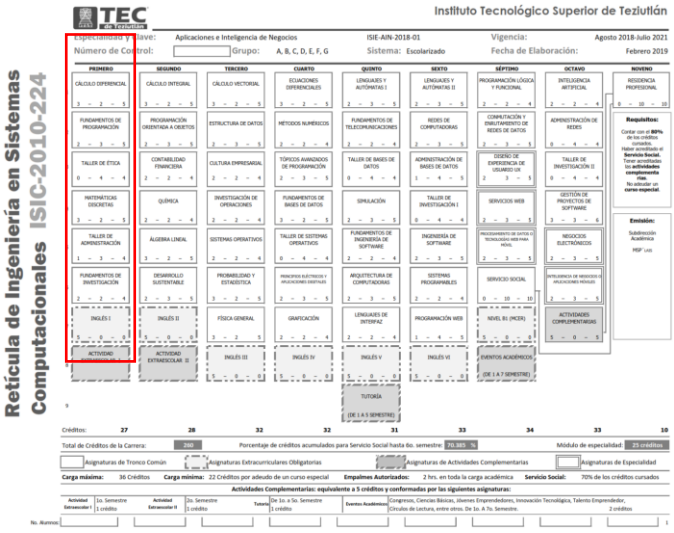


Figura 3 Reticula ISC

Es importante mencionar, que el haber tomado en cuenta solo materias de primer semestre es debido a que son donde se presenta los mayores índices de reprobación y deserción escolar en el ITS de Teziutlán.

Diseño y aplicación de instrumentos de recolección de datos

El principal elemento de recolección de datos fue un cuestionario ya que como se planteó anteriormente la investigación tiene un enfoque cuantitativo-cualitativo. Para el proceso de recopilación de datos se diseñó un cuestionario con alrededor de 80 preguntas abiertas y cerradas tanto para docentes como para alumnos. Es importante mencionar que el cuestionario se dividió en 4 ejes principales tal y como se muestra en la figura 4.

 ISSN 2007-8102



Figura 4 Estructura de instrumentos de recolección de datos

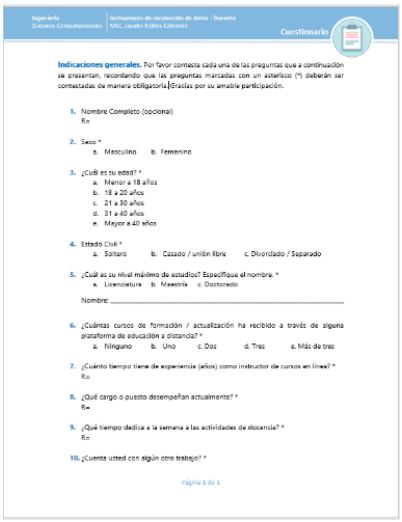


Figura 5 Cuestionario del Alumno

Análisis de datos

Se entrevistaron un total 28 docentes que han impartido cursos virtuales en modalidad virtual de la carrera de Ingeniería en Sistemas computacionales, especialmente a los docentes de primer semestre. De la información recopilada podemos destacar que el 82.14% de la población encuestada tiene estudios de maestría y el 100% tiene estudios sobre educación a distancia y TIC. El 64.28% más de tres cursos en línea en el último año. El 85.71% de los docentes encuestados están dedicados a la docencia como su actividad principal, y cuentan con una experiencia que varía entre los 5 a 23 años. De los estudiantes encuestados se pudo observare que el 56% de ellos contaban con experiencia previa en la realización de cursos o estudios en línea (figura 6). El número de horas de estudio promedio por asignatura a la semana fue de 3 horas (figura 7).

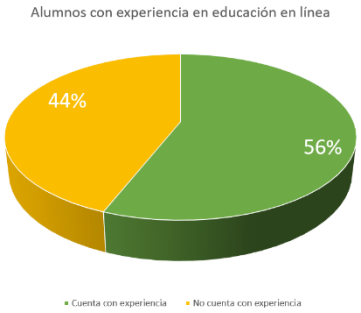


Figura 6 Experiencia de alumnos en educación en línea

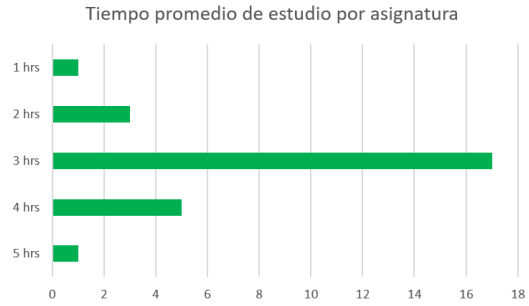


Figura 7 Horas de estudio dedicadas

En la generación 2019 el 90% de los alumnos señalo haber recibido apoyo de su tutor y solo el 10% no requirió de la intervención del docente para la solución de problemas de índole académico o de resolución de conflictos. Los estudiantes también destacan que el recibir apoyo ayudo a clarificar dudas y a mejorar su desempeño genera como resultado de la tutoría y de la asesoría.

Resultados y discusión

El contexto actual de la educación a distancia o virtual basada en el uso de TIC ha rebasado la planeación tradicional que existen en la mayoría de las instituciones de educación superior. Es por ello se ha generado la necesidad de implementar soluciones y modelos que permitan resolver parcial

 ISSN 2007-8102

o incluso totalmente la problemática de deserción y reprobación descrita en esta investigación. De este modo lo planteado en la hipótesis de investigación, así como en el objetivo general del presente trabajo ha permitido definir la importancia del proceso de acompañamiento (tutoría virtual) a partir de una correcta selección de perfiles docentes, así como a proporcionar algunos principios para la construcción de un modelo que puede ser aplicado no solo a la carrera de Ingeniería en Sistemas Computacionales en modalidad Virtual, sino también en otras carreras que oferten modalidades no presenciales incluso en carreras cuya modalidad se encuentra dentro del enfoque tradicional. Con relación al modelo tutoral propuesto, encontramos que es una acción que debe ser realizada de manera permanente con todos los alumnos en los ámbitos académicos y de su entorno y que de igual modo deben estar sustentados en las operativas academias, formativas y de investigación. De igual manera se pudo observar que en la generación 2019 que fue objeto del estudio y la cual recibió un acompañamiento continúo haciendo uso de las TIC se pudo apreciar una notable disminución en los índices de deserción escolar (ver figura 8).

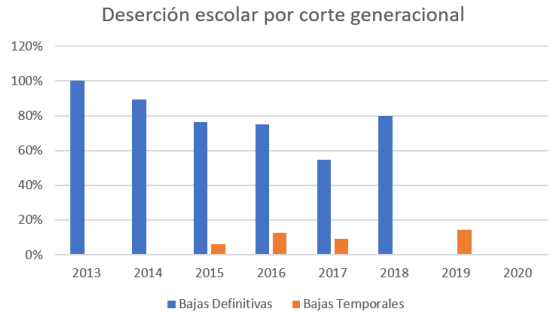


Figura 8 Porcentajes de deserción escolar

Trabajo a futuro

De inicio como resultado de esta investigación se pretende replicar el modelo de acompañamiento tutoral a todas las generaciones vigentes en la carrera de Ingeniería en Sistemas Computacionales en modalidad virtual, así como a la modalidad No Escolarizada a Distancia de la Carrera de Ingeniería Industrial dentro del ITS de Teziutlán con el objetivo principal de contribuir de manera significativa a la disminución de los índices de deserción y reprobación escolar. De igual manera ante la situación de contingencia sanitaria que vivimos actualmente se buscará implementar la tutoría virtual basada en TIC en por lo menos el 80% de los cursos de educación a distancia que se imparten dentro del presente ciclo escolar, principalmente en el primer semestre de cada carrera ya que es donde se requiere focalizar el esfuerzo de retención de alumnos.

Conclusiones

Para facilitar la asimilación y comprensión de los resultados obtenidos y tomando en consideración la complejidad del problema de investigación en relación con los docentes involucrados en el proceso de tutoría en ambientes virtuales que buscan integrar las TIC para el acompañamiento académico y de evaluación del proceso de enseñanza aprendizaje, podemos concluir que la principal aportación de la investigación tiene que ver con el modelo tutoral propuesto para educación a distancia gestionada por las TIC. Todo esto apoyado en la correcta selección de perfiles personales y profesionales que deben poseer todas aquellas personas designados como tutores.

Es importante mencionar que basados en la experiencia obtenida de la investigación se pudo comprobar que los docentes no siempre tienen bien delimitadas las actividades a realizar como asesores o tutores y que lo importante es que el alumno cuente con la presencia de un acompañante

en cuestiones académicas, disciplinares y de su entorno, ya que todas estas situaciones afectan de manera directa a la gestión de un curso virtual y también a los indicadores de deserción y reprobación institucional ya que en muchas ocasiones el alumno no se siente debidamente acompañado y motivado para realizar de manera satisfactoria sus actividades académicas.

El uso de las TIC permite en un entorno virtual lograr tener una acercamiento adecuado con los alumnos para poder ayudarlos a resolver problemas que presentan cotidianamente en su labor académica, ya que nos ofrece diferentes mecanismos síncronos y asíncronos para poder lograr en el alumno un elevado nivel de interés en continuar con su educación profesional.

Agradecimientos

Agradecemos a la División de Ingeniería en Sistemas Computacionales, así como al departamento de Desarrollo Académico del Instituto Tecnológico Superior de Teziutlán por todo el apoyo recibido para la elaboración de esta investigación ya que sin su valiosa colaboración no hubiera ser posible llegar a una culminación satisfactoria del mismo.

Referencias

[1] M. Castañeada Moreno, La educación a distancia en México: una década de sostenido esfuerzo institucional, Guadalajara: Universidad de Guadalajara, 2017.

[2] É. Castillo Yong, N. García Nagles, C. Mejía Corredor y C. E. Chaparro Malaver, «Evolución de la educación superior a distancia: desafíos y oportunidades para su gestión,» *Revista Virtual Universidad Católica del Norte,* pp. 83-105, 2017.

[3] Instituto Tecnológico Superior de Teziutlán, «Sistema Integral para el Control de la Información SICI,» Teziutlán, 2020.

[4] N. Ugalde binda y F. Balbastre Benavent, «Investigación Cuantitativa e Investigación Cualitativa: Buscando las ventajas de las diferentes Metodologías de Investigación,» *Revista de Ciencias Económicas,* pp. 179-187, 2013.

[5] H. Ñaupas Paitán, E. Mejía Mejía, E. Novoa Ramírez y A. Villagómez Paucar, Metodología de la investigación Cuantitativa Cualitativa y redacción de la Tesis, Bogota: Ediciones de la U, 2014.

[6] M. Acuña, «El Tutor Virtual: más allá de facilitar el aprendizaje,» 14 Octubre 2016. [En línea]. Available: https://www.evirtualplus.com/tutor-virtual-mas-alla-facilitar-aprendizaje/.

[7] S. E. Baena, «Pertinencia de la Educación Virtual en México: Un primer acercamiento a sus alcances y posibilidades,» *Educación Futura,* 2020.

[8] E. F. T. Hernández, «La relevancia del docente en la educación centrada en el estudiante,» *Voces de la educación,* pp. 215-222, 2017.

[9] J. Wilson y M. J. , «Autoeficacia y uso de estrategias para el aprendizaje autorregulado en estudiantes universitarios,» *Revista electrónica de investigación educativa,* 2013.

Educación a distancia en el Tecnológico Nacional de México, Oaxaca ante el COVID-19

E.F. Monzoy Ventre[1]*, A. Gómez Ordaz[2], J. I. Ramírez Hernández[3], O. Pérez López[1],

[1]Departamento de Sistemas y Computación, Tecnológico Nacional de México, Campus Oaxaca, Avenida Ing. Víctor Bravo Ahuja No. 125 Esquina Calzada Tecnológico, C.P. 68030.
[2]Departamento de Ingeniería Eléctrica, Tecnológico Nacional de México, Campus Oaxaca, Avenida Ing. Víctor Bravo Ahuja No. 125 Esquina Calzada Tecnológico, C.P. 68030.
[3]División de Estudios de Posgrado e Investigación, Tecnológico Nacional de México, Campus Oaxaca, Avenida Ing. Víctor Bravo Ahuja No. 125 Esquina Calzada Tecnológico, C.P. 68030.
*elsie.monzoy@itoaxaca.edu.mx

Área de participación: Investigación educativa

Resumen

Se diseñó un cuestionario de dieciséis preguntas, dirigido a los estudiantes del Tecnológico Nacional de México, campus Oaxaca, con el propósito de identificar sus necesidades y problemática que enfrentan para el desarrollo de sus competencias profesionales ante la contingencia por el SARS-CoV-2.

El cuestionario fue aplicado a través de una liga compartida por los Coordinadores de Carrera de la División de Estudios Profesionales. El análisis de la muestra de 1,894 estudiantes de las diferentes carreras que se imparten en el Instituto se llevó a cabo a través del software Calc de libreoffice. Destacando la necesidad de considerar mayor tiempo para la entrega de las actividades de aprendizaje por un 33.66% de la población.

La presente investigación contribuye de manera vital para el diseño adecuado de estrategias de enseñanza-aprendizaje ante la necesidad de dar las clases de manera virtual.

Palabras clave: Educación, ´TIC, estrategia, enseñanza.

Abstract

A questionnaire of sixteen questions was designed, aimed at the students of the Tecnológico Nacional de México, Campus Oaxaca, with the purpose of identifying their needs and problems that they face for the development of their professional skills before the contingency by Sars-Cov2.

The questionnaire was applied through a league shared by the Career Coordinators of the Professional Studies Division. The analysis of the sample of 1,894 students from the different careers taught at the Institute was carried out through the Calc free office software. Stressing the need to consider longer time for the delivery of learning activities by 33.66% of the population.

This research contributes vitally to the proper design of teaching-learning strategies in the face of the need to teach in a virtual way.

Key words: Education, TIC, strategy, teaching.

 ISSN 2007-8102

Introducción

El Tecnológico Nacional de México, campus Oaxaca cuenta con una población estudiantil de más de 7000 estudiantes, impartiendo las carreras de Ingeniería Industrial, Química, Eléctrica, Electrónica, Mecánica, Civil, Gestión Empresarial e Ingeniería en Sistemas Computacionales, además de ofertar la licenciatura en Administración, pero debido a la pandemia que actualmente estamos sufriendo del COVID-19, tanto estudiantes como docentes tuvieron que adaptarse de una educación presencial a una educación a distancia que como menciona Martínez Uribe, "se desarrolla con mediación pedagógica, que está dada por el docente que utiliza los avances tecnológicos para ofrecer", o también considerada como una estrategia educativa en la cual no influye el espacio y el tiempo o algunos otros factores para estropear el proceso de enseñanza-aprendizaje [1].

Debido a esa situación los docentes tuvieron que replantear sus estrategias de enseñanza-aprendizaje para la construcción y generación de conocimientos, pero esto implica la participación activa de los estudiantes en su formación, permitiendo que se conviertan en elementos activos para que se logre un aprendizaje autónomo y de esta forma el docente se convierta en un tutor de este proceso o una guía en su desarrollo, Gil Rivera menciona, que el diseño de las situaciones de aprendizaje no es únicamente las actividades de aprendizaje, debido a que implica el crear ambiente que propicien el aprendizaje colaborativo y de esta forma el estudiante desarrolle habilidades de comprensión, análisis, síntesis y crítica [2], no es dejar al estudiante solo en este proceso ya que se requiere el acompañamiento por parte del profesor.

Al diseñar el docente situaciones de aprendizaje en la modalidad a distancia se requiere hacer una correcta selección de los medios debido a que no todos los estudiantes se encuentran en las mismas condiciones o ambientes, por ello es importante el analizar las necesidades y los problemas a los que se enfrentan los estudiantes del Tecnológico Nacional de México, campus Oaxaca, en una educación a distancia ante la contingencia por Covid 19.

Modelo de educación a distancia

Para que un profesor pueda impartir su cátedra en modalidad a distancia no sólo requiere de la experiencia docente de forma presencial sino adicionalmente necesita tener las competencias necesarias para diseñar e implementar estrategias de enseñanza y aprendizaje que posibiliten la colaboración entre estudiantes-estudiantes, a través de ambientes virtuales. [3]

Este trabajo resalta las necesidades de los estudiantes ante la educación virtual.

Objetivo General

Analizar las necesidades y problemas de las y los estudiantes del Tecnológico Nacional de México, Campus Oaxaca, en la educación a distancia ante la contingencia por Covid 19.

Metodología

Para esta investigación se determinó un enfoque cualitativo ya que se desea conocer la percepción de los estudiantes del Instituto Tecnológico de Oaxaca como población objetivo, con ello se pretende construir explicaciones que permitan aportar elementos a la comprensión del fenómeno de transición de educación presencial a educación a distancia.

La recolección de datos se realizó a través de un Cuestionario [4] de 16 preguntas de opción múltiple, orientado a los y las estudiantes de las carreras de Ingeniería en: Sistemas Computacionales, Eléctrica, Electrónica, Industrial, Química, en Gestión Empresarial, Civil y Licenciatura en Administración de Empresas.

 ISSN 2007-8102

Se aplicó un cuestionario piloto a 50 estudiantes, derivado de los cometarios de los participantes y la experiencia de los profesionales que participan en la investigación, se re-estructuró, hasta llegar a la versión actual, de tal manera que permitió identificar las necesidades, recursos y las plataformas LMS que favorecen su aprendizaje, la problemática académica enfrentada ante la pandemia por Covid 19, y las necesidades de estudiantes para su implementación.

Con base en el tamaño de la matrícula de 7000 estudiantes en el Instituto Tecnológico de Oaxaca, un nivel de confianza de 95% considerando una distribución normal de los valores, y un margen de error del 5%, se determinó que el tamaño de muestra mínimo confiable estadísticamente correspondía a 365 estudiantes, sin embargo, el cuestionario se aplicó a 1900 estudiantes, en un tipo de muestreo con selección aleatoria simple (por número de matrícula) previa estratificación porcentual por carrera, descartando seis casos que no contaban con la especificación de la carrera de estudio, la cual es una variable central en la investigación.

Se analizaron 1,894 casos utilizando filtros y funciones de la hoja de cálculo de libreOffice Calc. Mostrando los resultados en tablas y figuras.

Resultados y discusión

Con base a los datos de la muestra se identifica que el 75.19% de las estudiantes mujeres cuenta con una computadora propia y con conexión a internet en un 74.94%. mientras que los estudiantes varones representan el 76.61% y 73.21% respectivamente como se muestra en la tabla no. 1

Tabla. No. 1 Acceso a las TIC

	Sexo		
	Femenino	Masculino	Total
Tienen computadora			
Si	75.19	76.61	76.03
No	24.81	23.30	23.97
Total	**100**	**100**	**100**
Tiene acceso a Internet			
Si	74.94	73.21	73.92
No	25.32	26.79	26.08
Total	**100**	**100**	**100**

En la tabla 2. se muestran las actividades que entregan y realizan las y los estudiantes a través de la plataforma de aprendizaje a distancia, que desarrollan mejor su aprendizaje: en primer lugar se observan las **tareas** con un 65.36% de manera general, correspondiente al 70.54 % de mujeres y 61.79 % de los hombres, seguida por los **foros** con 31.84% de los estudiantes de manera general, correspondiente a un 33.20% de mujeres y 30.89% de los hombres y **exámenes**, en un 29.36% de manera general, correspondiente 30.88% de las mujeres y 28.30% de los hombres.

Las **Tareas,** se refieren a los productos de aprendizaje desarrollados por los estudiantes para poder ser calificados por los docentes y recibir los comentarios que re-alimenten su aprendizaje. Las plataformas de aprendizaje ofrecen el espacio para subirlas [5].

Los **Foros,** son diseñados por los docentes para presentar un tema de interés a través del uso de Internet, permiten desarrollar el pensamiento crítico e hipotético, evaluar y emitir juicios [6] son asíncronos, pueden ser: generales y de aprendizaje, foro estándar, de preguntas y respuestas, de novedades, de profesores/tutores [7]. Fomentan la comunicación, factor necesario para el

 ISSN 2007-8102

aprendizaje [8]. Permiten compartir actividades que son visualizadas y comentadas por los integrantes de la clase.

Los exámenes, son actividades diseñadas por los docentes para valorar la comprensión de contenidos aprendidos por las y los estudiantes. Pueden configurarse con preguntas de cierto y falso, relacionar columnas, completar una respuesta, hacer un cálculo, las cuáles son calificadas automáticamente por la plataforma, re-alimentación al estudiante, con base a la respuesta dada y la información proporcionado por el profesor. También puede trabajarse con preguntas abiertas, como la elaboración de ensayos, las cuales requieren ser revisadas directamente por el docente. [9]

Tabla Número 2

Actividades de la plataforma de aprendizaje a distancia que desarrollan mejor el aprendizaje de los estudiantes por sexo en %

Actividad de la plataforma	Sexo		
	Femenino	Masculino	Total
Examen			
Si	30.88	28.30	29.36
No	69.12	71.70	70.64
Total	**100**	**100**	**100**
Chat			
Si	13.44	16.07	14.99
No	86.56	83.93	85.01
Total	**100**	**100**	**100**
Lección			
Si	8.66	8.66	8.66
No	91.34	91.34	91.34
Total	**100**	**100**	**100**
Glosario			
Si	13.05	10.18	11.35
No	86.95	89.82	88.65
Total	100	100	100
Wiki			
Si	1.81	5.36	3.91
No	98.19	94.64	96.09
Total	**100**	**100**	**100**
Base de datos			
Si	14.86	19.91	17.85
No	85.14	80.09	82.15
Total	**100**	**100**	**100**
Foros			
Si	33.20	30.89	31.84
No	66.80	69.11	68.16
Total	**100**	**100**	**100**
Encuestas			
Si	18.35	19.20	18.85
No	81.65	80.80	81.15
Total	**100**	**100**	**100**
Talleres			
Si	16.28	14.46	15.21
No	83.72	85.54	84.79
Total	**100**	**100**	**100**
Tareas			
Si	70.54	61.79	65.36
No	29.46	38.21	34.64
Total	**100**	**100**	**100**

Tabla Número 3

Recursos de las plataformas de aprendizaje a distancia que ayudan a fomentar el aprendizaje de los estudiantes

	Sexo		
	Femenino	Masculino	
Archivos			
Si	11.76	10.00	10.72
No	88.24	90.00	89.28
Total	**100**	**100**	**100**
Carpetas			
Si	6.85	5.71	6.18
No	93.15	94.29	93.82
Total	**100**	**100**	**100**
URL			
Si	32.56	35.18	34.11
No	67.44	64.82	65.89
Total	**100**	**100**	**100**
Etiquetas			
Si	2.07	4.29	3.38
No	97.93	95.71	96.62
Total	**100**	**100**	**100**
Pagina			
Si	10.08	8.75	9.29
No	89.92	91.25	90.71
Total	**100**	**100**	**100**
Libro			
Si	12.53	10.71	11.46
No	87.47	89.29	88.54
Total	**100**	**100**	**100**
Paquete contenido IMS			
Si	2.58	2.95	2.80
No	97.42	97.05	97.20
Total	**100**	**100**	**100**

Se considera recurso a: los archivos, carpetas, enlaces, etiquetas, libros, páginas, todos los objetos que pueden ser utilizados por un docente para asistir el aprendizaje de los estudiantes [10].

 ISSN 2007-8102

Desde la perspectiva de los estudiantes, el recurso con la mayor aceptación es el enlace o URL (Localizador Uniforme de Recursos) con un 34.11% de aceptación de manera general, del 32.56% de mujeres y 35.18% de los hombres. (Ver tabla número 3) El URL, permite acceder a videos, artículos, libros, lineamientos, aplicaciones, en la Internet.

Una estrategia de aprendizaje es utilizada por el estudiante …"de forma deliberada, flexible, heurística y adaptativa para mejorar su proceso de aprendizaje…"[11]. La principal estrategia de aprendizaje que usan las y los estudiantes es: la de **hacer anotaciones**, empleada por el 75.58% de las mujeres y por un 67.59% de los hombres, seguida de **resumir textos** con un 54.52% de las mujeres y un 54.38% de los hombres. (Ver tabla número 4)

Tabla Número 4

Estrategias que utilizan los estudiantes para aprender

	Sexo		
	Femenino	Masculino	
Resumir textos			
Si	54.52	54.38	54.44
No	45.48	45.63	45.56
Total	**100**	**100**	**100**
Mapa conceptual			
Si	45.61	35.89	39.86
No	54.39	64.11	60.14
Total	**100**	**100**	**100**
Mapa mental			
Si	34.75	32.05	33.16
No	65.25	67.95	66.84
Total	**100**	**100**	**100**
Cuadro sinóptico			
Si	30.36	23.39	26.24
No	69.64	76.61	29.14
Total	**100**	**100**	**55**
Resumen			
Si	54.52	54.38	26.24
No	45.48	76.61	73.76
Total	**100**	**131**	**100**
Anotaciones			
Si	75.58	67.59	70.86
No	24.42	32.41	29.14
Total	**100**	**100**	**100**

Como se muestra en la figura número 1, el principal problema al que se enfrentan los estudiantes del Instituto Tecnológico de Oaxaca en la educación a distancia es, **la programación de tiempos para la entrega de actividades**. Observándose el mayor porcentaje en la carrera de Ingeniería en

 ISSN 2007-8102

Sistemas Computacionales con un 33.66%, seguido de Ingeniería Mecánica con un 23.49%, Ingeniería Industrial con un 23.44%, Ingeniería en Gestión Empresarial con un 22.80%

El segundo problema identificado, es **la excesiva cantidad de tareas solicitadas por los docentes**. Observándose en la carrera de Ingeniería en Sistemas Computacionales un 28.71% seguido de la Carrera de Ingeniería Industrial con 12.05% e Ingeniería en Gestión Empresarial con un 12.09%

El tercer problema observado es **la comprensión de los temas.** Observándose en la carrera de Ingeniería en Sistemas Computacionales el 21.78%, seguido de la carrera de Ingeniería Industrial con un 3.13%

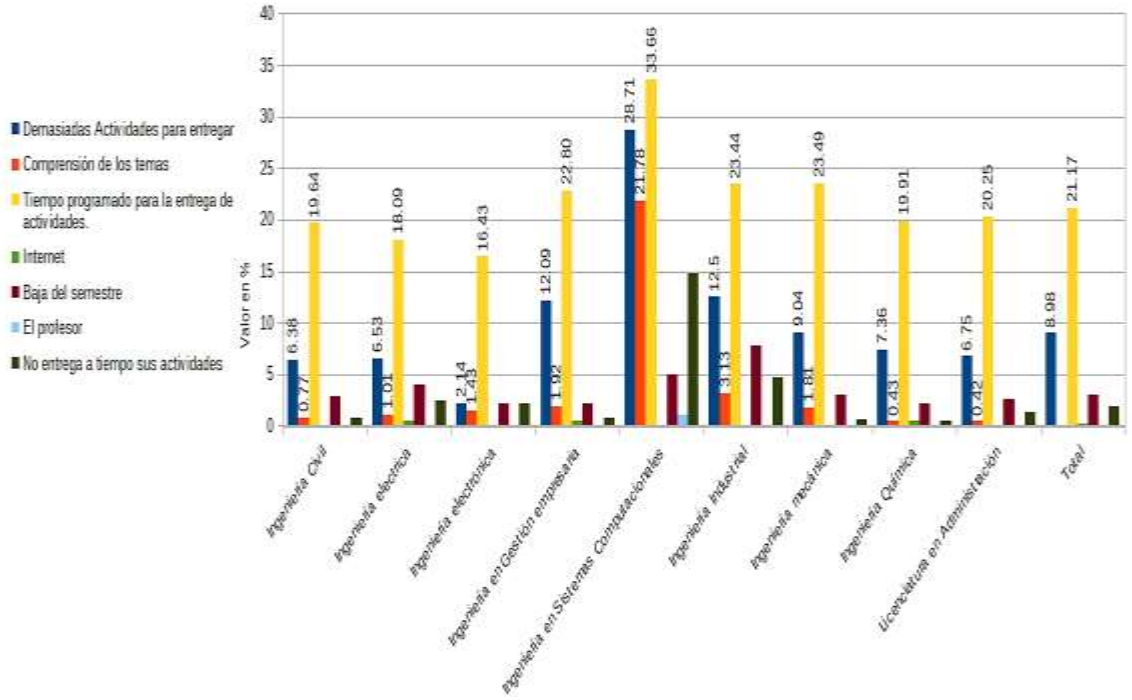


Figura No. 1 Problemas que enfrentan los estudiantes en la educación a distancia.

Trabajo a futuro

La información obtenida en la presente investigación, puede servir de base para mejorar la Instrumentación Didáctica. Referente a las estrategias de enseñanza-aprendizaje.

La Instrumentación didáctica se desarrolla de manera previa al inicio del semestre. En ella se plasman los contenidos de los programas de estudio, las actividades del estudiante (estrategias de aprendizaje) y las actividades del docente (estrategias de enseñanza), los recursos necesarios para desarrollarlas, los tiempos requeridos y los criterios de evaluación.

Considerando que el principal problema identificado al que se enfrentan los estudiantes en la educación a distancia es, **la programación de tiempos para la entrega de actividades,** se recomienda que los docentes reflexionen, con respecto al tiempo programado para la entrega de los productos de aprendizaje.

Conclusiones

El cambio entre una educación presencial a una educación a distancia ha puesto hincapié en la necesidad de mantener una comunicación constante entre: Docente y Dicente, entre Estudiantes, empleando las TIC.

La planeación didáctica debe reestructurarse de tal forma que permita priorizar los contenidos de las asignaturas en que se aplican las estrategias de enseñanza- aprendizaje, considerando los tiempos de entrega para los productos de aprendizaje, los cuales a petición de los estudiantes deben ser más amplios debido a la excesiva carga de actividades que les solicitan.

Las estrategias de aprendizaje deben fortalecerse para mejorar la comprensión de los temas, por parte de los estudiantes, se recomiendan asesorías, tutorías y manejo de recursos a través de enlaces (videos, libros, tutoriales) en Internet.

Las tareas, foros y exámenes fueron las actividades de las plataformas a distancia que desarrollan mejor el aprendizaje.

Hacer anotaciones y resumir textos, son las estrategias de aprendizaje más aceptadas por los estudiantes.

Agradecimientos

Se agradece a la División de Estudios Profesionales, por su apoyo en la divulgación del cuestionario.

Referencias

[1] **C. Martínez, "La educación a distancia: sus características y la necesidad en la educación actual", *Educación,* Vol. XVII, No. 33, pp. 7-27, septiembre 2008.**

[2] **M. Gil, "Modelo de diseño instruccional para programas educativos a distancia", *Perfiles Educativos,* Vol. XXVI, No. 104, pp. 93-114, 2004.**

[3] **C. Becerril , G. Sosa, M. Delgadillo" competencias básicas de un docente virtual" 2015.**

[4] **R. Hernández, C. Fernández, y P. Baptista," Metodología *de la investigación".* Sexta edición, pp. 2017-220, 2014**

[5] **https://docs.moodle.org/all/es/M%C3%B3dulo_de_tarea**

[6] **J. Pimienta, "Estrategias para aprender a aprender Docencia Universitaria basada en competencias", ed. *Primera.* México: Pearson, 2012.pp 119**

[7] **https://docs.moodle.org/all/es/Foros**

[8] **A. García "Bosque semántico: ¿educación/enseñanza/ aprendizaje a distancia, virtual, en línea, digital, eLearning...?" RIED, 23 (1), pp. 09-28. 2020 doi: http://dx.doi.org/10.5944/**

[9] **https://docs.moodle.org/all/es/Configuraciones_del_examen**

[10] **https://docs.moodle.org/all/es/Recursos**

[11] **F. Díaz Barriga y G. Hernández Rojas, "*Estrategias Docentes para un aprendizaje Significativo. Una interpretación constructivista",* ed. *Tercera.* México: Mc Graw Hill, 2010.pp118-131,317**

Estudio que analiza e informa sobre los aspectos positivos y negativos de la flexibilidad educativa

R. Urcid Puga[1]
[1]*Departamento de Medios y Cultura Digital, Tecnológico de Monterrey, Atlixcáyotl 5718, Reserva Territorial Atlixcáyotl, C.P.72453. Puebla, Pue. México. rurcid@tec.mx*
***Área de participación**: Investigación Educativa*

Resumen

El siguiente artículo tiene por objetivo mostrar los aspectos positivos y negativos que devienen de la flexibilidad educativa. Por ello, mediante un análisis cuantitativo transversal descriptivo en donde no se modifican variables, se indaga sobre la percepción que una muestra poblacional tiene ante este tema. En este sentido, el universo encuestado contempla más de 100 estudiantes del Tecnológico de Monterrey -campus Puebla-; los respondientes cursan distintas carreras y son de distintos semestres. Como resultado, se obtiene una serie de datos que ayudan a entender que la flexibilidad conlleva aspectos a favor y en contra. La principal conclusión a la cual se llega es que si las Instituciones de Educación Superior -IES- buscan flexibilidad e innovación, deben considerar desde lo administrativo hasta lo académico. Finalmente, se proponen algunos estudios a futuro que complementan esta investigación.

***Palabras clave**: flexibilidad, académica, educación, innovación, universidad.*

Abstract

The following article aims to show the positive and negative aspects that come from educational flexibility. Therefore, by means of a descriptive cross-sectional quantitative analysis where variables are not modified, the perception that a population sample has on this topic is investigated. In this sense, the universe surveyed includes more than 100 students from the Tecnologico de Monterrey -campus Puebla-; Respondents take different careers and are from different semesters. As a result, a series of data is obtained that help to understand that flexibility involves both pros and cons. The main conclusion that is reached is that if the universities are looking for flexibility and innovation, they should consider from the administrative to the academic. Finally, some future studies are proposed that complement this research.

***Key words**: academic, flexibility, education, innovation, university.*

Introducción

Se ha estipulado que la educación es el motor del desarrollo de la sociedad, pues logra potenciar las competencias profesionales y laborales [1] Por ello, hay diversos aspectos políticos, sociales, filosóficos y económicos que influyen en la flexibilidad educativa. Entiéndase que la flexibilidad consiste en ofrecerle al estudiantado la posibilidad de elegir cómo, qué, dónde, cuándo y con quién participan en las actividades de aprendizaje [2].

Flexibilidad

La enseñanza flexible conlleva algunos determinantes del aprendizaje; en particular destacan [3]:

- La asistencia por parte del alumnado a un lugar predeterminado en un tiempo y número de sesiones establecidas
- Especificación de metas de aprendizaje ajustadas a las características del estudiantado; contenidos y secuencia de enseñanza y una metodología de enseñanza a través de diversos medios.

La flexibilidad debe apoyarse en el uso de las Tecnologías de Información y Comunicación -TIC-; lo anterior conduce a una oferta educativa más flexible, que sirve tanto para el alumnado que sigue la enseñanza presencial, como para quienes optan por el aprendizaje a distancia; o, en su caso, una fórmula mixta.

Características de la innovación educativa

Aplicar métodos de desarrollo y orientación profesional para que el profesorado logre una mejor adaptación a la innovación es ideal para que logren migrar sus clases presenciales a un estilo híbrido basado en las TIC, por ello, diversas universidades se han convertido en campus virtuales. Para lograr una educación flexible e innovadora, supone nuevos atributos, y enfoques para su entendimiento, diseño e implementación [4]. Para que el modelo de aprendizaje flexible tenga los resultados esperados, es necesario que el alumnado sea el centro de atención; además, éste, debe convertirse en un ser independiente y autónomo, capaz de fomentar su propio proceso de aprendizaje; finalmente, incluye un cambio primordial en el rol del profesorado quien facilita el aprendizaje [5].

Ya en la práctica, estos modelos requieren de profesorado que tengan las destrezas para diseñar e implementar este tipo de cursos; por si fuera poco deben contar con el conocimiento necesario para adecuar sus clases y actividades, pensar en otros estilos de evaluación y buscar que el alumnado tenga una mayor interacción; durante el aprendizaje la interacción social entre educandos y educadores debe ser balanceada y ésta debe incluir libros de texto, guías de estudio, uso de la tecnología, etc. Para lograr una mayor flexibilidad, tanto las instituciones existentes, como aquellas que están en desarrollo deben promover experiencias innovadoras en el campo de los procesos de enseñanza y aprendizaje; por ello, la enseñanza universitaria no puede flexibilizarse de forma aislada; se requiere participación y motivación del profesorado, pero también, un fuerte compromiso institucional [6].

Por otra parte, la innovación y flexibilidad requiere que el alumnado se involucre en experiencias de aprendizaje individualizadas, basadas en destrezas, conocimientos, intereses y objetivos. Debe entenderse que la instrucción individualizada no significa instrucción aislada, sino la adaptación a las necesidades específicas; en este sentido, se refiere a una mejor calidad de enseñanza personalizada desde el momento en que se elaboran los planes de estudio, se confeccionan entornos y métodos de aprendizaje según los requisitos necesarios; lo anterior incluye situaciones de aprendizaje individualizadas y en conjunto.

Otra característica es el acceso a grupos de aprendizaje colaborativo, es decir la multi, trans e interdisciplinariedad que fomente el trabajo grupal para alcanzar objetivos en común para la maduración, éxito y satisfacción personal, el cual no debe limitarse a un espacio en concreto, sino a diversos espacios donde el proceso de enseñanza y aprendizaje se vea favorecido.

Finalmente, para lograr la innovación educativa, se debe recurrir a las experiencias en tareas de resolución de problemas, mismas que actualmente son relevantes para los puestos de trabajo actuales. Así, las instituciones de educación superior deben encontrar un punto común entre el alumnado y el profesorado para que a partir de los nuevos roles a desempeñar puedan iniciar procesos de cambio.

Innovación y roles

Las experiencias de formación superior flexible implican acceso a diversos recursos de aprendizaje; para esto, quienes estudian en las universidades deben tener acceso a una variedad de recursos de información incluyendo bibliotecas, bases informáticas, programas de software, paquetes multimedia, expertos en contenido, y a otros sistemas de comunicación; por si fuera poco, debe tener la capacidad para manipular activamente la información y elaborar estructuras cognitivas más complejas. En definitiva, poseer destrezas para usar las herramientas de información y poder acceder a las mismas.

El papel tanto del alumnado como del profesorado exige cambios en la configuración y funciones, y ambos, requieren el apoyo técnico y pedagógico de la institución. Por ello, la flexibilidad debe entenderse en un sistema de coexistencia entre las metodologías de enseñanza por parte de quienes imparten los cursos y del proceso de aprendizaje de quienes están en el aula -o fuera de ella-; aunado a esto, hay que considerar la elaboración de un currículum interinstitucional de acuerdo con las necesidades de ambas partes.

En este sentido, la forma en que la flexibilidad se puede manifestar depende del nivel de involucramiento que tanto alumnado como profesorado e incluso los diversos grupos de interés tienen para con las instituciones educativas; de ahí que el proceso de innovación educativa sea a partir del trabajo colaborativo y de la interacción constante entre todas las partes. Por ello, los límites, las metas y los umbrales de aceptación de dicha flexibilidad debe ser producto de una reflexión profunda que ayude a mejorar la calidad académica.

Uno aspecto fundamental de la flexibilidad curricular es la implicación en el aprendizaje por parte del estudiantado y cómo modelan sus propias experiencias en la adquisición de nuevos conocimientos; algunas de ellas comprenden la autoevaluación o la evaluación de compañeros, la gestión del trabajo en proyectos, la formulación de preguntas para el aprendizaje y la creación de portafolios digitales. Las actividades de aprendizaje pueden involucrar la lluvia de ideas, recopilación de recursos, y desarrollo o adquisición de competencias), las cuales ofrecen mayor participación en la sociedad, reflexión y enfoques basados en la información con enfoque basado en la experiencia [7].

Flexibilidad curricular

Es un concepto que amplifica la educación y se manifiesta a través de un programa académico, el cual atiende la variedad que el entorno demanda, incluye acciones de gestión y diversifica las oportunidades de los *stakeholders* o grupos de interés con el fin de potenciar los procesos de formación, investigación y proyección social del alumnado. En contraparte está la rigidez, la cual, tiene se caracteriza por tener al profesorado como figura clave en el aprendizaje y al alumnado como ser pasivo y con poca intervención, conlleva tener cursos seriados y, finalmente, no hay posibilidad de extraer el conocimiento fuera del aula; sumado a ello; la motivación y el apoyo en materia de innovación o al uso de tecnologías en la enseñanza no está presente [8].

Se identifican cuatro escenarios para la educación superior y el aprendizaje flexible, éstos parten de la combinación de dos dimensiones: la primera se relaciona con la ubicación de la oferta de aprendizaje, y la segunda se refiere al control de calidad -la universidad es responsable de la experiencia del estudiantado, y éste asume más responsabilidad sobre la calidad en las decisiones de aprendizaje-. Dichos escenarios son [9]:

1. Regreso al origen: cuando la institución educativa diseña y concluye los planes y programas de estudios y, por ende, garantiza su calidad.
2. Campus global: la universidad desarrolla y promueve programas y aprendizajes disponibles a través con ayuda de las TIC.
3. Nuevo molde: el estudiantado centrado toma, de forma progresiva, más decisiones personales, y asume más responsabilidad sobre la calidad de su propia experiencia.
4. Nueva economía: las personas eligen las combinaciones de aprendizaje a partir de una serie de fuentes de recursos de aprendizaje.

De esta forma, la flexibilidad se relaciona con ofertar al estudiantado diversas opciones académicas, de entretenimiento, lúdicas y cognitivas que deben usar de forma inteligente; sumado a lo anterior, hay mayor dinamismo en cuanto a las oportunidades de formar al alumnado fuera de las aulas y expandir los espacios de aprendizaje. La idea de este tipo de innovación aplica tanto para el nuevo estudiantado como para los que ya cursan algún plan de estudios; además, debe incluir libertad u opcionalidad, del estudiantado en el acceso, admisión, selección de cursos, y libertad en los determinantes temporales y espaciales, es decir, accesibilidad, frecuencia de los periodos de admisión, ritmo de aprendizaje servicios de apoyo opcionales, control del alumnado sobre el contenido y la estructura así como la elección del sistema de distribución, y acreditación.

Así, el concepto de flexibilidad educativa se relaciona con los determinantes educativos, entiéndase la especificación de metas de aprendizaje ajustadas a las características del alumnado, los contenidos y la secuencia de los cursos. Disponer de este tipo de modelo implica qué tipo de aprendizaje – a distancia o presencial- es el adecuado. Finalmente, la formación flexible fomenta que las necesidades del estudiantado ante un cambio radical en la forma de educación sean saciadas y ayuda a constituir desafíos para las instituciones de educación superior.

Metodología

Este estudio se realiza bajo una metodología cuantitativa, se concibe como un análisis transversal pues se realiza durante los meses de febrero, marzo, abril y mayo. Es descriptivo y no se modificaron variables; el instrumento de medición se realiza mediante *Google Forms* y es enviado por correo al alumnado; cabe mencionar que previo a ser compartido, los respondientes tenían conocimiento y aprobación para ser parte de este proyecto.

Población

Fueron 103 respondientes (55 mujeres y 48 hombres). El universo se obtuvo de las cuatro materias que se impartieron durante el semestre “Primavera 2020”; los cursos y la cantidad de participantes quedó fue: 1) Introducción a la Vida Profesional: 4 estudiantes -1 hombre y 3 mujeres-; 2) Análisis Cuantitativo: 36 alumnos -24 hombres y 12 mujeres-; 3) Fotografía e Imagen Digital: 33 alumnos -10 hombres y 21 mujeres-; y, 4) Comunicación Estratégica Aplicada: 30 estudiantes -13 hombres y 17 mujeres-. La muestra poblacional cursa entre el 6º y el 8º semestre; además, pertenece a las licenciaturas: Comunicación Digital, Relaciones Internacionales, Economía y Finanzas, Mercadotecnia y Comunicación, Administración y Finanzas, Diseño Industrial, Administración de Empresas, Ingeniería Mecatrónica, Ingeniería en Tecnología y Computación, Emprendimiento, Negocios Internacionales, Derecho y Ciencias Políticas y Arte Digital.

Materiales

Se realiza un instrumento de medición que consta de once reactivos en escala Likert, es decir, las opciones para responder son: 1) Totalmente de acuerdo. 2) De acuerdo. 3) Indiferente. 4) En desacuerdo. 5) Totalmente en desacuerdo. Los reactivos son los siguientes:

1. La flexibilidad educativa es responsabilidad de los *stakeholders* de la institución académica.
2. La apertura en los planes de estudio fomenta un mejor aprendizaje.

 ISSN 2007-8102

3. La educación flexible promueve la multi, trans e interdisciplinariedad.
4. La competitividad internacional de las universidades se refuerza con la flexibilidad educativa.
5. La fllexibilidad académica fomenta el autoaprendizaje
6. Las competencias laborales se potencializan si se estudia bajo un esquema académico flexible.
7. El uso de TIC refuerza la flexibilidad en los planes de estudio.
8. La flexibilidad educativa está interrumpida por la escasez de materias y horarios de los cursos.
9. La capacitación del profesorado en materia de flexibilidad obstaculiza el proceso de enseñanza y aprendizaje
10. Las instalaciones y los espacios de la universidad facilitan la flexibilidad educativa.
11. El alumnado tiene poca injerencia en su futuro académico pues la flexibilidad ya está establecida por la institución.

Resultados y discusión

Una vez aplicado el instrumento de medición, la interpretación de las gráficas derivadas de cada uno de los reactivos queda de la siguiente forma:

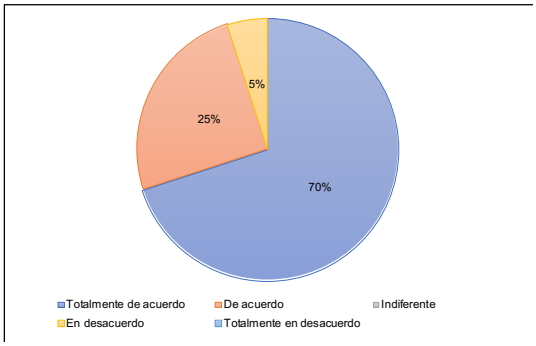


Figura 1. Resultados del reactivo: la flexibilidad educativa es responsabilidad de los stakeholders de interés de la universidad

En la figura uno se muestra un gráfico que identifica que casi el 100% de los respondientes manifiestan que son los grupos de interés quienes deben promover y sostener la flexibilidad educativa; en este sentido, el 70% afirma estar totalmente de acuerdo, mientras que el 25% está de acuerdo; lo anterior indica que el alumnado considera que no sólo depende del profesorado o del estudiantado este tipo de educación, sino cada una de las partes que se involucran en la institución.

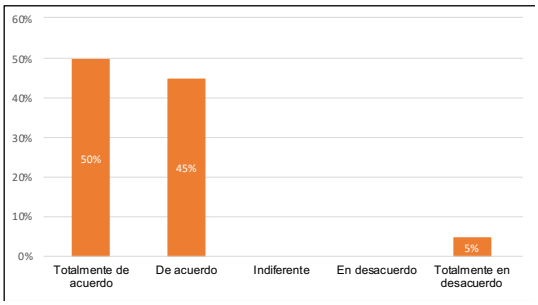


Figura 2. Resultados del reactivo: la apertura en los planes de estudio fomenta un mejor aprendizaje

En la figura dos se puede observar que el 50% de los respondientes asegura estar totalmente de acuerdo en cuanto a que el aprendizaje es mejor si se tiene un plan de estudio más flexible, que detone mayor empoderamiento y que ayude a la apertura académica; un 45% está de acuerdo en este mismo punto, y un 5% responde estar totalmente en desacuerdo respecto a este cuestionamiento.

 ISSN 2007-8102

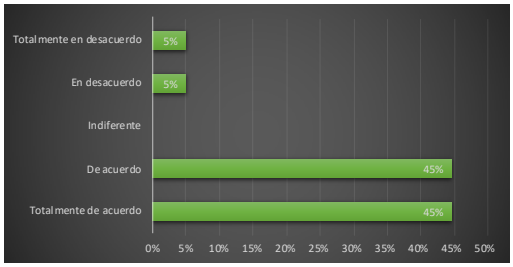


Figura 3. Resultados del reactivo: la educación flexible promueve la multi, trans e interdisciplinariedad

La figura tres muestra el reactivo donde se desea conocer cómo se percibe la conjunción entre varias áreas del conocimiento. En este sentido, un primer 45% de quienes responden, afirman estar totalmente de acuerdo en que la educación flexible fomenta la relación entre varias disciplinas, el otro 45% dice estar de acuerdo con esta afirmación. Curiosamente un 10% del total de los encuestados se manifestaron en contra de esta estipulación.

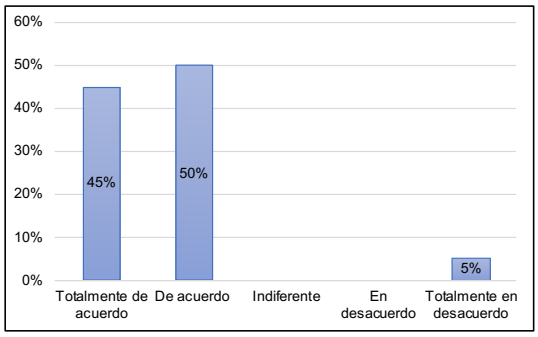


Figura 4. Resultados del reactivo: la competitividad internacional de las universidades se refuerza con la flexibilidad educativa

La figura cuatro, informa sobre cómo las instituciones de educación superior logran potencializar al estudiantado a partir de la flexibilidad académica y la internacionalización de sus planes de estudio; por eso, en este reactivo se quiere conocer si es o no pertinente esta relación. En este sentido, solo el 5% responde estar totalmente en desacuerdo; mientras que un 95% (45% totalmente de acuerdo y otro 45% de acuerdo) asegura que gracias a la apertura educativa las universidades tienen mayor probabilidad de ser más competitivas.

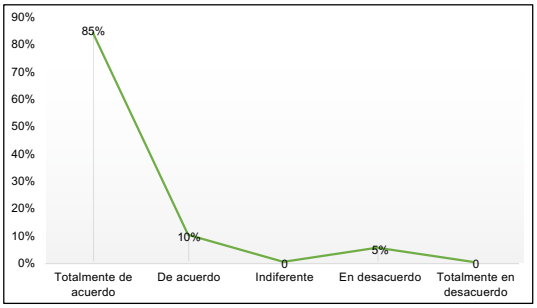


Figura 5. Resultados del reactivo: la fllexibilidad académica fomenta el autoaprendizaje

La figura cinco muestra que el 85% del estudiantado encuestado afirma que la autonomía educativa, e incluso la responsabilidad en el proceso de aprendizaje adquiere mayor potencia cuando se tiene un plan académico más flexible, e incluso sostienen que la innovación académica también resulta un motivador para ello. Curiosamente hubo un 5% que manifiesta estar en desacuerdo en cuanto al autoaprendizaje y su vínculo con la flexibilidad; sin embargo, un 10% afirma estar de acuerdo con esta aseveración.

 ISSN 2007-8102

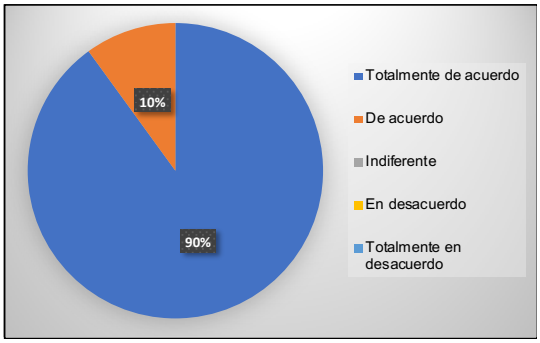


Figura 6. Resultados del reactivo: las competencias laborales se potencializan al estudiar bajo un esquema académico flexible

La figura seis informa que una de las grandes interrogantes para el alumnado es saber qué pasa cuando finaliza sus estudios universitarios; por ello, se quiere conocer si bajo un esquema flexible enfocado en el desarrollo o adquisición de competencias ayuda a tener mejor formación para un futuro laboral. En este sentido, los porcentajes son contundentes, un 90% afirma estar totalmente de acuerdo, y el 10% está de acuerdo; en este sentido mantener la flexibilidad a partir de la adquisición o desarrollo de competencias se vuelve algo fundamental en materia de innovación educativa.

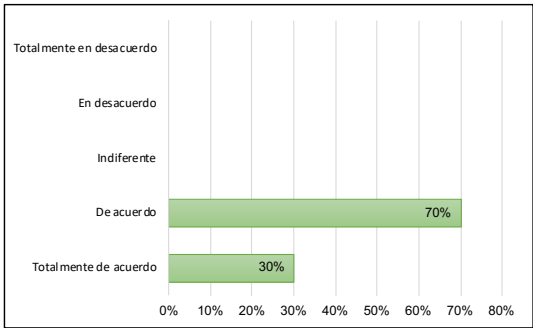


Figura 7. Resultados del reactivo: el uso de TIC refuerza la flexibilidad en los planes de estudio

La figura siete muestra que tener consciente a las TIC como herramientas de aprendizaje es fundamental al momento de hablar de flexibilidad educativa; por ello, se desea conocer si utilizar herramientas tecnológicas sustenta el diseño y puesta y ejecución de planes de estudio menos rígidos. En este sentido, 70% de los respondientes afirman estar de acuerdo, y el 30% afirma estar totalmente de acuerdo; se debe señalar este instrumento es contestado por personas inmersas en la tecnología, lo cual potencializa el uso de dispositivos electrónicos.

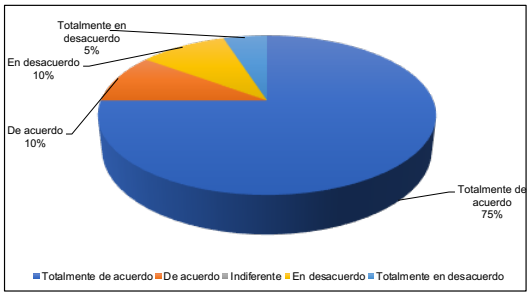


Figura 8. Resultados del reactivo: la flexibilidad educativa está interrumpida por la escasez de materias y horarios de los cursos

La figura ocho, muestra que una IES carece de flexibilidad si se tienen políticas administrativas rígidas, la innovación incluye cambios radicales en los procesos al interior de éstas. Por ello, se desea conocer si la oferta de cursos y el horario de estos influye de manera directa; así, 85% de los respondientes en total afirman estar

 ISSN 2007-8102

totalmente de acuerdo en cuanto a que este cambio de paradigma está mermado por la falta de cursos y la rigidez en los horarios; mientras que un 15% en total, dice estar en contra de esta afirmación.

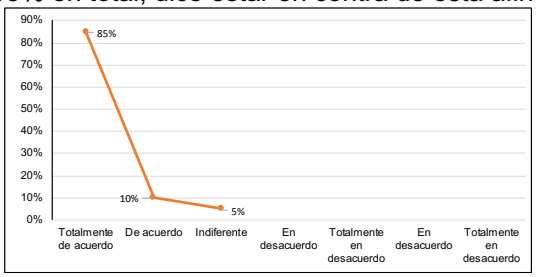


Figura 9. Resultados del reactivo: la capacitación del profesorado en materia de flexibilidad obstaculiza el proceso de enseñanza y aprendizaje

La figura nueve, muestra que la preparación que la institución educativa brinda al personal es fundamental para que la flexibilidad tenga mayor trascendencia; por ello, conocer la percepción del estudiantado en cuanto a la forma en que el profesorado aplica su capacitación para promover la educación alejada de la rigidez es fundamental. En este sentido, el 85% afirma estar totalmente de acuerdo, con esta afirmación, mientras que un 5% responde como indiferente ante la relación existente entre la capacitación y el éxito de la flexibilidad académica.

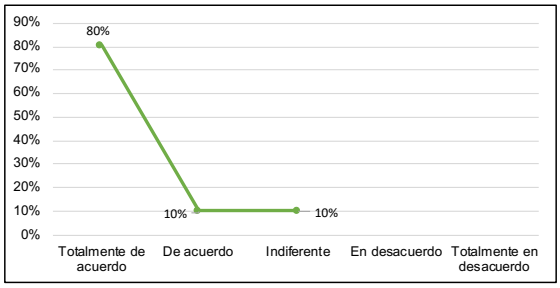


Figura 10. Resultados del reactivo: las instalaciones y los espacios de la universidad facilitan la flexibilidad educativa

La figura diez muestra que la innovación educativa debe ser viable en tanto la infraestructura de las instituciones de educación superior tengan la sostenibilidad requerida; este punto no incluye a las aulas o la tecnología al interior de éstas, sino a los espacios que fomentan mejores procesos de enseñanza y aprendizaje. Este reactivo se enfoca en conocer el vínculo entre los espacios físicos y la forma en la que éstos impactan en la innovación educativa; 80% de los respondientes afirma estar totalmente de acuerdo, mientras que el 10% comenta estar de acuerdo con que las IES deben contar con la infraestructura necesaria para tener mayor apertura en la educación.

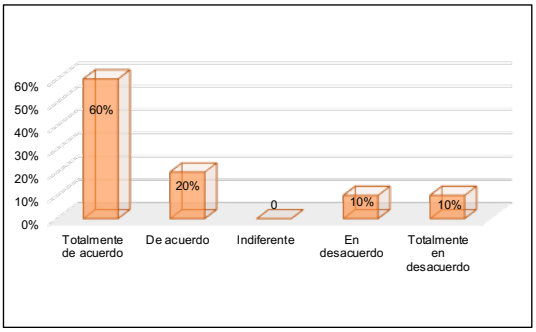


Figura 11. Resultados del reactivo: el alumnado tiene poca injerencia en su futuro académico pues la flexibilidad ya está establecida por la institución

La figura once corresponde al último reactivo, mismo que se refiere a la “libertad” que el alumnado percibe en cuanto a la flexibilidad que la institución le brinda. En este sentido, el 60% de los respondientes asegura estar

totalmente de acuerdo en que la universidad aún tiene sistemas rígidos y la apertura en los planes de estudio aún es muy limitada; por otro lado, el 20% está de acuerdo con que la IES aún regula mucha de la flexibilidad ofertada. Así pues, al tener en cuenta la interpretación de las gráficas presentadas, se entiende que la flexibilidad educativa presenta aspectos positivos, pero también incluye algunos elementos negativos; a saber, la apertura académica radica en los diversos grupos de interés que se ven envueltos en las IES, además, los procesos de aprendizaje pueden ser mejoradas, se puede tener una formación multi, trans e interdisciplinaria, y esto puede ayudar a que las universidades tengan mayor competitividad internacional; por si fuera poco, la flexibilidad fomenta desarrollo de competencias y el autoaprendizaje, evitar rezago de parte del estudiantado y éste tiene un uso activo de las TIC**.**

Finalmente, la flexibilidad también tiene aspectos en contra; por ejemplo, la propia institución educativa, el profesorado y/o alumnado pueden tener cierto grado de resistencia al cambio, sobre todo porque la innovación requiere un replanteamiento de mentalidad y forma de hacer las cosas; por otro lado, la administración universitaria, no toma en cuenta la ampliación de la oferta de materias y/u horario; la capacitación constante puede significar un problema de recursos financieros; otra cuestión negativa es que se necesitan instalaciones con espacios óptimos; los planes de estudio deben estar alineados con estas nuevas características, y por supuesto, la autonomía del estudiantado en ocasiones se ve mermada por la escasa planeación académica.

Trabajo a futuro

Para complementar este estudio se cree prudente crear una serie de correlaciones entre cursos, universidades y carreras que hayan logrado convertir la rigidez en flexibilidad; también se puede analizar cómo los planes académicos han cambiado a lo largo de los últimos quince años; incluso, se puede pensar en estudiar al alumnado universitario que estudió bajo un ambiente tradicional, y el que actualmente interactúa con planes de estudio con mayor apertura.

Conclusiones

La teoría aporta ciertos aspectos a favor de la flexibilidad, y aunque en la práctica, al menos en la universidad analizada son puestos en marcha, el punto crítico es lograr que exista una sinergia entre lo que analistas afirman y lo que la IES puede llevar a cabo. Finalmente, se debe considerar que este estudio ayudó a conocer algunas variables que intervienen en el proceso de flexibilidad educativa universitaria; asimismo, se logra entender que hay aspectos positivos y negativos que devienen de la apertura e innovación en los procesos de enseñanza y aprendizaje.

Referencias

[1] L.O.Estrada, “Propuesta metodológica para determinar la flexibilidad curricular en programas académicos soportada por software libre bajo la concepción del modelo de sistema viable”, Revista Científica, vol. 22, pp. 9-30, 2015.

[2] B. Collis, y J. Moonen, “Flexibilidad en la educación superior: revisión de expectativas”. Revista Científica de Educomunicación, vol. 37, no. XIX, pp. 15-25, 2011.

[3] Salinas, J. *Enseñanza flexible, aprendizaje abierto. Las redes como herramientas para la formación.* España: Universidad de Málaga, 2017.

[4] L. Harasim. *Learning Networks*. Cambridge: The MIT Press, 2015.

[5] L. Moran, y B. Myringer. *Flexible learning and university change*. London: Routledge, 2019.

[6] E. Dyson. *Release 2.0.* Barcelona: B.S.A. 2018.

[7] D.T., Tan, C.S. Lee, L.K. Chan y A.D. Lu, “University 2.0: A View from Singapore”. International Journal on E-Learning, vol. 8, no. 4, pp. 511-526, 2009.

[8] R. Sharpe. *The impact of learner experience research on transforming educational practices. Transforming higher education through technology-enhanced learning*. United Kingdom: The Higher Education Academy, 2009.

[9] M.B. Brown y J.K. Lippincott, “Learning Spaces: More than Meets the Eye”, Educase Quarterly, Vol. 1, pp. 14-16, 2003.

La deserción universitaria: sucesos, situaciones y significados de un sueño frustrado

M.D. Medina Soto[1], C.C. Gaytán Díaz[2]*
[1]Centro de Investigación y Docencia. Programa del Doctorado en Ciencias de la Educación.
Lucio Cabañas 27, Lomas del Santuario Etapa II, Pablo Gómez, 31206 Chihuahua, Chih. .México

**denizamedina@hotmail.com*

***Área de participación**: Investigación Educativa*

Resumen

La deserción y la eficiencia terminal son indicadores que permiten observar la magnitud del fenómeno. El objetivo es investigar, cuáles son los sucesos y situaciones que llevan a los estudiantes a desertar, conocer el significado en sus vidas, al ver su sueño frustrado y no obtener el título de Cirujano Dentista en la Facultad de Odontología de la Universidad Autónoma de Chihuahua (UACH). Metodológicamente es el enfoque cualitativo, a través del método hermenéutico, los instrumentos de narrativa y entrevista a profundidad, desde la perspectiva interpretativa. Se realizó el análisis de datos en el programa Atlas ti, donde se identifican elementos de riesgo internos institucionales: incompatibilidad de horarios y apoyo docente; situaciones externas: desencanto y desmotivación y, significación en la vida del estudiante. El motivo, es la importancia en la localización de factores para la intervención asertiva en esta problemática que afecta directamente al desarrollo social y económico de un país.

Palabras clave: *Educación superior, eficiencia terminal, deserción.*

Abstract

Attrition and terminal efficiency are indicators that allow us to observe the magnitude of the phenomenon. The objective is to investigate what are the events and situations that lead students to drop out, to know the meaning in their lives, seeing their dream frustrated and not obtaining the title of Dental Surgeon at the Faculty of Dentistry of the Autonomous University of Chihuahua (UACH). Methodologically it is the qualitative approach, through the hermeneutical method, the instruments of narrative and in-depth interview, from the interpretive perspective. Data analysis was carried out in the Atlas ti program, where elements of internal institutional risk are identified: incompatibility of schedules and teaching support; external situations: disenchantment and demotivation and significance in the student's life. The reason is the importance in locating factors for assertive intervention in this problem that directly affects the social and economic development of a country.

Key words: *Higher education, terminal efficiency, desertion*.

Introducción

Con relación al fenómeno de la deserción escolar, es entendida como la acción de abandonar los estudios en un plantel educativo antes de terminar cualquier grado educativo SEP, 2012 [1], Zúñiga [2].

"La deserción escolar, se ha convertido en una de las principales amenazas de la población estudiantil en los últimos años, es preocupante por estar asociada con el fracaso personal" Dubet,[3].

 ISSN 2007-8102

En este planteamiento se presenta la gran preocupación por la complicación que aqueja a la Facultad de Odontología de la UACH, al exteriorizar el alto porcentaje de estudiantes con el problema de deserción, se identifica la necesidad de conocer la relación ingreso-deserción, además de indagar las percepciones, intereses y expectativas de los desertores, por ser parte del fracaso escolar, en donde el estudiante no puede lograr las metas esperadas ya sea por causas internas o externas. La deserción es un fenómeno multicausal, sujeto a intereses, motivación, vocación, problema socioeconómico, sociocultural, de salud; desde el punto de vista interno del alumnado e inherente, ya que derivan problemática familiar, del entorno social, de tipo institucional: curriculares, ambiente escolar, docentes, directivos. Afectando psicológicamente al estudiante desertor, a la familia que invierte dinero en la educación superior inconclusa, además de los recursos tanto académico como del estado, al retrasar la inserción productiva al campo laboral y por consecuencia el crecimiento de la nación.

El objetivo general de esta investigación es describir la deserción de los estudiantes en la Facultad de Odontología de la Universidad Autónoma de Chihuahua, por lo preocupante que es, y por estar asociado al fracaso del individuo, elevar los costos institucionales y del estado. Además de ser parte de los resultados obtenidos de una tesis doctoral titulada: *La deserción universitaria: sucesos, situaciones y significados de un sueño frustrado.*

Justificación

La educación superior se ha visto expuesta a los nuevos desafíos y cambios en la educación, pues anteriormente estaban en un ambiente cómodo porque el número de estudiantes era mucho más reducido y, por lo tanto, la competencia laboral era también menor. Pero al aumentar el número de estudiantes matriculados también apareció la deserción, problema complejo dentro de la Facultad de Odontología de la UACH, que va más allá de las normas o reglas de la Institución, por tanto, el abordar esta problemática permitirá generar conocimientos sobre la existencia de factores vinculados con la deserción y dar respuesta a la interrogante del crecimiento en el número de casos, situación cada vez más alarmante, lo anterior da pauta para reflexionar acerca de estos fenómenos y hacer un esfuerzo en la búsqueda que exprese las posibles causas, consecuencias y soluciones procurando encontrar una explicación que contribuya a entender este fenómeno.

En la tabla de ingresos, se puede observar que la facultad presenta una cobertura menor en el semestre agosto-diciembre del 2015 del 56%, mientras que el mayor porcentaje del 100% se encuentra en los semestres enero junio del 2012; 2013, 2014, 2015, 2016, y 2017. Comparativamente hay mayor cobertura en los semestres enero diciembre.

1. Tabla comparativa de la demanda de ingreso con respecto a la cobertura, en un periodo comprendido del semestre agosto-diciembre del 2011 hasta el semestre enero-junio del 2017, en la Facultad de Odontología de la Universidad Autónoma de Chihuahua [4].

PERIODO	ASPIRANTES	ACEPTADOS	COBERTURA
Ago- dic. 2011	378	227	60
Ene-Jun 2012	184	184	100
Ago-dic 2012	357	222	62.1
Ene-jun 2013	155	155	100
Ago-dic 2013	313	226	72.2
Ene-jun 2014	130	130	100
Ago-dic 2014	357	210	59
Ene-jun 2015	130	130	100
Ago-dic 2015	379	212	56
Ene-jun 2016	148	148	100
Ago-dic 2016	386	236	61
Ene-jun 2017	166	166	100

Así mismo se reconoce la existencia de áreas de oportunidad que se observan en el registro de bajos índices de eficiencia terminal por cohorte generacional en los semestres de: ene-jun 2014 de 35%;ago-dic. 2014 de 24%; ene-jun 2015 de 29% y ago-dic. 2015 de 41%.Además paralelamente los índices de deserción y reprobación muestra un promedio, semestralmente de baja definitiva por reprobación un total de 50 estudiantes [4].

Tabla 2. Relación de las materias con más índice de reprobación. Con referencia a la estadística interna, los indicadores de reprobación tanto en el área teórica como en clínica en los últimos años han tenido el siguiente comportamiento, en el cual la Clínica de Integral IV de octavo semestre, presenta el más alto iniciador en cuestión de reprobación [4].

AÑO	MATERIAS REPROBADAS	SEMESTRE	PORCENTAJE
2009	MORFOFISIOLOGIA I	1	10.5
	LAB. DE REHABILITACION BUCAL I	5	10.5
	MORFOLOGIA DENTAL II	2	9.2
	MATERIALES ESTOMATOLOGICOS I	1	7.2
	MATERIALES ESTOMATOLOGICOS II	2	7.2
2010	**CLINICA INTEGRAL IV**	**8**	**16.7**
	PROPEDEUTICA DE LA SALUD	3	8.6
	LAB. DE REHABILITACION BUCAL I	5	7.5
	LAB. DE OPERATORIA I	3	5.4
	LA. DE OPERATORIA II; MICROBIOLOGIA GENERAL; MORFOSIOOLOGIA I Y PREPARACIÓN Y ATENCION AL PACIENTE	4;3;1;4	5.4
2011	**CLINICA INTEGRAL IV**	**8**	**12.8**
	MORFOLOGIA DENTAL I	1	7.2
	SISTEMA ESTOMATOGNATICO	4	6.5
	MATERIALES ESTOMATOLOGICOS II	2	5.5
	CLINICA INTEGRAL I	**5**	**3.9**
2012	MATERIALES ESTOMATOLOGICOS II	2	7.8
	CLINICA INTEGRAL I	**5**	**7.3**
	MORFOFISIOLOGIA I	1	6.7
	MORFOLOGIA DENTAL I	1	6.6
	CLINICA INTEGRAL IV	**8**	**6.6**
2013	MORFOLOGIA DENTAL I	1	6.0
	PROCESOS QUIMICOS DE LA VIDA	2	5.6
	PROPEDEUTICA DE LA SALUD	3	4.2
	MATERIALES ESTOMATOLOGICOS II	2	3.6
	MORFOFISIOLOGIA II	2	2.9
2014	**CLINICA DE PATOLOGIA**	**9**	**5.6**
	CLINICA DE PATOLOGÍA II	**10**	**2.7**
	CLINICA ESTOMATOLOGIA QUIRURGICA I	**9**	**2.0**
	CLINICA ESTOMATOLOGÍA QUIRURGICA II	**10**	**2.7**
	CLINICA INTEGRAL I	**5**	**15.9**
	CLINICA INTEGRAL II	**6**	**10.6**
	CLINICA INTEGRAL III	**7**	**9.3**
	CLINICA INTEGRAL IV	**8**	**17.3**
	CLINICA INTEGRAL V	**9**	**3.4**
	CLINICA INTEGRAL VI	**10**	**4.7**

Según lo expresado por el Consejo Nacional de Educación Odontológica (CONAEDO), la facultad presenta “un índice de eficiencia terminal promedio en los últimos años del 33%, y un índice de titulación por cohorte generacional del 24.3%” [4].

Metodología

La investigación es una habilidad para conocer e intervenir, permite acceder a perfeccionar adaptaciones con la realidad ya sea social o natural y conduce a un resultado no conocido arrojado por la misma naturaleza o contexto.

En este sentido, esta investigación, se encuentra situada dentro del enfoque cualitativo, con fundamento en la interpretación de datos, centrado en este estudio de caso, en la perspectiva del entendimiento y significación desde el punto de vista de los estudiantes desertores. Es decir, permitiendo conseguir conocimientos nuevos del fenómeno [5] desde su propia apreciación, conductas, actitudes y creencias.

Con el apoyo del método hermenéutico, estrategia que permite adquirir conocimientos y datos informativos acerca de la realidad social, en este caso la deserción de los estudiantes en la Facultad de Odontología de la UACH. Es una rama del saber que tiene que ver en términos generales con la teoría y práctica del entendimiento, en términos particulares con la interpretación del significado de textos y acciones. Metodológicamente implica un intento de encontrar reglas y líneas que son monitores en la interpretación de textos. “El proceso por el cual conocemos la vida psíquica con la ayuda de signos sensibles que son su manifestación” [6]. Para entender algo humano, ya sea individual o social, es importante narrar una historia. Otra manera de interpretación de la investigación cualitativa es narrar su propia historia, que el individuo (s) expliquen sus experiencias y desde la hermenéutica descifrar acciones y sucesos de las historias, que tiene como objetivo construir conocimiento en educación, por medio de una investigación formal a manera de leer los relatos de las historias de vida.

Se recurrió a las técnicas de entrevista a profundidad y narrativas biográficas de diez estudiantes, que abandonaron sus estudios, en diferentes semestres de la carrera de Cirujano Dentista, para tener un acercamiento, además de conocer los sucesos y significados, desde la perspectiva de los sujetos que han vivido esta experiencia. Una vez elaborada esta tarea, se procede al análisis en el software Atlas ti y finalmente a la triangulación de datos.

Resultados y discusión

A. Factores internos a la institución

1.1 Incompatibilidad de horarios

Se trata de aquella situación donde el estudiante tiene compaginar el tiempo de clase con otras actividades extraescolares, como es el trabajo o labor que tiene realizar para poder solventar sus gastos. La facultad, cuenta con un horario de 7:00 am a 9:00pm; de lunes a viernes y el sábado hay algunas clases teóricas, con un horario de 7:00am a 2:00pm. Sin embargo, su programa exige técnicas de aprendizaje multidisciplinarias, por tanto el estudiante al ingresar a las clínicas dentales a partir de quinto semestre, enfrenta un problema de incompatibilidad de horario. El programa de las clínicas es muy estricto en este sentido del cuidado de los tiempos de permanencia, debido a la falta de infraestructura; lo que orilla a algunos estudiantes a tener que abandonar la escuela.

En este sentido, algunos estudiantes de la Facultad de Odontología que se ven en la necesidad de compaginar el estudio y el trabajo, opinan al respecto:

> Por mi trabajo yo desde que entré aquí a la carrera me independicé se puede decir, entonces yo tengo que trabajar, no puedo dejar de lado mi trabajo porque es mi sustento y sustento de mi escuela y de todo EI, EMD 2016 (33).

> Más que nada por el tiempo, me tuve que retirar o sea ya cuando llegue a sexto, no pude entrar a clínica ya nada mas llevaba pura teoría y el siguiente semestre quise hablar ahí en Dirección pues no sé que me dieran unas horas de clínica y otras de teoría de séptimo, no sé, entonces fue que ya no me dejaron porque va ligada la práctica con la teoría ye pues dije, a ver si el siguiente semestre vuelvo a entrar y pues igual…la misma, la misma situación EI, EMD 2016 (52)

"Trabajando. Trabajaba con mi papá en la construcción "EI, EHD 2017 (161).

> No, el horario no me lo permitió, no porque ya ve que los horarios de aquí de odontología son muy absorbentes y pues es todo el día y aparte yo ya traía ciertas materias rezagadas que me obligaban a estar en la mañana y en la tarde o sea era imposible estar estudiando y trabajando al mismo tiempo EI, EMD 2017 (223).

"Estoy de secretaria ahorita de coordinación de clínicas del turno vespertino, entonces vengo de lunes a viernes lo que es de 2 a 8, entonces yo me puse en escuela que me permitieran estudiar en un horario especial" EI, EMD 2017 (282).

Como se observa, es una problematica la compaginación del trabajo, las materias teóricas y la práctica clínica, precisamente por el horario tan restringido que se tiene en la institución, así como la situación económica de los estudiantes al tener que trabajar para poder solventar los estudios universitarios [7] y tienen que decidirse entre seguir en la facultad o desertar por la demanda de tiempo que le produce el trabajar que no da lugar a la vida académica. En caso de que el estudiante se vea obligado a decidir por una de las dos actividades, generalmente se orienta hacia conservar el trabajo en lugar de avanzar en su formación profesional.

2. Docencia

2.1 Apoyo docente

La relación que existe entre el docente y el estudiante de odontología durante su formación profesional, son fundamentales para que se lleve a cabo el proceso de enseñanza-aprendizaje. El docente como guía del aprendizaje, en muchas ocasiones está estresado por la responsabilidad que pesa sobre sus hombros, pues tiene como labor fundamental formar profesionales y, esta situación genera la existencia de una relación estrecha con los estudiantes. En este sentido, no solo son las competencias marcadas en el currículo, si no va mucho más allá para ayudarlo a resolver los problemas de salud bucal de la mejor manera posible. Estableciéndose de esta forma una relación docente-estudiante en los primeros semestres de la carrera, que son las materias teóricas; empero a partir del quinto semestre que el estudiante ingresa a la clínica se convierte en una relación docente-estudiante-paciente.

Algunos estudiantes de la Facultad de Odontología, expresaron su experiencia en torno a este tema:

> Eran muy pacientes, este… en algún punto había una doctora que si le temíamos porque híjole le hablábamos y casi, casi tenía una cara de ¿Qué estás haciendo? "¡Eso está mal!" Creo que para eso estaba pero yo digo que hay modos y nomas estaba esa doctora a veces y hasta para hablarle le temíamos porque hay situaciones en la clínica en donde temíamos a los doctores hablarles para que nos revisaran los trabajos EI, EHD 2017 (153).

> Imagínese mi pareja de la clínica era mujer, éramos dos mujeres entonces era como miedo y luego uno está nervioso porque son las primeras prácticas y todavía más nerviosa a ver que te dice el doctor de mala manera y que te levante al paciente a veces sin terminar y te digan "mira no sabes, mira lo que estás haciendo" y hay veces que los doctores yo entiendo que no andan de humor no es el mejor de los días pero también… EMD 2017(318).

> Si pues este…en lo que es la mayoría de las materias este…los docentes se portaban como comprensibles con uno te daban facilidades y yo ya que tuve a mi niño…Este…pues los docentes me dejaban a veces traerlo a clases, yo me lo traía a clases a mi niño…este pues en el área cuando ya ingrese a la clínica este…mis docentes de exodoncia siempre fueron excelentes yo nunca tuve

> problemas con ellos siempre me apoyaron las veces que yo repetí la clínica pues ellos me tomaban en cuenta sus trabajos todo lo que habíamos hecho el semestre anterior EI, EMD 2017 (268).

En definitiva, se considera que el grado académico que tenga el docente, es una gran fortaleza para el desempeño de su labor, puesto que la calidad de los docentes es una cuestión que interesa a todos los países del mundo, porque cada vez hay más exigencia por profesores en las instituciones universitarias que necesitan estar en condiciones de dar respuestas a los interrogantes, necesidades y desafíos que desde la sociedad se solicitan [8], y que vayan de acuerdo a los cambios en los paradigmas universitarios a nivel mundial.

B. Factores externos

1. Individuales

1.1 Desencanto y desmotivación

La adaptación del estudiante con la institución es imprescindible, porque influye en gran medida para su permanencia. Una persona que ya no está contenta o no tiene motivación alguna entonces, en lugar de tener un desarrollo tiende a sentirse frustrado, triste desanimado y por ende tendrá pocas ´posibilidades de lograr concluir la carrera universitaria.

Algunos de los estudiantes comparten como se sintieron al momento de desertar de la facultad:

> Bueno, ya desde hace…desde antes de que me notificaran ya…yo ya estaba viendo la posibilidad de cambiarme a otra carrera porque ya no me sentía agusto en ese punto, en la escuela, ya simplemente iba a hacer las cosas pero ya no sentía el gozo por ir a atender a las personas y sobretodo eso era lo más importante para mí las personas no…ya llegaba a un punto en donde no soportaba tanto este…llevar ciertos tratamientos o no, si no que el paciente se quedara satisfecho yyy pues si algunos compañeros me decían que si estaba mal que debía sacar todo adelante, sin embargo, a mi no se me hacía correcto conseguir personas para simplemente pasar por desesperación EI, EMD 2014 (178).

> Eee porque ejem mmm bueno…no sé cómo explicarlo pero ya llega un punto en el que ejem en el que me frustraba en que no me salían las cosas en que pues si en que otras personas hicieran algo más rápido que yo y más efectivo este…aparte de que ya hay muchísima competencia y ya estaba considerando tal vez si tal vez terminar la carrera pero dedicarme a otra cosa, no a ejercer en un consultorio EI, EHD 2917 (208).

Actualmente por la apertura y crecimiento de la matricula hay muchas perspectivas entre las que destacan principalmente la integración que tienen el estudiante con la institución [9]. Este fenómeno puede ser atendido, primeramente por dejar de mencionar a los estudiantes como “desertores” en una etiqueta que poco o nada ayuda al problema, mencionar quizá como personas que se sienten decepcionadas y desmotivadas para continuar sus estudios y que esta posición en donde se encuentran no les permite salvaguardar su lugar dentro de la universidad. Depende de la manera en que cada estudiante vive, siente e interpreta las experiencias vividas dentro de la facultad, así como el grado de interacción que se da entre la institución y los individuos.

Significados de la deserción en la vida del estudiante

Las altas tasas de deserción escolar en todos los niveles educativos, no solo trae consecuencias económicas, políticas, culturales y sociales de los países; también trae consecuencias a nivel personal, el significado en la vida de cada estudiante desertor es diferente de acuerdo a la causa que origino el abandono: si es factor interno a la institución o ajeno a ella. En este sentido, los estudiantes desertores comentan como ha influido en su vida y, cuál ha sido el significado o repercusión de haber abandonado la facultad. Hay quien lo sintió como un retroceso en su vida:

> Pues es una frustración no poder seguir avanzando en tu sueño o sea no poder realizarlo, no poder llegar a materializarlo, materializar tu sueño. Sentí que algo se quebró en mi interior, la verdad y hasta ahorita no he podido superarlo EI, EMD 2017 (257).

> A no, es que es como una forma que yo tengo, normalmente yo soy de las personas de que me guardo las cosas. Entonces, por haberme guardado tanto pues parece que por eso en este momento me siento tan mal… EI, EMD 2018 (386).

También otros estudiantes desertores comentaron acerca del apoyo que recibieron de su familia, además de lo difícil que fue para ellos informar que estaban fuera de la facultad.

"No pues me sentí muy mal la verdad este…fue una decepción muy grande yo decirle a mi mamá que ya no estaba en la escuela que había pasado lo que había pasado este…" EI, EMD 2017 (257).

> Yo seguía hablando con ellos y les explicaba que no sentía ganas de estar ahí o sea era más el compromiso de sentir que no podía dejarlo así como así, porque ¡ya en octavo semestre! Es una carrera de ¡diez semestres! Entonces eran dos los que me faltaban yyy a mi me costaba reconocer que no quería ya estar ahí. Así que cuando pasó eso yo me sentí descansada y mis papas también notaron que podía dormir mejor, que ya podía comer mejor, que estaba mas de buenas, que tenía una mejor actitud, que ya no estaba tan preocupada que no estaba tan triste y pues siento que también fue un alivio para ellos verme un poco más estable EI, EMD 2017 (501).

No siempre es fácil hablar de experiencias dolorosas, cuando se les pregunto a los estudiantes acerca del significado de la deserción, todos llegaron un punto de quiebre. Con lágrimas en sus ojos externaron:

> Pues…muy destruido, muy destruido sobretodo emocionalmente porque no sabía cómo darle la noticia a mis padres, porque mi mayor miedo era pues de que ellos pensaran que me estaba saliendo por voluntad propia de la escuela, que pensaran que ya no quería estudiar y para nada EI, EHD 2017, (188).

"Pues sobretodo tristeza, dure un tiempo pues si sin ánimo, no quería hacer nada y estaba simplemente preocupado por qué hacer. Cuál era el siguiente paso" EI, EHD 2017 (189).

> Es muy frustrante, yo la verdad a todos los alumnos que si llegan a concluir sus estudios a todos los respeto y los admiro mucho porque es una carrera muy demandante muy muy demandante en todos los aspectos este…es una carrera que no depende cien por ciento de ti…este aprobar tus materia, tener un buen promedio hay muchos factores que influyen, no es como en cualquier otra carrera en conta o así en donde tu estudias para tu examen y lo que tu estudiaste es el reflejo de lo que te vas a sacar aquí aunque tu tengas todo listo, todos los conocimientos, ya le había comentado, con una vez que falte tu paciente o varias veces o no tener con que pagar un tratamiento este, aunque lo hayas realizado no te vale , o sea son muchos factores que influyen en la hora de acreditar una materia EI, EMD 2017 (258).

Comprender y hablar de deserción escolar no siempre es fácil, por el impacto negativo y presente a nivel mundial [10], las personas excluidas van en aumento, sin derecho a tener una participación positiva en la vida educativa, política, cultural y económica de una nación, por lo que es un país ineficaz e inseguro [11].

Conclusiones

Los jóvenes que desertan, presentan mayores dificultades para encontrar empleo, este fenómeno es uno de los grandes problemas que afrontan las escuelas de nivel superior y por ende son numerosas las investigaciones en torno a la deserción, pero, ¿porque no controlarla desde la perspectiva de la prevención? La mayoría de los problemas suelen ser controlados con actividades preventivas primarias y secundarias; con un diagnóstico temprano y una atención oportuna, mediante el cambio de valores, en donde el máximo valor debe ser el mantenimiento del estudiante en condiciones óptimas dentro de la institución. La prevención se podría definir como el conjunto de esfuerzos por promover, restaurar y mantener el equilibrio del estudiante en la universidad. Por lo general, las personas acuden a la institución cuando el problema está en etapas muy avanzadas, complicadas y, en muchas ocasiones cuando ya es imposible permanecer dentro de la escuela.

El ser humano, a través de su desarrollo en la historia, siempre se ha ocupado en entender y revelar lo que pasa en él mismo y en su entorno, obligándolo a razonar y conceptualizar los

fenómenos que ocurren dentro de su contexto, para explicarlos y buscar soluciones. Por el daño que este fenómeno causa y a manera de conclusión final, se indica que depende de la disposición que se tenga para corregir este fenómeno y la manera en que se implementen las acciones de responsabilidad social como son: los métodos pedagógicos, los espacios de participación y un buen financiamiento para la educación, en automático se obtendrá una mejoría considerable, pero sobretodo se cambia el destino de un país y por supuesto la vida de una persona que pasa de ser un estudiante desertor a un profesionista, con mejores y mayores oportunidades de construcción de sus sueños personales.

Referencias

[1] Secretaría de Educación Pública. SEP. *"Reporte de la Encuesta Nacional de Deserción en la Educación Media Superior,"* México, D: F: pp.184, 2012.
http://www.siguele.sems.gob.mx/siguele/encuesta.php
[2] R. R. Ruiz, J.C. García y M. O. Pérez*, "Causas y consecuencias de la deserción escolar en el bachillerato: Caso Universidad Autónoma de Sinaloa,"* Ra Ximhai, 10 (5), 51-74, 2014.
[3] F. Dubet, "Los estudiantes," Revista de Investigación Educativa, 1 julio-diciembre pp.1-78, 2005. DOI: https://doi.org/10.25009/cpue.v0i1.148

[4] G .A. Bueno, *"Plan de desarrollo 2016-2022. Facultad de Odontología de la Universidad Autónoma de Chihuahua,*" 2016. http://fo.uach.mx/planeacion/plan_desarrollo2016/index.html

[5] A. B. Gutiérrez, R. C. Menéndez, J. P. Núñez, E. H. Tuero y M. E. García, *"Predicción del abandono universitario: variables explicativas y medidas de prevención,"* Revista Fuentes pp.63-84, 2016.
[6] P. Rueda, "*El método hermenéutico dialéctico, una estrategia para las ciencias de la conducta,"* http://servicio.bc.uc.edu.ve/educacion/revista/a3n5/3-5-4.pdf

[7] B. R. Castro y G. P. Rivas*, "Estudio sobre el fenómeno de la deserción y retención escolar en localidades de alto riesgo,"* Sociedad Hoy, pp. 011, 35-72. ISSN: 0717-3512 revsociedadhoy@udec.cl Universidad de Concepción Chile, 2006
[8] A. González, *"Formación inicial docente basada en perspectiva de Competencias Profesionales,"* Revista Electrónica de Desarrollo de Competencias (REDEC). No 8, Vol. 2, pp.32-42, 2011.
[9] V. Tinto, *"Leaving college: rethinking the causes and cures of student attrition,"* Chicago: University of Chicago Press, 1993.
[10] F.R. Barrero, *"Investigación en deserción estudiantil universitaria: educación cultura y significados,"* Revista de Educación y Desarrollo Social, 9(2), pp. 86-101, 2015.
[11] Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura, UNESCO. *"Superar la exclusión planteamientos integradores en la educación,"* París.http://sid.usal.es/idocs/F8/FDO23194/superar_la_exclusion_mediante_planteamientos.pdf. 2003.

Contigo aprendo mejor, una estrategia para vincular a los tutores al proceso escolar

C. Varón Abella[1], J. A. Castillo Hernández.[2]
[1]Institución Educativa Elisa Borrero de Pastrana sede Montoya Gaviria, Municipio de la Argentina Huila, Colombia. Correo nanita1971m@hotmail.com
[2]Departamento de Educación, Universidad Americana de Europa, Av. Bonampak, Sm. 6, Mz. 1,Lt. 1, 77500, Cancún, Quintana Roo. México. Doctor en Sistemas y ambientes Educativos Correo electrónico: joseandres.castillo@aulagrupo.es

Área de participación: Investigación Educativa

Resumen

El acompañamiento escolar hace parte de la misión formadora que tienen los tutores, quienes a partir de diversas acciones pedagógicas buscan forjar el futuro de sus hijos, además de la manera de interactuar en el ámbito escolar y social. En este artículo se analizan las características del acompañamiento de los tutores de un grupo de básica primaria, teniendo en cuenta los antecedentes de investigación existentes en los últimos 10 años y complementado con la legislación vigente a nivel nacional. La investigación presenta la propuesta de intervención “Contigo aprendo mejor” dirigida a tutores de familia y estudiantes con el apoyo de las directivas, orientador escolar y docentes de la institución y que tenía como objetivo vincular a los tutores en las actividades escolares e institucionales de sus hijos. Se concluyó que el acompañamiento y la comunicación adecuada al interior de las familias permiten que los estudiantes obtengan mejores resultados académicos y comportamentales.

***Palabras clave**: familia, acompañamiento, comportamiento, rendimiento académico.*

Abstract

School accompaniment is part of the formative mission of parents who, through various pedagogical actions, seek to shape the future of their children, as well as the way they interact in the school and social environment. This article analyses the characteristics of the accompaniment of parents of a group of primary school children, considering the existing research background in the last 10 years and complemented with the legislation in force at national level. The research presents the intervention proposal "With you I learn better" addressed to parents and students with the support of the directives, school counselor and teachers of the institution and that had the objective of linking parents in the school and institutional activities of their children. It was concluded that adequate accompaniment and communication within families allows students to obtain better academic and behavioural results.

***Key words**: Family, accompaniment, behaviour, academic performance.*

Introducción

La participación de la familia en el proceso educativo de los hijos tiene muchas ventajas, ya que forja la autoestima, crea una actitud positiva frente a las actividades escolares, facilita la adquisición de competencias académicas y comportamentales, por tanto, es necesario el trabajo cooperativo entre la escuela y la familia. El seguimiento que los tutores realizan sobre las actividades escolares de sus hijos es definitivo en cuanto a los resultados positivos en la parte académica y el comportamiento de los estudiantes. Coleman [1] afirma que: “los resultados escolares de los estudiantes son producto de la interacción entre los recursos que aporta la familia a la educación de los hijos y los aportados por la escuela”.

Los tutores que apoyan a sus hijos dentro y fuera del ambiente escolar y se preocupan por conocer la etapa de desarrollo en la cual se encuentran, aportan a la escuela con actitudes de compromiso, solidaridad y colaboración con el sistema educativo que circunda a los estudiantes y les permite a los últimos obtener a su vez mejores resultados académicos. De acuerdo con Nord y West [2] “La participación del padre (tutor) en la escuela está asociada con una mayor probabilidad de que el estudiante saque las mejores notas. Esto es válido para, tutores biológicos, padrastros y familias encabezadas solamente por el padre (tutor)”.

Por otra parte, Funkhouser, González y Policy Studies Associates [3] concluyeron tras treinta años de investigación, que la participación familiar ejerce una gran influencia sobre el éxito del niño en la escuela. Cuando las familias se involucran en la educación de sus hijos, ellos obtienen mejores calificaciones en las pruebas, asisten a la escuela con mayor regularidad, cumplen más con sus tareas, demuestran mejor actitud y comportamiento, se gradúan con mayor frecuencia de la escuela secundaria y tienen mayor tendencia a matricularse en la universidad, que aquellos estudiantes con familias menos involucradas. De acuerdo con lo expresado anteriormente, es una preocupación de las escuelas aumentar y mejorar la participación de las familias en la educación de sus hijos, especialmente en aquellas escuelas que prestan servicios a estudiantes de bajos recursos económicos y con riesgo de fracasar.

Atendiendo a lo descrito por los autores mencionados con anterioridad, en esta investigación se analizó las características del acompañamiento de los tutores de familia de los estudiantes de los grados segundo y tercero de la Institución Educativa Elisa Borrero de Pastrana del municipio de La Argentina y a partir de estos resultados se implementó una propuesta pedagógica para favorecer el rendimiento académico y el comportamiento de los estudiantes de estos grados. Se encontró que los tutores de familia se mostraban desinteresados por acompañar y apoyar el proceso académico y comportamental de sus hijos, dejando a la escuela con la responsabilidad exclusiva en la formación de estos. Esta situación se reflejaba en que no acudían a la escuela a preguntar por los progresos y dificultades académicas y/o comportamentales de los estudiantes, no les proveían los útiles necesarios para el desarrollo de sus actividades en clase y muy pocos atendían los llamados de la escuela para participar de los diferentes eventos programados en la misma; incluso algunos de ellos no se acercaban a recibir el informe académico al finalizar cada periodo escolar.

En el aula de clase los estudiantes mostraban apatía, desinterés, falta de compromiso y responsabilidad, no se esmeraban por realizar el trabajo en clase y se distraían buscando los útiles que no habían traído de casa. Varios de ellos además presentaban bajo rendimiento académico y tenían registradas anotaciones por indisciplina en clase en el observador del estudiante. Cuando se necesitaba ampliar los temas tratados en clase con trabajos o tareas que requerían del acompañamiento y dirección de la familia, generalmente se presentaban sin los deberes hechos y argumentaban que no existía el apoyo en casa para poder realizarlos. La caracterización de los tutores y lo descrito por los maestros permitió plantear una propuesta de intervención para vincular a las familias con la escuela a través de diversas estrategias y actividades.

La propuesta pedagógica “Contigo aprendo mejor” se enfocó en los tutores de familia y estudiantes como una forma de que los primeros reconocieran la importancia de vincularse activamente en el desarrollo de las actividades escolares y acompañamiento a sus hijos, haciéndose efectivo de esta forma el trabajo cooperativo y contribuyendo a que los estudiantes superaran las deficiencias académicas que presentaban y mejoraran su comportamiento. Esta estrategia además involucró a los docentes, directivos y orientador escolar de la institución en diferentes momentos. El acompañamiento de los tutores y la relación que la familia lleve con la escuela garantiza que el proceso de formación integral de los estudiantes sea exitoso.

Metodología

Esta investigación es de tipo mixto y su enfoque metodológico está enmarcado en la Investigación-acción, participativa en educación conceptualizada por Jhon Elliot [4]. La investigación-acción se relaciona con los problemas prácticos cotidianos experimentados por los profesores, en vez de con los "problemas teóricos" definidos por los investigadores puros en el entorno de una disciplina del saber. Puede ser desarrollada por los mismos profesores o por alguien a quien ellos se lo encarguen. Este tipo de investigación es práctico y permite generar cambios de las realidades en los grupos en que se aplica, del mismo modo es participativa; permite involucrar de manera activa tanto al investigador como al investigado. Es crítica porque todos los participantes se asumen en una realidad que se puede cambiar, pero no desconocen las limitaciones que se les puedan presentar para lograr los propósitos.

La población objeto de investigación fueron 256 estudiantes de los grados segundo y tercero de la Institución Educativa Elisa Borrero de Pastrana, 512 tutores de familia y 23 docentes. Para la selección de la muestra de estudio se recurrió a un tipo de muestreo no probabilístico, seleccionándola a través de un Muestreo intencional o de conveniencia que de acuerdo con Kinnear y Taylor [5] “es el tipo de muestreo donde el investigador selecciona directa e intencionadamente los individuos de la población, a los que se tiene fácil acceso. Se basa en cierta medida en el criterio del investigador”.

La muestra de la investigación estuvo compuesta por 30 estudiantes; 14 mujeres y 16 hombres, cuyas edades oscilaron entre los 6 y los once años. 15 de ellos presentan buen comportamiento y desempeño académico y 15 más tienen desempeño bajo en una o más áreas y un comportamiento valorado en aceptable o insuficiente durante el primer periodo académico 2019. Hacen parte de esta, 30 tutores de familia cuyas edades oscilan entre los 22 y 45 años y de los cuales 20 son mujeres y 10 son hombres. Se entrevistó a 5 docentes mujeres con edades entre los 38 y 55 años.

Para el desarrollo de la propuesta pedagógica “Contigo aprendo mejor” se plantearon conversatorios, charlas, talleres y una convivencia, las cuáles dependiendo de su objetivo se dirigieron a tutores de familia o estudiantes y en dos oportunidades permitió la integración de tutores e hijos en la misma actividad. Los talleres con tutores de familia y estudiantes contaron con el apoyo del docente orientador de la institución educativa además del apoyo de profesionales en el área de la salud y el sacerdote de la parroquia municipal. Algunas de las temáticas identificadas durante el diagnóstico o el desarrollo de los talleres con estudiantes fueron abordadas desde el área de ética y valores.

Instrumentos

La recolección de los datos para el diagnóstico y la caracterización de los tutores se realizaron a través de entrevistas dirigidas a estudiantes, tutores de familia y docentes. Se diligenciaron fichas de observación en cada una de las actividades desarrolladas en el marco de la propuesta pedagógica “Contigo aprendo mejor”, la cual buscaba la sensibilización de los tutores de familia acerca de la necesidad e importancia que tiene el acompañamiento y apoyo de la familia en el éxito del proceso escolar de los hijos, como también el fortalecimiento de las relaciones al interior de la familia y de ésta con la escuela.

Para la evaluación de la aplicación de la propuesta pedagógica “Contigo aprendo mejor”,se tomó como referente las planillas de notas definitivas de periodo por área y/o asignatura y el de valoraciones de áreas y/o asignaturas de los cuatro periodos académicos del año, lo cual permitió evidenciar que los estudiantes mejoraron significativamente el rendimiento académico, ya que los estudiantes progresivamente fueron disminuyendo la reprobación de áreas del conocimiento en los periodos siguientes en los que se inició la implementación de la propuesta. De igual forma sucedió con el comportamiento, en donde se encontró que hubo un decrecimiento en las valoraciones aceptable, insuficiente o deficiente posterior a la implementación de la propuesta pedagógica.

Resultados

Como resultado del diagnóstico se encontró que los tutores reconocen la importancia de estar presentes en el proceso educativo de sus hijos o acudidos, pero han priorizado el trabajo y la satisfacción de sus necesidades básicas sobre el estar presentes en el momento de desarrollar actividades académicas o asistir a la escuela para conocer cómo van ellos o a reuniones que sean convocadas por los maestros o directivos docentes.

Por otro lado, los estudiantes coincidieron en que requieren del apoyo y acompañamiento de sus tutores en todos los escenarios, ya que sus diálogos se limitan a preguntas con respuestas de sí o no y pocas veces profundizan acerca de los intereses o vivencias de los niños y ellos requieren de este espacio para sentirse escuchados, comprendidos y apoyados. La escuela para ellos es el lugar en donde pueden conversar con sus amigos y permitirse espacios lúdicos y de entretención, lo cual genera en algunos comportamientos de indisciplina en clase, el recreo es corto para compartir con otros niños de la forma en que ellos lo desean.

En cuanto a los temas que se priorizarán para desarrollar una propuesta de capacitación o intervención a partir de los resultados del diagnóstico se encuentran autoestima en los estudiantes y pautas de crianza, cómo abordar la adolescencia con ambos grupos poblacionales familia y educación.

Para esta investigación la hipótesis planteaba que el acompañamiento de los tutores y/o acudientes determina que los estudiantes tengan mejores resultados académicos y de comportamiento. Con respecto al rendimiento académico de los estudiantes antes y después de la implementación de las estrategias de la propuesta pedagógica “Contigo aprendo mejor”, los resultados se condensaron en la figura que se encuentra enseguida.

 ISSN 2007-8102

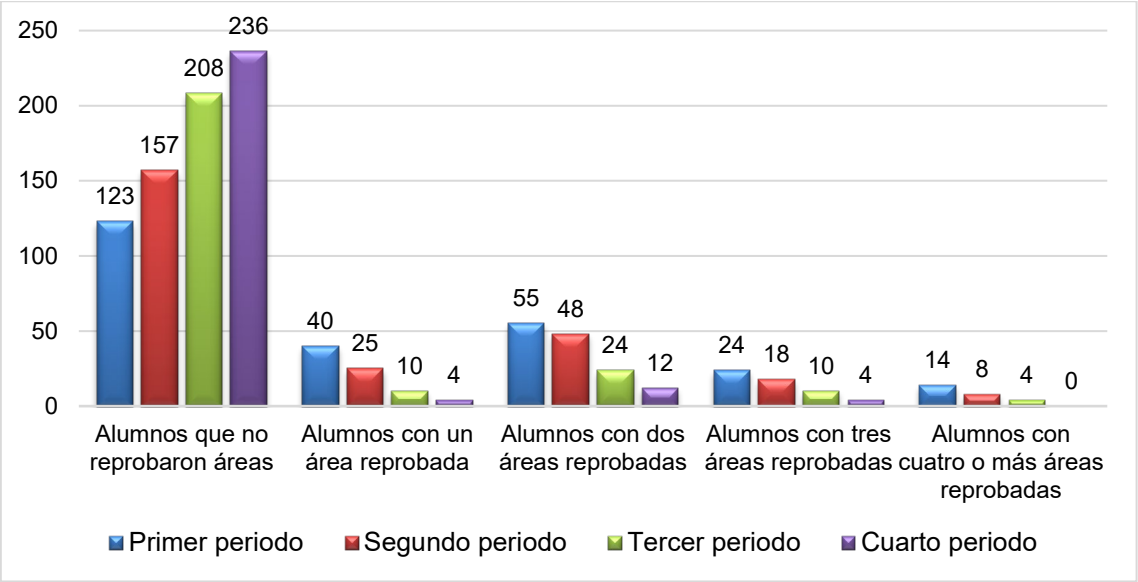


Figura 1. Índice total de aprobación y reprobación de áreas por periodos grados segundos y terceros

La estrategia “Contigo aprendo mejor” inició en el tercer periodo académico. Para esta fecha ya se habían realizado tres actividades con tutores de familia, encontrándose que el número de estudiantes que iban reprobando áreas en definitiva había disminuido en algunos grados casi a la mitad. De acuerdo con las orientaciones institucionales se les informó a los tutores que se acercaran a hablar con los diferentes docentes para establecer compromisos que permitieran que los estudiantes superaran las deficiencias que estaban presentando hasta el momento.

Cuando se realizó la entrega de boletines del tercer periodo académico en el mes de septiembre se firmaron compromisos con la totalidad de los tutores de los niños que iban perdiendo áreas y se asignaron tareas para apoyarles en el hogar. Esta fue la primera vez que asistieron todos los tutores de los grados a la reunión y quienes no lo hicieron se excusaron y en la semana siguiente en horas complementarias recibieron este informe. Para este periodo académico hubo estudiantes que mejoraron su rendimiento académico y no reprobaron áreas, sin embargo, su promedio era bajo y debían mejorar sus notas para aprobar.

En el mes de octubre se concluyó la implementación de la propuesta pedagógica “Contigo aprendo mejor”. En esta oportunidad se concentró el trabajo en apoyar a los estudiantes con un promedio más bajo y que necesitaban una valoración superior para aprobar el año. Al ser consultados los docentes de estos grados manifestaron que consideraban que la estrategia había surtido un efecto positivo en el rendimiento académico de los estudiantes, ya que sus tutores estuvieron más preocupados por ir a preguntar por ellos y ponerlos al día en los trabajos que no tenían completos. Desde la mirada a los niños, inicialmente no vieron cambios significativos en su trabajo en clase, pero poco a poco se mostraron más comprometidos con el desarrollo, calidad y cumplimiento en la presentación de estos.

Respecto a la valoración del comportamiento de los estudiantes se encontró que durante el tercer y cuarto periodo académico registraron menos anotaciones en el observador del estudiante como se registra en la Figura 2. Las situaciones que derivan en una valoración de Bueno generalmente están relacionadas con actitudes de interferencia en clase o indisciplina.

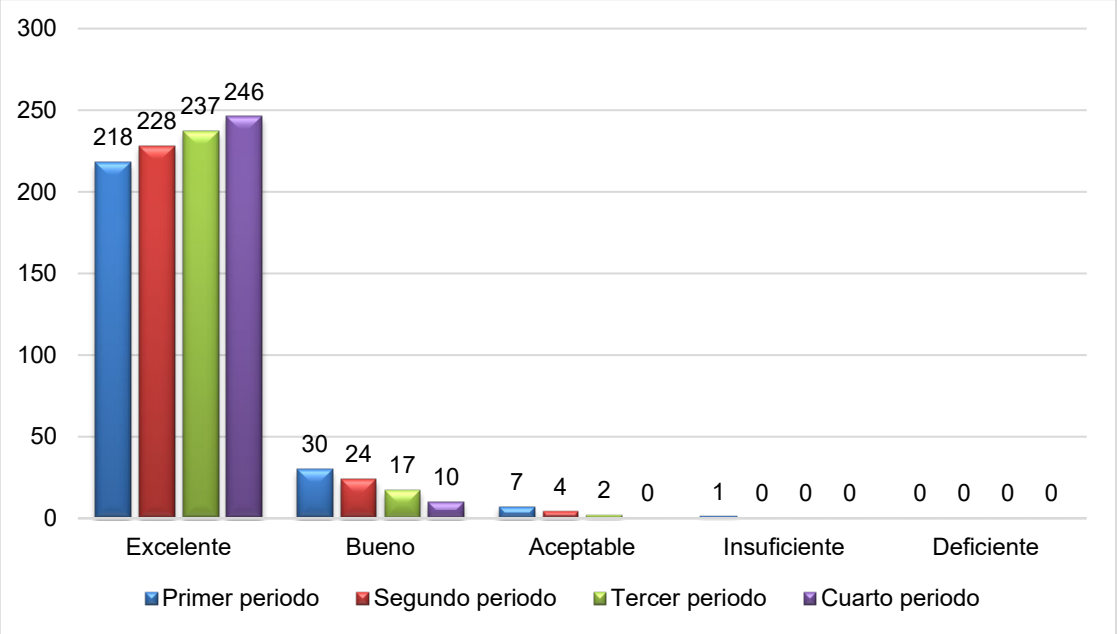


Figura 2. Valoración total del comportamiento de los estudiantes de los grados segundo y tercero durante el año lectivo

La valoración en Aceptable de algunos estudiantes estuvo relacionada con agresiones físicas o dos anotaciones por indisciplina en clase durante el mismo periodo. En el presente año lectivo no se iniciaron procesos disciplinarios a los estudiantes de los grados segundo o tercero en la institución educativa.

Al consultar a los docentes en este aspecto, indicaron que se pudo ver la mejoría en la disciplina de algunos grados frente a las actividades escolares, hubo varios estudiantes que continuaron con su comportamiento inadecuado, realizando interferencia en clase de manera constante durante el año lectivo. Consideraron importante además el acompañamiento de los tutores y su asistencia a la escuela para corregir situaciones que pudieron complicarse con el tiempo y fueron atendidas de manera oportuna y el acompañamiento ejercido también por el orientador escolar y la investigadora del proyecto en las clases de ética y valores.

Hallazgos no contemplados

Al finalizar el año lectivo hubo 20 estudiantes que reprobaron el año. Esta situación se presentó debido a que sus calificaciones en los dos primeros periodos fueron muy bajas y el promedio no les alcanzó para pasar. En doce casos los estudiantes no mostraron mejoría significativa en el desarrollo de sus labores académicas, aunque sus tutores o acudientes participaron activamente de los talleres. Algunos de ellos presentaban problemas de comportamiento y estaban siendo valorados y atendidos por el orientador escolar. En 3 casos de estos últimos se sugirió hacer una valoración neuropedagógica para establecer si presentaban necesidades educativas especiales por déficit cognitivo o dificultades de aprendizaje más complejas.

Trabajo a futuro

Se recomienda la institucionalización de esta propuesta en el establecimiento educativo de acuerdo al contexto de cada grupo de grados para favorecer el acercamiento y la vinculación activa de los tutores y/o acudientes con la escuela y su impacto en el proceso de aprendizaje y comportamiento de los estudiantes de básica primaria.

También se hace necesario realizar un seguimiento a las familias y a los estudiantes que, pese a su vinculación activa en las diferentes actividades propuestas por la escuela, no lograron superar las dificultades académicas y comportamentales, lo cual permite deducir entonces que existen factores externos al entorno familiar que influyen en el comportamiento y la no asimilación de conceptos básicos por parte de los educandos.

Conclusiones

Es importante contextualizar y caracterizar las familias de los estudiantes con los cuales se trabaja en las escuelas. El ejercicio de este proceso permitirá abordar las problemáticas que puedan presentarse en el aula de clase e intervenirlas eficazmente para favorecer el proceso de aprendizaje y socialización de los estudiantes. El desarrollo de esta investigación contribuyó a que los tutores reflexionaran acerca de las relaciones que estaban llevando al interior de sus familias y que consideraban correctas, pero no hacia sus hijos. De esta manera los niños pudieron expresar sus necesidades, contribuyendo a fortalecer los lazos familiares y el diálogo con sus tutores, así como a reforzar su autoestima y autoconfianza.

Los tutores y estudiantes coinciden en que la familia es fundamental en la vida de todo ser humano y que se hace necesario afianzar esos lazos de confianza y comunicación entre sus miembros. Este hecho hace que sea necesario agregarle el valor e importancia de las escuelas para tutores como mecanismo de vinculación de estos con la escuela. Esta propuesta pedagógica " Contigo aprendo mejor" mostró que a través de ella se pueden canalizar problemáticas y llegar a soluciones que beneficien a toda la comunidad.

El acompañamiento y la comunicación adecuada al interior de las familias permiten que los estudiantes obtengan mejores resultados académicos y comportamentales. Esto se vio reflejado en el menor número de áreas reprobadas en cada grupo durante el tercer y cuarto periodo académico y la valoración del comportamiento de casi todos los estudiantes en excelente al finalizar el último periodo escolar.

Los docentes y directivos docentes aciertan cuando manifiestan el interés por mejorar la participación de los de los tutores o acudientes en las actividades escolares a través de estrategias pedagógicas y actividades que permitan que se comparta en familia.

En la evaluación de las actividades desarrolladas en la institución durante el año lectivo se reconoció el impacto de la propuesta pedagógica "Contigo aprendo mejor" en la comunidad educativa, ya que se logró la asistencia y apoyo de los tutores de familia en actividades como las izadas de bandera y la feria de la creatividad. Como sugerencia le solicitaron a la investigadora y al orientador escolar dar a conocer y/o replicar algunas de estas actividades en los siguientes años escolares en la búsqueda de generalizar los resultados a nivel de la institución.

Existen factores que inciden en el rendimiento académico y el comportamiento de los estudiantes que no están influenciados directa o exclusivamente por el acompañamiento de sus tutores o acudientes, las cuales pueden ser objeto de una próxima investigación.

Referencias

[1] J. Coleman, "Families and schools", In Educational Researcher. https://journals.sagepub.com/doi/10.3102/0013189X016006032I. 1987.
[2] C. Nord, and J. West, Father's and mother's involvement in their children´s Schools by Family Type and Resident Status (NCES 2001-032). U.S. Department of Education, National Center for Education Statistics, Washington, DC: U. S. Government Printing Office, pp. 38-39, 2001.
[3] J. Funkhouser, M. González, and Policy Studies Associates, A new generation of evidence: The family is critical to student achievement (A report from the National Committee for Citizens in Education), Center for Law and Education, pp. 6, 2001.
[4] J. Elliot, Investigación acción en educación. Madrid: Morata, pp. 26, 2000.
[5] C.Kinnear, and R. Taylor, Investigación de mercados, Mc Graw Hill, pp. 405, 1998.

De la Aritmética al Álgebra en la Solución de Sistemas de Ecuaciones Lineales

M.E. Espinosa Valdés[1], R, I, Sosa Bielma[1], R. Alor Francisco[1], U. Luria Castellanos[2] , E. Rojas Rauda[3].*
[1]Profesores del Departamento de Ciencias Básicas del Tecnológico Nacional de México Campus Instituto Tecnológico de Minatitlán, [2] Alumno de Ingeniería Química del Tecnológico Nacional de México Campus Instituto Tecnológico de Minatitlán, [3] Profesora del Departamento Ciencias Económico Administrativa del Tecnológico Nacional de México Campus Instituto Tecnológico de Minatitlán.
[*]elisaesva@yohoo.es

Área de participación: Investigación Educativa

Resumen
El presente trabajo es el resultado de una experiencia en una institución donde se imparten carreras de ingenierías, tiene como propósito recorrer todos los métodos que los estudiantes y los profesores tienen para resolver un problema verbal, cuya solución se puede encontrar con un sistema de dos ecuaciones y dos incógnitas, estos métodos pueden ir desde la aritmética hasta el álgebra, como resultado se resolvió un problema verbal con once métodos diferentes para hallar la solución del sistema, este trabajo se hizo pensando que le sirva como un recordatorio tanto al profesor de asignaturas de especialidad, como al estudiantes cuando ya cursó la asignatura de álgebra lineal y les muestre todas las competencias previas de las que pueden hacer uso los estudiantes y los maestros.

Palabras claves: *Aritmética, Álgebra, Álgebra Lineal, Problemas*

Abstract
The present work is the result of an experience in an institution where engineering careers are taught, its purpose is to go through all the methods that students and teachers have to solved a verbal problem that can be solved with a system of equations that has two equations and two unknows, these can go from arithmetic to algebra, as a result a verbal problem was solved with eleven different methods to find the solution of the system, this work was done thinking that it will serve as a reminder to both the subject teacher specialty, such as students when they have already taken the linear algebra course and show them an overview of the knowledge baggage that students and teachers can make use of.

Keywords: *Arithmetic, Algebra, Problems*

Introducción
El siguiente trabajo es producto de una conversación con maestros de matemáticas donde uno de ellos, profesor de álgebra lineal, conto la siguiente anécdota que le ocurrió en el aula:
Una exalumna llega y le dice:
Alumna: "*Maestro usted me impartió la materia de Algebra Lineal y quiero que me diga cómo se resuelve este sistema de ecuaciones lineales*"
Profesor: "*Déjame verlo*"
Se trataba de un sistema de dos ecuaciones con dos incógnitas, el profesor inmediatamente pensó y comento:
"S*on muchos los métodos que una estudiante como tú de quinto semestre de ingeniería química tiene para resolver este sistema de ecuaciones, ya que has cursado la mayoría de las asignaturas de matemáticas como: aritmética, geometría, álgebra, trigonometría, geometría analítica, cálculo tanto diferencial como integral, álgebra lineal, análisis vectorial y tal vez hasta ecuaciones diferenciales".*
Alumna: "*Yo lo resolví así"*.
Profesor: "*Déjame ver, está bien resuelto usaste el método de Cramer para resolverlo, es un método que lo aprendiste en la materia de álgebra lineal"*.
Alumna: *"La maestra de la materia "x" dice que está mal, que se tiene que resolver así"*
El profesor lo ve y exclama:
"¡T*ambién está bien!, simplemente ella utilizó el método de sustitución que aprendiste en secundaria, pero las dos están bien*"
Alumna: "P*ero la maestra de la materia "x" dice que todos lo deberíamos de resolver como ella lo hizo*"
Los comentarios sobre la anécdota sirvieron como detonante para que los profesores reunidos nos preguntáramos:

¿Cuántos métodos tienen los estudiantes que han cursado álgebra lineal para resolver un sistema de ecuaciones lineales?

Para contestar esa pregunta nos basamos en las rutas para resolver sistemas de ecuaciones de álgebra elemental que mencionan [1] [2] "se pueden: tratar con álgebra y no tratar con álgebra", estas rutas que muestran, difieren en las que indican [3] y que [1] [2] hacen referencia de una de las rutas a la solución que se apoya en un dibujo, grafico o diagrama que ayuda a resolver el problema y [3] no menciona. Estas rutas también han sido señaladas en otros trabajos [4] [5]. Pero en ninguno de estos escritos, se muestra un mismo problema resuelto por todos los métodos como lo presentamos aquí.
Solamente vamos a ejemplificar sistemas de dos ecuaciones lineales con dos incógnitas y además que el sistemas sea compatible determinado.
Todo esto sin olvidar lo que señalan los investigadores en educación matemática, que es necesario generar espacios de trabajo matemático escolar que fortalezcan el pensamiento aritmético-algebraico [6]. Por lo que vamos a realizar un recordatorio para maestros y alumnos como utilizar aritmética, álgebra o ambas para resolver sistemas de ecuaciones lineales, según las competencias de cada uno de ellos quieran poner en juego para resolver problemas como lo hicieron [1] [2] [7].

Desarrollo

Empezaremos por los métodos numéricos (solamente utilizan aritmética), que se muestran en la Figura 1.

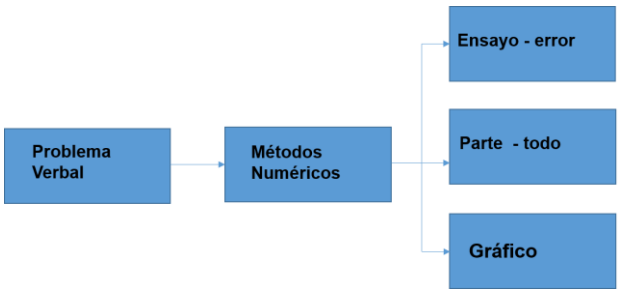


Figura 1 Métodos numéricos para resolver problemas

Se escogió el siguiente problema para resolverlo por todos los métodos que conocen los estudiantes de ingeniería que ya han cursado la materia de álgebra lineal y que los maestros conocen.
"Alejandra pago $ 50.00 por 3 copias a color y 5 documentos escaneados. Mientras que Denisse pago $ 74.00 por 5 copias a color y 7 documentos escaneados en el mismo lugar. ¿Cuál es el precio de cada copia a color y de cada documento escaneado?"

Ensayo – Error

Es un sistema numérico, ya que utiliza la notación y símbolos aritméticos para establecer relaciones entre los datos conocidos y los desconocidos. Se utiliza este sistema cuando se prueban de forma sistemática valores numéricos asignados por los estudiantes a las incógnitas conservando las relaciones implícitas en el problema. El uso de este método requiere de tiempo y de una meteórica organización en el trabajo de conjetura y prueba. Hay estudiantes que creen que es una forma no muy adecuada de resolver el problema. Sin embargo, de acuerdo con [8] cuando los alumnos resuelven por este método tienen una noción más desarrollada entre el lado derecho y el lado izquierdo de la ecuación.
Empezamos a suponer valores (Tabla 1) para los precios de las copias a color y a los documentos escaneado:

Tabla 1 Valores otorgados al precio de la copia y del documento escaneado

Precio de copia a color [$]	Precio de documento escaneado [$]	Pago Alejandra [$]	Pago Denisse [$]	Observaciones
2	5	2 x 3 + 5 x 5 = 31	2 x 5 + 5 x 7 = 45	Deben de ser más caras
4	5	4 x 3 + 5 x 5 = 37	4 x 5 + 5 x 7 = 55	Solamente aumentamos una hay que aumentar la otra
5	6	5 x 3 + 6 x 5 = 45	5 x 5 + 6 x 7 = 67	Hay que aumentar mas
6	7	6 x3 +7 x 5 = 53	6 x 5 + 7 x 7 = 79	Ya nos pasamos en ambos hay que bajar
5	**7**	**5 x 3 + 7 x 5 = 50**	**5 x 5 + 7 x 7 = 74**	**Esta es la solución**

 ISSN 2007-8102

De la Tabla 1 podemos decir que la respuesta es: $ 5.00 la copia a color y $ 7.00 el documento escaneado

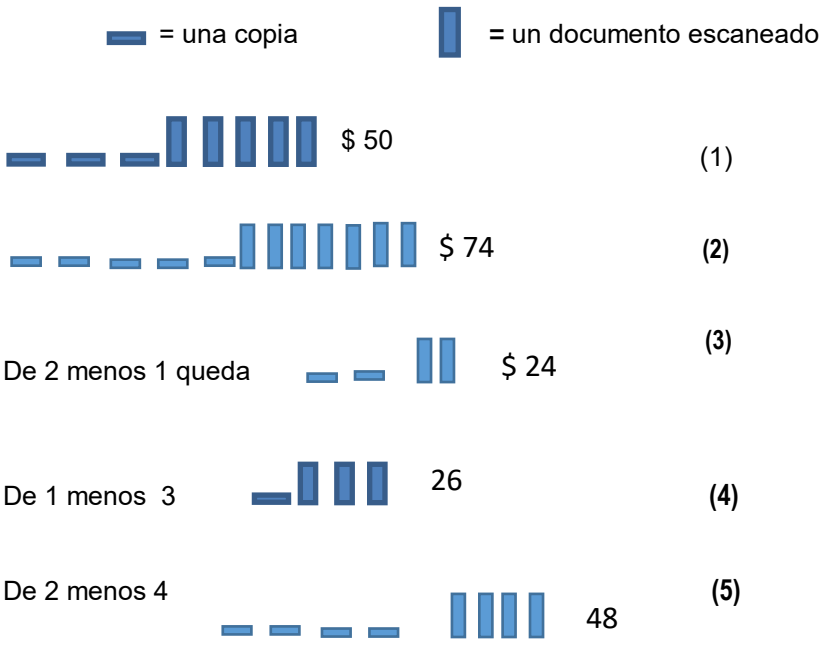
Parte – todo

Es un método numérico, las relaciones existentes en el problema se plantean mediante estrategias que relacionan los datos. Se consideran los datos desconocidos como parte del resultado de operar los datos conocidos, comparando el total con las partes. Los alumnos que utilizan este método no generalizan todavía. Sin embargo cuando resuelven lo hacen con un plan de actuación definido, no lo hacen mediante operaciones aisladas, además, no se hace solo con la finalidad de establecer el resultado de las operaciones, si no de equilibrar los dos miembros de la igualdad.

Del enunciado:
Precio de 3 copias + precio de 5 escaneados = $ 50 (1)
Precio de 5 copias + precio de 7 escaneados = $ 74 (2)
De la relación 2 menos la relación 1 sabemos:
Precio de 2 copias + precio de 2 escaneados = $ 24 (3)
De la relación 1 menos la relación 3 sabemos:
Precio de 1 copia + precio de 3 escaneados = $ 26 (4)
De la relación 2 menos la relación 4 sabemos
Precio de 4 copias + precio de 4 escaneados = $ 48 (5)
De la relación 5 menos la relación 4 sabemos:
Precio de 3 copias + precio de 1 escaneado = $ 22 (6)
De la relación 1 menos la relación 6 sabemos:
Precio de 4 escaneados = $ 28 (7)
∴ **el precio de un escaneado es de $ 7.00**
De la relación 5 menos la relación 7 sabemos:
Precio de 4 copias = $ 20
∴ **el precio de una copia es de $ 5.00**

Gráfico (Diagrama, representaciones físicas, etc.)

Se dice que se está usando el método gráfico cuando se usan códigos gráficos que representa a la variable para resolver el problema, como son: representaciones físicas, geométricas y gráficas. Las relaciones entre los datos y las incógnitas del problema se establecen a partir del diagrama. Para resolver las operaciones se utilizan generalmente el método parte – todo o relaciones de proporcionalidad. Cuando los estudiantes utilizan este método todavía no generalizan, ya que utilizan un esquema particular para cada problema, y está trabajando en el campo de lo concreto.



 ISSN 2007-8102

De 5 menos 4  22 **(6)**

De 1 menos 6  28 **(7)**

De 7 sabemos que 4 escaneado valen $ 28.00 por lo tanto **un escaneado vale $ 7.00**

De 5 menos 7 queda 20 **(8)**

De 8 sabemos que 4 copias cuestan $ 20.00, por lo tanto **una copia cuesta $ 5.00**

Métodos Algebraicos

Describimos a continuación todas los métodos de solución algebraicas (Figura 2), que tienen los estudiantes y los profesores una vez que tienen el sistema de ecuaciones lineales como el modelo de solución de un problema verbal**.**

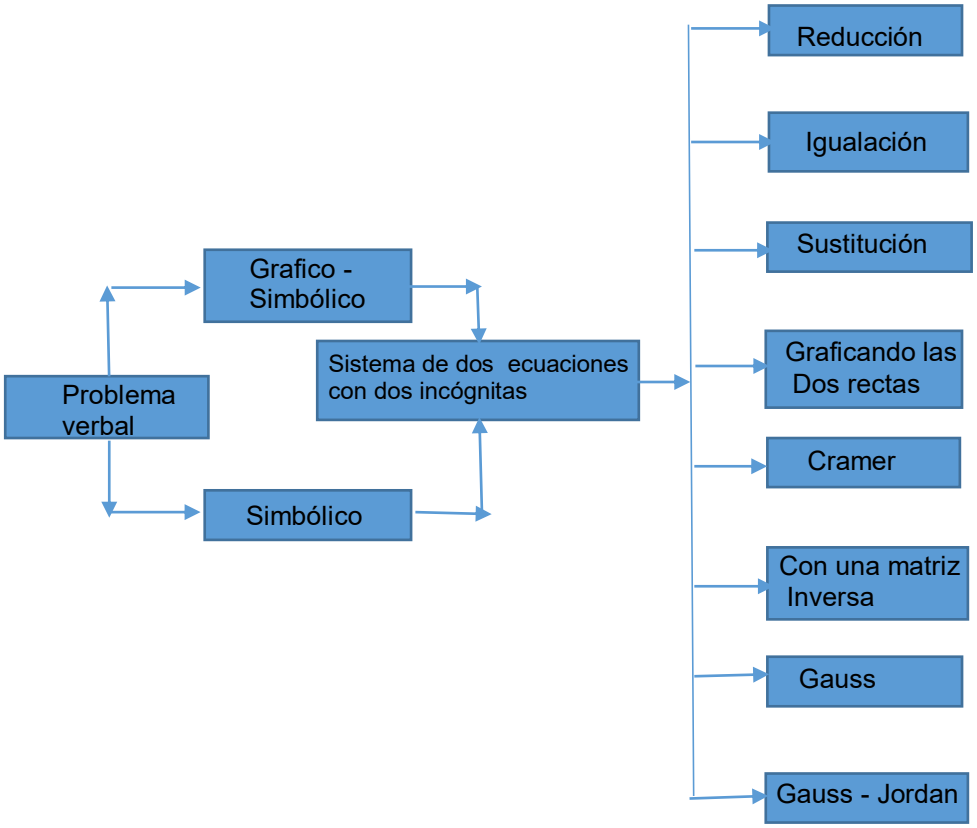


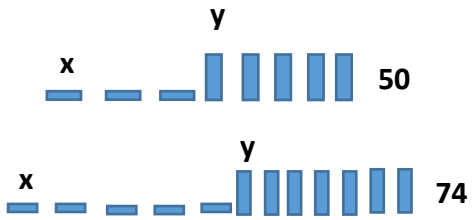
Figura 2 Métodos algebraicos para resolver sistemas de ecuaciones lineales

Empezaremos por el método Gráfico Simbólico según [1] [2] [9] y continuaremos con el método simbólico [1] [2] [7].

Gráfico simbólico

Este es un método que se puede considerar como una mezcla entre el gráfico, anteriormente descrito y el simbólico, ya que las relaciones entre los datos y las incógnitas se obtienen a partir del uso de un gráfico, con apoyo de una representación gráfica, pero mediante un lenguaje simbólico. Se podría decir que cuando el

estudiante utiliza este método todavía no alcanza la formalidad de la generalización, y no ha llegado a una abstracción completa.



Si x = precio de la copia a color [$]
y = precio de documento escaneado [$]

Se procede a hacer el sistema de ecuaciones a partir de los gráficos.

$3x + 5y = 50$ (1)
$5x + 7y = 74$ (2)

Con el sistema de ecuaciones lineales ya se puede elegir cualquier método de solución para resolverlo (reducción, sustitución, igualación, graficar, etc.), por ejemplo la solución que presentamos es el método de reducción:

(5) [3 x + 5 y = 50]
(- 3) [5 x + 7 y = 74]

15 x + 25 y =250
-15 x - 21 y = -222

4 y = 28

∴ **y = $ 7.00 el precio de documento escaneado**

Substituyendo el valor de y =7 en la ecuación (1)

3 x = 50 – 5(7) = 15

∴ x = $ 5.00 el precio de una copia a color.

Simbólico

Se dice que se está usando el método simbólico cuando se utiliza un lenguaje algebraico puro. Se presenta cuando se utiliza un lenguaje exclusivamente abstracto, usualmente alfabético. Se identifican las incógnitas con letras y se expresan la relaciones mediantes ecuaciones. Se puede decir que los estudiantes que utilizan este método para resolver los problemas, producen una abstracción del contenido del problema y llegan a la generalización, ya que el modelo utilizado se puede aplicar a cualquier otro problema de las mismas características.

x = precio de la copia a color [$]

y = precio de documento escaneado [$]

$3x + 5y = 50$ (1)
$5x + 7y = 74$ (2)

Los métodos para resolver el sistema de ecuaciones como hemos dicho son muchos el de reducción ya se utilizó en la solución del grafico – simbólico, para resolver este Sistema de ecuaciones lineales utilizamos el método de igualación:
De la ecuación (1) despejamos “x”:

 ISSN 2007-8102

$$x = \frac{50 - 5y}{3} \qquad (3)$$

De la ecuación (2) despejamos “x”:

$$x = \frac{74 - 7y}{5} \qquad (4)$$

Igualando la ecuación (3) con La ecuación 4 tenemos:

$$\frac{50 - 5y}{3} = \frac{74 - 7y}{5} \qquad (5)$$

Despejando “y” de la ecuación (5)

$250 - 25y = 222 - 21y$

$-4y = -28$

$\therefore$ y = $ 7.00 precio de documento escaneado

Sustituyendo el valor de y = 7 en (3) tenemos:

$x = \frac{50 - 5(7)}{3}$ = $ 5.00 precio de una copia a color

Método por sustitución:

$3x + 5y = 50$ (1)
$5x + 7y = 74$ (2)

Despejando de (1) a “x” tenemos la ecuación (3)

$$x = \frac{50 - 5y}{3} \qquad (3)$$

Si sustituimos en (2) tenemos: $5\left[\frac{50 - 5(y)}{3}\right] + 7y = 74$

$250 - 25y + 21y = 222$

$-4y = -28$

$\therefore$ y = $ 7.00 precio de un documento escaneado

Sustituyendo en la ecuación (3) el valor de y = 7 tenemos:

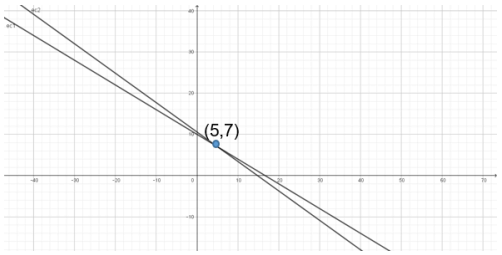
$x = \frac{50 - 5y}{3} = \frac{50 - 5(7)}{3}$ = $5.00 precio de una copia a color

Método Graficando las dos rectas

$3x + 5y = 50$ (1)
$5x + 7y = 74$ (2)

Se realiza la grafica las dos rectas utilizando el paquete Geogebra como se muestra en la Grafica 1:

 ISSN 2007-8102



Grafica1 de las dos rectas

El punto (5, 7) es donde se cortan la ecuación (1) con la ecuación (2), es la intersección de ambas recta y representa la solución del sistema de ecuaciones:

x = $5.00 precio de una copia a color ; y = $ 7.00 precio de un documento escaneado

Método de Cramer

$3x + 5y = 50$ (1)
$5x + 7y = 74$ (2)

$A = \begin{vmatrix} 3 & 5 \\ 5 & 7 \end{vmatrix}$ det A = 21 – 25 = - 4

$B = \begin{vmatrix} 50 & 5 \\ 74 & 7 \end{vmatrix}$ det B = 350 – 370 = - 20

$C = \begin{vmatrix} 3 & 50 \\ 5 & 74 \end{vmatrix}$ det C = 222 – 250 = - 28

$x = \frac{\det B}{\det A} = \frac{-20}{-4}$ = **$ 5.00 precio de la copia a color**

$y = \frac{\det C}{\det A} = \frac{-28}{-4}$ = **$ 7.00 precio de documento escaneado**

Con una matriz inversa:

$3x + 5y = 50$ (1)
$5x + 7y = 74$ (2)

$\begin{vmatrix} 3 & 5 \\ 5 & 7 \end{vmatrix} \begin{vmatrix} x \\ y \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} 50 \\ 74 \end{vmatrix}$ A X = B ∴ X = A^{-1} B

A X = B

$A^{-1} = \begin{vmatrix} -\frac{7}{4} & \frac{5}{4} \\ \frac{5}{4} & \frac{-3}{4} \end{vmatrix}$ $X = \begin{vmatrix} -\frac{7}{4} & \frac{5}{4} \\ \frac{5}{4} & \frac{-3}{4} \end{vmatrix} \begin{vmatrix} 50 \\ 74 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} 5 \\ 7 \end{vmatrix}$ ∴ $\begin{vmatrix} x \\ y \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} 5 \\ 7 \end{vmatrix}$

∴ **x = $5.00 precio de una copia a color** ; **y = $ 7.00 precio de un documento escaneado**

Método de eliminación de Gauss

$3x + 5y = 50$ (1)
$5x + 7y = 74$ (2)

$$\begin{vmatrix} 3 & 5 & 50 \\ 5 & 7 & 74 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} 1 & \frac{5}{3} & \frac{50}{3} \\ 5 & 7 & 74 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} 1 & \frac{5}{3} & \frac{50}{3} \\ 0 & \frac{-4}{3} & \frac{-28}{3} \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} 1 & \frac{5}{3} & \frac{50}{3} \\ 0 & 1 & 7 \end{vmatrix}$$

Método de eliminación de Gauss – Jordan

$3x + 5y = 50$ (1)
$5x + 7y = 74$ (2)

$$\begin{vmatrix} 3 & 5 & 50 \\ 5 & 7 & 74 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} 1 & \frac{5}{3} & \frac{50}{3} \\ 5 & 7 & 74 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} 1 & \frac{5}{3} & \frac{50}{3} \\ 0 & \frac{-4}{3} & \frac{-28}{3} \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} 1 & \frac{5}{3} & \frac{50}{3} \\ 0 & 1 & 7 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} 1 & 0 & 5 \\ 0 & 1 & 7 \end{vmatrix}$$

∴ **x = $5.00 precio de una copia a color ; y = $ 7.00 precio de un documento escaneado**

Conclusiones

Se logró hallar la solución del sistema de ecuaciones que resuelve el problema por 11 métodos diferentes, los cuales pueden ser utilizados por profesores y alumnos en cualquier materia de especialidad, poniendo en práctica, conocimientos previos que han ido aprendiendo a través de los cursos de matemáticas que han acreditado en los diferentes niveles de estudio y en el avance reticular de su carrera.

Creemos que el uso de diferentes métodos para resolver un sistema de ecuaciones lineales nos ayuda a comprender mejor el concepto y sus relaciones, mejorando el aprendizaje significativo de los términos tanto algebraicos como aritméticos, esto le ayuda al estudiante a tener una mayor capacidad para entender y abordar tareas más complejas, poniendo en juego todos sus conocimientos.

Después de realizar este trabajo creemos que mientras más métodos de solución conozcan los estudiantes cuando van a resolver un problema, más fácil les resulta abordar una tarea. Además cuando un estudiante elige el procedimiento para resolver un sistema de ecuaciones lineales, se pueden detectar cuáles son los saberes previos que tiene y su capacidad para aplicarlos en contextos diversos.

Por último como docentes creemos que no todos los estudiantes tienen que ir por la ruta algebraica hay quien puede razonar y encontrar la solución por métodos aritméticos, Ya que todas las materias que han cursado son para aplicarlas, al ser parte de un perfil profesional.

Referencias

[1] F. Fernández. “Evaluación de competencias en álgebra elemental a través de problemas verbales”. Tesis doctoral de la Universidad de Granada. 1997.

[2] M. E. Espinosa. “Tipologías de resolutores de problemas de álgebra elemental y creencias sobre la evaluación con profesores en formación inicial”. Granada: Universidad de Granada, 2019. Disponible en http://hdl.handle.net/10481/54936

[3] K. Stacey, y Mac Gregor. “Curriculum Reform and approaches to Algebra”. En Sutherland, Rojano, Bell and Lins (eds.) *Prespective on School Algebra*. P. 155-175. Kluwer Academic Publishers. 2000.

[4] E. Filloy. Y G. Rubio. “La resolución de problemas Aritmetico – Algebricos”. En Filloy y Col. *Aspectos Teoricos de Algebra Educativa.* P. 127 – 152. México: Grupo Editorial Iberoamerica. 1999.

5] E. Filloy, T. Rojano. Y G. Rubio. “Propositions Concerning the Resolution of Arithmetical – Algebraics problems”. En Sutherland, Rojano, Bell and Lins (Eds.). *Prespective on School Algebra*. Kluwer Academic Publishers. 2001.

[6] J. C. Cortés., F. Hitt y M. Saboya. “Pensamiento Aritmético-Algebraico a través de un Espacio de Trabajo Matemático en un Ambiente de Papel, Lápiz y Tecnología en la Escuela Secundaria”. *Bolema, 30* (54), 240-264. 2016. Disponible en http://dx.doi.org/10.1590/1980-4415v30n54a12

[7] G. Corral Martínez. “Resolución de sistemas de ecuaciones por estudiantes de 2º DE E.S.O”. Trabajo Fin de Máster Ámbito Matemáticas en la Universidad pública de navarra. 2016.

[8] Kieran, C. “The learning and teaching of school algebra”. En D.A. Grows (Ed.) *Handbook of reseach of Mathematics Teaching and learning*. P. 390 – 419.NY. 1992.

[9] R.A. Esteban. “Solución de sistemas de ecuaciones lineales con dos incógnitas a partir de representaciones icónicas”. Munich: Grin Verlag. 2013. Disponible en https://www.grin.com/document/357240.

Estrategias didácticas en la materia de costos históricos

B. I Ahumada Maldonado[1], G Jiménez Hidalgo[2], C. G. Amaya Treviño[3],*
[1]Departamento de Ciencias Económico Administrativas, TecNM campus Instituto Tecnológico de Cd. Jiménez, Ave. Tecnológico s/n, Cd. Jiménez, Chihuahua, México C.P. 33980
[2]Departamento de Ciencias Económico Administrativas, TecNM campus Instituto Tecnológico de Cd. Jiménez, Ave. Tecnológico s/n, Cd. Jiménez, Chihuahua, México, C.P. 33980, México
[3]Estudiante de la carrera de Contador Público del TecNM campus Instituto Tecnológico de Cd. Jiménez, Ave. Tecnológico s/n, Cd. Jiménez, Chihuahua, México, C.P. 33980
**blancaahu@yahoo.com.mx*

***Área de participación**: Investigación Educativa*

Resumen

Uno de los múltiples trabajos del docente, es preparar material didáctico de acuerdo a las inteligencias múltiples de sus estudiantes, con el propósito que a los alumnos les sean atractivas las clases además las disfruten y les generen conocimientos.
Con el objetivo de facilitarles el aprendizaje y la vinculación de lo académico con lo cotidiano, así como disminuir la reprobación, se diseñaron e implementaron estrategias didácticas, en la asignatura de costos históricos, en la carrera de Contador Público para dos grupos.
Los resultados que se obtuvieron fueron satisfactorios, en el tema del aprovechamiento en un grupo fue el 98% y en el otro el 87%, aunado a lo anterior, con un proyecto basado en experiencias diarias asociaron las concepciones adquiridas en el semestre con la práctica cotidiana en su vivir, de forma palpable unieron que lo que aprenden en la escuela se enlaza con su vivir y con las empresas.

***Palabras clave**: Estrategia didáctica, estilo de aprendizaje, inteligencias múltiples, reprobación*

Abstract

One of the many tasks of the teacher is to prepare didactic material according to the multiple intelligences of his students, with the purpose of making the classes attractive to the students and also enjoy them and generate knowledge for them. In order to facilitate learning and the link between academics and everyday life, as well as to reduce failure, teaching strategies were designed and implemented in the subject of historical costs, in the career of Public Accountant for two groups, the results obtained were satisfactory, In the subject of achievement in one group it was 98% and in the other 87%, added to the above, with a project based on daily experiences they associated the concepts acquired in the semester with the daily practice in their lives, in a palpable way they united what they learn in school with their lives and with the companies.

***Key words**: Teaching strategy, learning style, multiple intelligences, reprobation*

Introducción

El aprendizaje es diferente en cada persona, esto ha generado, académicamente que algunas personas se destaquen más que otras, de tal manera que, se han estigmatizado a los estudiantes como los inteligentes y los de difícil retención, dentro de sus muchas actividades los docentes tendrán que diseñar estrategias didácticas diversas, con el propósito de atender las formas de aprendizaje que poseen sus estudiantes, esto va a beneficiar en ayudar a tener un mayor número de acreditación y evitar la reprobación y en algunas ocasiones hasta la deserción.

Las formas de enseñanza se transforman conforme avanza la vida, se vive hoy por hoy de manera rápida y cambiante, actualmente los alumnos aprenden de forma diferente en la que fuimos instruidos, a nivel mundial trabajaron para direccionar la educación, “la puesta en práctica de reformas educativas en prácticamente todos los niveles y modalidades educativas, cuya característica principal es la adopción del enfoque por competencias” [1], de tal manera, que el aprendizaje es colaborativo entre el profesor y el discente.

Una de las múltiples actividades de los profesores es el diseño actividades diversas para facilitar el aprendizaje de sus alumnos, refiere [2], “las estrategias didácticas están conformadas por los procesos afectivos, cognitivos y procedimentales que permiten construir el aprendizaje por parte del estudiante y llevar a cabo la instrucción por parte del docente”. Cada grupo de estudiantes es diferente, aunque sea la misma materia y el mismo semestre, una actividad puede tener excelentes resultados en un grupo y en el otro fracasar totalmente, sin embargo, esto no es desaliento para el docente sino un reto mayor.

Preparar el trabajo que desarrollarán los jóvenes para el proceso de la asignatura en el semestre, es fundamental, “las estrategias didácticas son los procedimientos por los cuales el docente y los estudiantes, organizan las acciones de manera consciente para construir y lograr metas previstas e imprevistas en el proceso enseñanza y aprendizaje” [2], cabe hacer mención que, una estrategia se puede modificar conforme se lleve un avance de ella, además si se presentan dificultades para realizarse por parte de los alumnos es factible la reestructura de la misma.

Entre los diversos objetivos que tienen los maestros, es que el estudiante desarrolle sus habilidades, por lo tanto, seleccionar estrategias didácticas, incide en situaciones de éxito o fracaso escolar; dota de múltiples posibilidades de interactuar en contextos y situaciones reales de aprendizaje a los estudiantes; favorece la adquisición de conocimientos, desarrollo de habilidades y formación de valores [3], los docentes deben de ser muy creativos para escoger y planear el trabajo para sus pupilos durante el semestre.

En las universidades existen asignaturas cuyos contenidos se distinguen por tener un grado de dificultad mayor que otras, incluso en cada periodo escolar se presenta una asignatura compleja para los jóvenes universitario, en la carrera de Contador Público (CP) en cuarto semestre se encuentra la de costos históricos para los alumnos del TecNM campus Instituto Tecnológico de Cd. Jiménez, incluso con datos de servicios escolares de esta institución es una asignatura con un porcentaje mayor al 50% de reprobación. Una vez analizada la problemática de no acreditación en esta materia, se diseñaron y aplicaron algunas estrategias didácticas con el fin de incrementar el aprendizaje de los estudiantes y disminuir la reprobación en esta asignatura.

Para auxiliar en la acreditación de la asignatura en cuestión, se diseñaron e implementaron las estrategias presentadas en este trabajo, aquí únicamente se informa de los resultados de la implementación, refiere “la reprobación es un fenómeno originado por diversas causas y no solamente las atribuibles al estudiante” [4], es la meta del docente ayudar en el proceso del desarrollo de la asignatura para que sea más dinámico y auxilie a incrementar tanto el conocimiento como el porcentaje de aprobados.

Por otro lado, los discentes pueden tener un gran número de problemas personales mismos que les ocasionan distractores en apropiarse de nuevos saberes académicos, como lo aluden “una de las preocupaciones en la educación superior es la reprobación,… las causas de reprobación son multifactoriales, que se originan desde lo familiar, lo económico, los hábitos de estudio, la práctica docente, hasta causas administrativas” [5].

Las personas poseen maneras diversas de instruirse, es decir, todos los estudiantes difieren unos de otros de forma integral, esto no cambia la manera de apropiarse de nuevos conceptos, “en el lenguaje pedagógico el concepto de estilo de aprendizaje suele utilizarse para señalar un conjunto de comportamientos reunidos bajo una sola etiqueta, con el fin de clasificar y analizar conductas, sustentadas en teorías psicológicas y pedagógicas [4], las estrategias didácticas diseñadas en esté

trabajo, estuvieron basadas en las IM con el propósito de tomar en cuenta a los alumnos de la materia de costos históricos.

En la individualidad de los estudiantes está su estilo de aprendizaje e inteligencia, refiere [5] “su visión de la inteligencia no como algo único, sino como un conjunto de habilidades, talentos o capacidades, independientes entre sí, denominadas inteligencias y presentes en potencia en todas las personas”, la clasificación de las IM de acuerdo al mismo autor son la musical, cinestésica, interpersonal, lingüística, lógico-matemática, naturalista, intrapersonal, visual-espacial. Los trabajos diseñados y propuestos a los estudiantes estuvieron basados en las IM.

Por lo tanto, al elaborar estrategias didácticas y apoyarse en las inteligencias múltiples (IM), se espera que sea un apoyo para los jóvenes estudiantes en sus concepciones académicas.

Metodología

El presente estudio es cualitativo, de tipo transversal, se llevó a cabo con 2 grupos de estudiantes de la carrera de CP de quinto semestre del TecNM campus Instituto Tecnológico de Cd. Jiménez, cabe hacer mención que se aplicó el mismo método en ambos, uno de ellos era de 16 y el otro de 14 alumnos. La cd. Jiménez se encuentra al sur del Estado de Chihuahua, actualmente existe otra escuela de nivel superior, sin embargo, el Tecnológico de Cd. Jiménez es la institución con mayor número de estudiantes. Es importante resaltar que en este trabajo sólo se presentan la aplicación de las estrategias.

Estrategias didácticas

Se diseñaron y aplicaron varias estrategias didácticas, para las cuatro unidades de la asignatura de costos históricos:
a) Consulta, analiza y aprende, el estudiante busca información en los libros de la biblioteca, elabora un reporte de lo solicitado y en el aula, tendrán un análisis grupal de lo que encontraron, con la intervención de todos formaran sus propios conceptos.
b) Rompecabezas del Estado de Costo de Producción y Costo de lo Vendido, el objetivo es que el estudiante aprenda hacer los estados financieros que lleva por nombre la estrategia, para facilitarles la enseñanza se proporcionan las partes de que integran cada estado financiero con nombre y cantidades para que ellos formen los informes contables correctamente.
c) Cocina y costea, el propósito en esta actividad es que el discente, compre los ingredientes para preparar uno de los alimentos del día (almuerzo, comida o cena) de su familia y determine el costo del platillo además con el supuesto de que los adquieren en un restaurant, se le puso un precio de venta a cada platillo de forma individual para que hicieran el estado de pérdidas y ganancias.

Descripción de las estrategias

La estrategia consulta, analiza y aprende, se calendariza para que se realice en un tiempo de 8 horas de clase, 5 para la búsqueda de información y 3 para el análisis grupal, la primera parte se trasladaron a la biblioteca el grupo completo con el profesor, para le reflexión se llevó a cabo en el salón de clases, se sugirió a los estudiantes, que de forma verbal expresaran los resultados de la consulta hecha en la biblioteca, elaboraron nuevos conceptos para su materia con los informes anteriores. Esto ayudó a tener mayor comprensión de la teoría de la asignatura marcada en el temario.

El rompecabezas de los estados financieros, está diseñada para 6 horas, primero se solicita a los estudiantes que busquen en su libro de texto el diseño del estado de costo de producción y costo de lo vendido, en clase se analiza el formato de cada reporte contable, es decir, como se obtiene la información de los rubros, el proceso descrito es de 1 hora, el tiempo restante el profesor elabora varios ejercicios en los que proporcione las cuentas que integran los estados financieros en cuestión

con el objetivo de que los jóvenes los resuelvan correctamente, el estudiante en su cuaderno transcribe los reportes contables en blanco y con la información que le proporciona el docente va a llenar los rubros correspondientes.

Cocina y costea, se programa para 15 horas, el primer paso consiste en escoger cual alimento del día se va a preparar, luego comprar los ingredientes para su elaboración, acto seguido cocinar el platillo para todos los integrantes de la familia, servir la comida, limpiar la cocina después sacar los costos de la actividad para elaborar el estado de costo de producción y terminar con el estado de pérdidas y ganancias, en el rubro de mano de obra se toma en cuenta el salario mínimo general del área del estudiante y se divide entre 8 horas, después se multiplica por el tiempo que duraron para preparar y limpiar la cocina.

Material que desarrollaran los estudiantes en las estrategias

Los estudiantes entregaran al profesor, en la actividad de consulta, analiza y aprende, un cuadro de dos vías en una parte pondrán los resultados de la búsqueda y en la otra el concepto nuevo que elaboraron en la actividad del análisis grupal.
En la estrategia del rompecabezas, la evidencia a proporcionar al docente, es la solución de al menos 5 ejercicios de forma individual elaborados en hojas tabulares.

La constancia de la última actividad, será un archivo electrónico que contenga fotos de la compra de los ingredientes para preparar la comida y del proceso de elaboración y terminación del platillo, el listado con los costos de cada artículo, y los estados financieros solicitados.

Resultados y discusión

Efectos de la implementación de las estrategias

De acuerdo a los resultados obtenidos con los 2 grupos de la asignatura de costos históricos, los 30 alumnos participaron en su totalidad con las estrategias implementadas, fueron atractivas a los jóvenes, lo cual les auxilio en la generación del conocimiento académico, los estudiantes poseen diversas maneras de apropiarse del conocimiento de acuerdo a su estilo de aprendizaje [6].

La experiencia de tener la clase fuera del aula y estar en la biblioteca para realizar la consulta solicitada, fue novedoso aunado a lo anterior se les enseñó a buscar por si mismos los diversos libros en los que podían realizar la consulta del material que se les encargo, debido a que se levantaban de su lugar y buscaban la información en los textos académicos y evitaron hacerlo en internet que es la forma en que trabajan la mayoría de las veces, otro punto importante fue el cambio de trabajar en las mesas y no en su butaca, sobre todo por el espacio que tenían para escribir, una de las propuestas al concluir esta actividad, fue la sugerencia de cursar toda la materia en la biblioteca en lugar del aula de clases programada para ello, las IM trabajadas en esta estrategia, fueron, la visual-espacial cuando escogieron el lugar donde iban a trabajar en la biblioteca, al trasladarse a la biblioteca y buscar el material bibliográfico la cinestésica, la lógico matemática al hacer el análisis grupal de la consulta, la interpersonal cuando convivieron en la biblioteca en las mesas, la lingüística en al aula al participar en el análisis, en la biblioteca al comunicarse entre ellos, la naturalista al dejar limpio su lugar de trabajo.

Al presentarles la forma de trabajo fue recibida satisfactoriamente, sobre todo que tenían que resolver varios casos, los ejercicios del rompecabezas ayudaron a facilitar el aprendizaje, en la elaboración de los estados financieros contemplados en ella, los estudiantes refirieron, no sentirlo como una carga, debido a que fue una actividad lúdica, al tener que acomodar las cuentas y cantidades los reportes contables, al momento de hacer el análisis de cómo van integrándose los rubros y al resolver los ejercicios que se les entrego todo este conjunto de actividades ayudó para aprender el conocimiento requerido, los jóvenes refirieron que les resultó divertido acceder al

conocimiento con esta actividad. Refiere [7]) el cerebro tiene como función analizar, cuestionar e interactuar con el medio ambiente satisfactoriamente, en esta estrategia se trabajaron las siguientes IM, intrapersonal al resolver individualmente los estados financieros, en el mismo tenor la lógico matemática, la visual-espacial al momento de acomodar correctamente cada cuenta, cada estudiante puso la música de su agrado con el teléfono al momento de resolver los ejercicios.

Los alumnos demostraron facilidad para elaborar los estados financieros a lo largo del semestre, ya que en las unidades subsecuentes se vuelven a ver el tema, se solucionan ejercicios referentes al costo y se termina elaboran el estado de costo de producción y ventas, los jóvenes lo hicieron sin dificultad por la experiencia obtenida en la estrategia del rompecabezas así como la acreditación de las unidades.

La estrategia cocina y costea, al momento de plantearles la dinámica del proceso, les causó una gran incertidumbre de cómo podrían unir algo tan cotidiano con lo académico, sin embargo, al seguir el orden de los pasos, comprar ahí buscaron cual tienda les ofertaba más barato y de buena calidad para tener un costo bajo pero un producto de buena calidad, cocinar algunos no les resulto difícil sin embargo hubo otros estudiantes con poca experiencia en ello y escogieron, hacer el listado de lo que compraron y poner el costo fue sencillo, no obstante, para elaborar el estado de costo de producción y ventas, comenzaron las dificultades, se les tuvo que auxiliar de la siguiente manera, se puso dicho informe contable en el pizarrón sin números solo el formato, luego con los datos de una persona se llenó cada rubro, y de esta manera con el ejemplo pudieron elaborarlo, cabe hacer mención que muchos lo entregaron mal y se les tuvo que auxiliar de forma personal para la corrección, la inteligencia sigue una serie de pasos que utiliza las aptitudes y fortalezas de la persona para resolver dificultades cada vez que se presenten de forma eficaz [8], los conocimientos adquiridos a lo largo del semestre fueron base para que el joven pudiera solucionar el reto planteado en esta estrategia. Le encontraron sentido práctico a todo el semestre, al vincular los conocimientos escolares en su vida diaria, véase la figura1.

Las IM en este trabajo, cinestésica al ir a comprar los ingredientes así como al elaborar la comida y limpiar la cocina, lingüística al momento de pagar, al hacer los alimentos y servir la comida, la lógico-matemática cuando indagaron sobre los costos y escogieron los más baratos, interpersonal al pensar que menú elaborarían, la musical cuando cocinaron comentaron que estuvieron escuchando música y por último la naturalista al asear la cocina cuando terminaron de comer. Las diversas actividades y proyectos de enseñanza deben planearse en las diferentes inteligencias. [9]

Efecto de las estrategias

Los estudiantes que acreditaron la materia, en un grupo fueron de 98% y en el otro 87%, la última estrategia fue un proyecto en el cual se vincularon concepciones con praxis, los jóvenes al presentarlo pensaron que estaba fuera de sus capacidades no obstante lo pudieron llevar a cabo, y es en la que expresaron mayor satisfacción al analizar cómo lo cotidiano se puede unir con lo académico, no obstante las actividades anteriores, como el rompecabezas para aprender a elaborar los estados financieros, les fue un instrumento para analizar la secuencia que llevan para determinar los resultados de ellos, los jóvenes lo percibieron como un juego, otro punto positivo, fue trabajar en la biblioteca, la experiencia la disfrutaron. Hubo grandes resultados de acreditación en los 2 grupos, los jóvenes acreditaron la asignatura con un promedio global de 90.

 ISSN 2007-8102



Figura 1. Evidencia de un estudiante de la estrategia cocina y costea de un estudiante.

Trabajo a futuro

El reto de mejorar las estrategias y diseñar más para optimizar los resultados de aprendizaje de los estudiantes de esta asignatura, con la finalidad de una vinculación de lo académico y lo cotidiano les sea posible visualizar, así como elaborar proyectos didácticos para otras materias.

Conclusiones

Al diseñar y aplicar estrategias didácticas para la asignatura de costos históricos, se tuvieron los siguientes resultados: los alumnos realizaron las actividades programadas para ayudarlos a desarrollar sus habilidades, resolvieron tanto ejercicios lúdicos como proyectos de la vida cotidiana vinculándolos con lo académico, llevaron a cabo una actividad que involucraba cocinar y elaborar estados financieros con los números de la venta del platillo preparado por ellos, es decir, la unión con las aprendizajes académicos de la materia con su diario vivir, pudieron constatar que los conocimientos escolares están dentro de sus prácticas comunes, además de conocer el impacto por medio de estados financieros de lo que realizan día a día, conocer su cotidianidad expresada en dinero. Es importante mencionar, el trabajo solicitado en cada plan estratégico estuvo basado en IM, otro dato para resaltar es el gran porcentaje de acreditación que se presentó en ambos grupos. En resumen, al trabajar con la última estrategia, fue mucho más fácil y práctico conocer que sus concepciones escolares forman parte de su vida habitual. Esto fue llamativo al estudiante, y alentador al docente para seguir el trabajo de estrategias didácticas al ver los resultados tan satisfactores.

 ISSN 2007-8102

Referencias

[1] P. Frola y J. Velásquez , Estrategías Didácticas por Competencias Diseños eficientes de intervención pedagógica, México: CIECI, 2011.

[2] R. Feo, «Orientaciones básicas para el diseño de estrategías didácticas,» *Tendencias Pedagógicas,* pp. 220-236, 2010.

[3] I. Rivero Cárdenas, M. Gómez Zermeño y R. F. Abrego Tijerina, «Tecnologías educativas y estrategias didácticas: criterios de selección,» *Revista Educación y Tecnología,* vol. 3, pp. 190-206, 2013.

[4] W. Miguel Hernández, S. . Y. Ángeles Guevara y O. d. J. Aquino López, «¿Cómo aprendo a través de los estilos de aprendizaje?,» *Ra Rió Guendaruyubi,* vol. 2, nº 6, pp. 16-24, 2019.

[5] H. Gardner, Inteligencias Múltiples La teoría en la práctica, Barcelona: Paidos, 2013.

[6] L. Silva-Carmona, «Los estilos de aprendizaje, ¿una clasificación individual o social?,» *Ra rió Guendaruyubi,* vol. 2, nº 6, pp. 6-15, 2019.

[7] M. C. Coca Pereira, «¿Cómo se desarrolla la inteligencia humana?,» *Critica,* nº 993, pp. 19-23, 2014.

[8] E. Chura Luna, «Bases epistemológicas que sustentan la teoría de las inteligencias múltiples de Howard Gardner en la pedagogía,» *Revista de investigaciones de la escuela de posgrado,* vol. 8, nº 4, pp. 1331-1340, 2019.

[9] M. d. M. Muñoz Prieto y M. J. Ayuso Manso, «Inteligencias Múltiples, ¿ocho maneras diferentes de aprender?,» *Escuela Abierta,* pp. 103-116, 2014.

Pertinencia de las especialidades en la carrera de Ingeniería Mecánica. Tecnológico Nacional de México, Campus Puebla.

J.L.Valencia Ramos[1], S.G.Negrete fuentes[2], M.A.Meraz Melo[3], I.Munive González[1], G.Mazahua González[4]

[1]Departamento de Ingeniería Mecánica. [2]Departamento de Ciencias Económico-Administrativas. [3]División de estudios de Posgrado e Investigación. [4]Departamento de Ingeniería Industrial. Instituto Tecnológico de Puebla. Av. Tecnológico 420. Col. Maravillas. C.P. 72210.Puebla, Puebla, México
ilvaletore@hotmail.com

***Área de participación**: Investigación Educativa*

Resumen

El propósito de este estudio exploratorio fue identificar las tendencias y relaciones potenciales de los indicadores vinculados con la pertinencia de los módulos de especialidad de la carrera de Ingeniería Mecánica en el Instituto Tecnológico de Puebla. El enfoque metodológico tiene como base el tratamiento ecléctico de información cuantitativa e información cualitativa para explicar e interpretar el posible desfase entre el currículo formal y el currículo real. Dicho enfoque se aplicó a las residencias profesionales realizadas por los estudiantes en el período de 2016 a 2019. Como un resultado importante se identificó la tendencia del módulo de especialidad en Diseño sustentable de procesos productivos. Con base en las tendencias identificadas, relacionadas con aspectos de pertinencia social, la propuesta de un módulo interdisciplinario en Innovación Tecnológica para las carreras de Ingeniería del Instituto se encontró pertinente.

***Palabras clave**: Pertinencia, especialidades, Ingeniería Mecánica.*

Abstract

The purpose of this research was to identify trends and potential relationships of indicators linked to the relevance of the specialty modules of the Mechanical Engineering program at the Instituto Tecnológico de Puebla. The methodology used is basically an eclectic treatment of quantitative and qualitative information to explain and interpret a possible gap between real and formal curriculum. The research refers to the professional internships accomplished by the students in the period from 2016 to 2019. Trending identification of the specialty module on Sustainable Design of productive processes was an important outcome. Other trending related with social relevance shows that an interdisciplinary specialty module offered for Institute´s engineering programs and focused on Technological Innovation is relevant.

***Key words**: Relevance, specialties, Mechanical engineering.*

Introducción

En el diseño curricular, la pertinencia del programa educativo es uno de los aspectos que debe justificarse como requisito indispensable para la oferta de un plan de estudios. La pertinencia social en la educación superior, descrita por Tünnnermann [1] como: “el deber ser de las instituciones o la imagen deseable de sí mismas. Un deber ser, ligado a los grandes objetivos de la sociedad en que están insertas para superar sus necesidades y carencias”, es adoptada como guía por la Asociación Nacional de Universidades e Instituciones de Educación Superior (ANUIES), para declarar:

> .. en el ámbito de los planes y programas de estudios, la pertinencia social se evidencia en la coherencia que existe entre los objetivos y los perfiles terminales establecidos en los mismos con las necesidades prevalecientes en el ámbito de influencia de la institución educativa, con el mercado de trabajo o con los proyectos de desarrollo local, regional o nacional [2].

Se relaciona entonces a la pertinencia con las capacidades adaptativas y evolutivas de un programa educativo para responder a las condiciones derivadas de las demandas socioeconómicas de un entorno cambiante. Para la ANUIES, uno de los cuatro retos en su visión y acción hacia 2030 es: "mejorar la pertinencia de la oferta educativa y realizar cambios en los modelos educativos tradicionales con que aún operan amplios segmentos de la educación superior" [2]. En el Tecnológico Nacional de México (TNM), los módulos de especialidad (ME) de las carreras son espacios del plan de estudios que se diseñan con el propósito de desarrollar, en los estudiantes, competencias para responder a esas demandas. En el diseño de los ME, deben considerarse los contextos regional, nacional y global. En adición, las residencias profesionales (RP) son estrategias educativas, de carácter curricular, para involucrar a los estudiantes en la solución de problemas específicos de la realidad social y productiva [3]. Bajo el supuesto que los proyectos de residencia profesional corresponden a una demanda real del entorno productivo y/o social, debe haber una correspondencia entre las áreas de ocupación de los residentes y las áreas de formación académica definidas por los ME. En este trabajo se propone que esta correspondencia sea un indicador importante de la pertinencia de los ME. Mediante este estudio se exploran posibilidades para una evaluación de corte cualitativo, de algunos aspectos del currículo; por lo que se ubica como un elemento complementario de la normatividad institucional.

Los módulos de especialidad ofrecidos en el período de análisis, para la carrera de IM en el Instituto Tecnológico de Puebla (ITP), son: Diseño Sustentable de Procesos Productivos y Mecatrónica. En la tabla 1 se muestran las materias y competencias correspondientes como un referente para lo que se describe después.

Tabla 1. Materias y competencias de los módulos de especialidad para IM en el ITP [4].

	Diseño Sustentable de Procesos Productivos	**Mecatrónica**
MATERIAS	• Energía y Sustentabilidad • Ingeniería Asistida por Computadora • Ingeniería Concurrente • Mantenimiento Productivo Total • Manufactura Esbelta	• Adquisición y procesamiento de señales • Control de procesos • Controladores Lógicos Programables • Ingeniería Asistida por computadora • Robótica Industrial
COMPETENCIAS	• Minimizar el consumo de recursos (materiales, agua, energía), para reducir el impacto global durante el ciclo de vida de los productos-servicios y fomentar al máximo la reutilización y el reciclaje, así como modificar las pautas de consumo. • Desarrollar productos, servicios y sistemas de producción nuevos y mejorados, avanzados, eficientes, seguros, de mayor calidad y mayor valor añadido. • Fomentar la colaboración entre empresas para incorporar nuevas tecnologías y afrontar desarrollos que superen su capacidad individual.	• Diseñar, construir e implantar productos y sistemas mecatrónicos para satisfacer necesidades emergentes, bajo el compromiso ético de su impacto económico, social, ambiental y político. • Generar soluciones de aplicación de la ingeniería mecatrónica basadas en la creatividad e innovación. • Aumentar la competitividad de las empresas a través de la automatización de aquellos procesos que coadyuven al incremento de la productividad y la confiabilidad de estos. • Diseñar, seleccionar e integrar dispositivos y máquinas mecatrónicas, tales como: robots, tornos de control numérico, controladores lógicos programables, computadoras industriales, entre otros, para el mejoramiento de procesos industriales de manufactura. • Ser líder en equipos de trabajo para el desarrollo de proyectos inter y multidisciplinarios, y entender el proceso ético para tomar soluciones que tomen en cuenta el cuidado al medio ambiente y la sociedad.

Objetivo del estudio

Identificar tendencias y relaciones potenciales de indicadores vinculados a la pertinencia de los Módulos de especialidad de la carrera de Ingeniería Mecánica en el Instituto Tecnológico de Puebla, con base en las características de los proyectos de residencia profesional realizados en el período 2016-2019.

Metodología

Al considerar la escasez de experiencias institucionales previas, después de una revisión de diferentes enfoques de evaluación curricular [5-11], se consideró adecuado adoptar como guía para este estudio, el modelo de evaluación curricular para el nivel superior propuesto por Ruiz Larraguivel [11]. De acuerdo con este modelo, el enfoque metodológico que se requiere, para el estudio de la consistencia interna de un plan de estudios en su dimensión real, está basado en:

> … el tratamiento ecléctico que permita complementar información cualitativa con datos cuantitativos expresados en estadísticas e indicadores, y con ello, determinar explicaciones e interpretaciones sobre el posible desfasamiento que puede haber entre las dimensiones formales y reales del currículo" [11].

En este enfoque se propone al plan de estudios como la *traducción* académica de una visión de la profesión, del conocimiento científico y de la educación. El nivel de análisis que denomina *lógica de traducción*, cuando se refiere a la consistencia externa del plan de estudios, requiere de: la consulta de la normatividad académica, la estadística escolar y entrevistas en profundidad con profesionistas expertos en el campo de la profesión. Desde una perspectiva cualitativa, propone que la validez interna y la credibilidad en los resultados se deriva de condiciones como: el trabajo prolongado en un mismo lugar y la observación persistente del investigador, el juicio crítico de expertos ajenos, la triangulación (datos, personas, métodos) y de la comprobación de resultados con los participantes. Se estimó que las condiciones mencionadas corresponden a las capacidades disponibles para este trabajo. Aunado a lo anterior, el modelo se ofrece *parcialmente construido* debido a que los datos y materiales por recopilar son de naturaleza subjetiva, dinámica y cambiante Esta característica del modelo, y su enfoque cualitativo, lo hace particularmente atractivo, por sus posibilidades para una adecuación al contexto local.

La información estadística empleada corresponde a datos sobre: nombre del proyecto de residencia profesional, nombre de la empresa en la que se realizó el proyecto y nombre del asesor interno, de todos los proyectos de residencia profesional, desde el segundo semestre de 2016 hasta el primer semestre de 2019. Se hizo la propuesta de una categorización de los proyectos de RP en áreas generales de ocupación de la IM. Se identificaron las materias cuyos contenidos se relacionan con el soporte teórico necesario para el desarrollo de cada proyecto y se identificaron también, tendencias en la actividad profesional que no están incluidas en el programa de estudios vigente. Se enumeraron las competencias profesionales principales, del perfil de egreso, aplicadas en cada proyecto. Se hizo un análisis de frecuencias de las áreas de ocupación, de los contenidos y de las competencias relacionadas con los proyectos de residencia profesional para el periodo de estudio. Se propusieron indicadores de la orientación de la oferta-demanda de los proyectos de RP, tales como: número de proyectos de residencia por área de aplicación, número de proyectos de residencia por empresa por período, número de proyectos de residencia por empresa por asesor interno. Se consultó la opinión de profesores de tiempo completo que fungieron como asesores de residencias y se consultó la opinión de residentes acerca del desarrollo de estas, mediante el formato de entrevista abierta. Finalmente, se hizo el análisis de la información para identificar tendencias y relaciones potenciales de indicadores vinculados a la pertinencia de los Módulos de especialidad y a la eficiencia del programa de residencias profesionales.

Resultados y discusión

Análisis de la información relacionada con proyectos de residencia

Para la categorización de los proyectos de residencia se propusieron áreas de ocupación de la Ingeniería Mecánica en correspondencia con la departamentalización de las empresas ofertantes de proyectos de residencias. La categorización tiene un componente semántico dado que la ubicación de cada proyecto en estas áreas se infirió a partir del título de este. Otras características del proyecto, tales como la relación de los proyectos con las materias de los módulos y con las materias del plan de estudios general, se infirieron de la misma manera. En la tabla 2 se muestra un ejemplo, del resultado de la aplicación de estos criterios, al reporte de una residencia.

Tabla No. 2. Categorización de proyectos de residencia. Ejemplo.

NOMBRE DEL PROYECTO	EMPRESA	AREA DE OCUPACIÓN	MÓDULO	COMPETENCIAS	MATERIAS SOPORTE (MÓDULO)	MATERIAS SOPORTE (GENERAL)
Implementación de un plan de mantenimiento preventivo a una maquina dobladora de tubos ca 520	Técnicas de fluidos S.A. de C.V.	Mantenimiento	Diseño Sustentable de Procesos Productivos	Desarrollar productos, servicios y sistemas de producción nuevos y mejorados, avanzados, eficientes, seguros, de mayor calidad y mayor valor añadido.	Mantenimiento Productivo Total	Mantenimiento. Diseño Mecánico. Sistemas e instalaciones hidráulicas.

 ISSN 2007-8102

Los datos correspondientes al número de proyectos de RP realizados, en el período comprendido del segundo semestre de 2016 al primer semestre de 2019, se muestran graficados en la figura 1. Se observa en los datos, un promedio de 60 proyectos emprendidos en cada semestre, con una situación atípica en el primer semestre de 2018, en el que se asignaron 98 residencias.

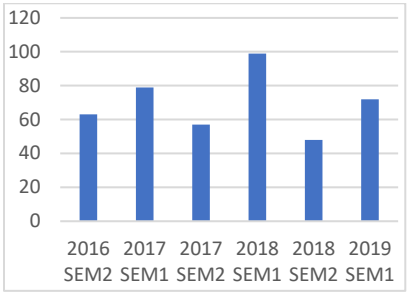


Figura 1. Número de proyectos de residencia realizados por semestre

Conforme a la clasificación propuesta, por el número de proyectos de residencia en cada área de ocupación, se advierte en la figura 2, que los proyectos referidos a Administración de procesos y al Mantenimiento son los más frecuentes, seguidos por los correspondientes al Diseño. El número de proyectos en las áreas de Manufactura y Automatización muy por debajo de las anteriores y en último término, el número de proyectos de Investigación. Esta tendencia no tuvo variación en cada uno de los períodos y en el resumen general.

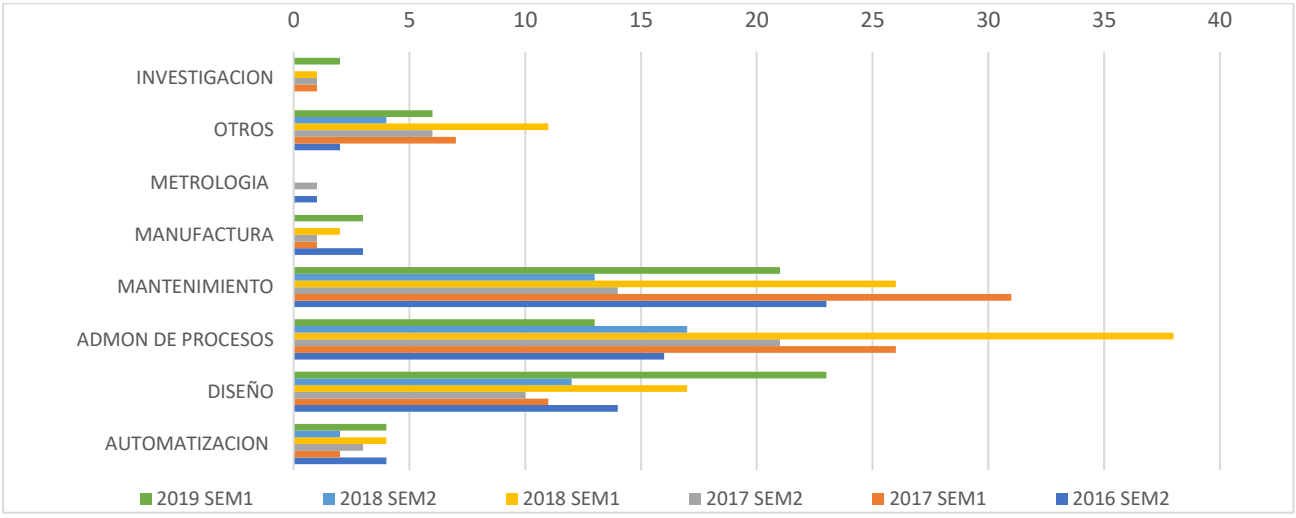


Figura 2. Número de proyectos de residencia por área de ocupación y por período.

De acuerdo con los datos obtenidos, las competencias requeridas para llevar a cabo los proyectos coincidieron con mayor frecuencia con las competencias y materias declaradas para el módulo de especialidad denominado Diseño Sustentable de Procesos Productivos. Para el módulo de Mecatrónica, la coincidencia es baja, por número de proyectos, con respecto al total.

Funcionamiento del programa de residencias profesionales.

a). Los proyectos revisados se ubican en una amplia mayoría en los sectores: social y productivo de bienes y servicios, en actividades de mantenimiento y administración de procesos y aunque hay una participación importante en el diseño y construcción de equipo, el involucramiento de los estudiantes en proyectos de innovación y desarrollo tecnológico es mínimo. La participación de los residentes en el Evento Nacional de Innovación Tecnológica, en los veranos científicos, en proyectos propuestos por la academia, en proyectos Integradores y en proyectos bajo el enfoque de educación dual no fueron una opción ofrecida, ni demandada, en forma notable. Los estudiantes localizan sus proyectos de residencia por gestión propia en el 80% de los casos.

b). Se identifican 2 modalidades en la oferta de proyectos de residencia. La primera, con proyectos que ofrecen las empresas para mejorar su productividad y la segunda, con proyectos que ofrecen compañías “outsourcing” para cumplir sus contratos. Cuando el estudiante encuentra un proyecto a través de una empresa de servicios de ingeniería, no siempre están claros los compromisos que adquiere. Generalmente estas empresas no tienen como intención prioritaria contratar a los residentes, sino sacar adelante un proyecto contratado. Como ejemplo de agencia buscadora de empleo se ubicó a Control Gerencial de Personas S.A. de C.V. (Evolucione).

c). En los Estados Unidos de América, en Inglaterra y en otros países de la Comunidad europea, las condiciones de la estancia de un estudiante en una empresa, ya sea como *aprendiz* o como *interno/pasante* (apprenticeship, internship) están definidas con claridad, tanto en la remuneración como en el propósito [12,13]. En esos lugares la vinculación escuela-empresa es sólida y soporta al sistema de estancias. Entre las empresas que aceptan estudiantes de IM del ITP para RP, a menudo el concepto de vinculación como: *desarrollo de actividades con la empresa*, se interpreta como: *desarrollo de actividades para la empresa*. Algunos empresarios se perciben más como empleadores potenciales que como socios estratégicos del Instituto. Una desviación al proceso de RP puede originarse si el estudiante se convierte en un *trabajador* que debe, además, desarrollar un proyecto de residencia profesional. Esta situación puede ocurrir sin remuneración o con una remuneración simbólica para el estudiante. Sin asesoría oportuna y con argumentos como: *estás aprendiendo* ó *debes ganarte el puesto*, el residente puede aceptar esta situación como normal. Es frecuente que los residentes manifiesten dificultades para asistir a entrevistas con su asesor interno, por *no contar con el permiso de la empresa* o que tengan retrasos en la entrega de sus reportes parciales, por *tener mucho trabajo*. La contratación del residente, durante el período de residencia, no es rara. Tampoco es raro que la contratación modifique la prioridad del proyecto de residencia tanto para la empresa como para el estudiante y que genere las mismas dificultades señaladas. Las situaciones generadas por estas circunstancias, que no están contempladas en la normatividad, se resuelven generalmente atendiendo a la buena voluntad de los involucrados.

d), Los convenios de colaboración de las empresas con el ITP son concertados con los directivos, no con los asesores externos. No se cuenta con forma de garantizar en todos los casos, que un asesor externo conozca las condiciones en que deben desarrollarse las actividades del estudiante. Por otra parte, de acuerdo con el lineamiento del proceso de RP, el asesor interno debe: “*tener las competencias profesionales acordes al proyecto que se le asigne*” [5]. Sin un lineamiento adicional a este, no hay limitantes ni en el nombramiento ni en la especialidad de un profesor contratado por el Instituto, para que sea asesor interno. Los profesores que participan como asesores internos en los proyectos de residencia no necesariamente son los profesores a cargo de los cursos de los ME. Se considera que, en teoría y por la proporción numérica de proyectos y profesores, todos los profesores son aptos para asesorar todos los proyectos presentados. El criterio de asignación de asesor interno se basa fundamentalmente en la solicitud del estudiante para un determinado profesor. Es básicamente un asunto de afinidad. El promedio de residencias asignadas a los profesores de tiempo completo es 4 y el promedio para los demás profesores es 2. La planta docente atiende a una población mayor a 1200 estudiantes y su número es variable, de acuerdo con la demanda de materias por semestre y está compuesta en promedio por 27 profesores, de los cuales 12 son de tiempo completo. Está pendiente por definir el número idóneo de residencias profesionales que puede atender adecuadamente un profesor de tiempo completo.

e). Se revisaron los criterios para dictaminar la relevancia de un proyecto de RP con fines de titulación integral. De acuerdo con la normatividad, la calificación obtenida aplicando los formatos de evaluación y seguimiento de residencia profesional [5, anexo XXIX], es el parámetro que indica si el estudiante puede acceder a la titulación integral. El formato puede cuestionarse en sus propósitos y en su forma. Por ejemplo; sin una visita a la empresa y/o una entrevista con el asesor externo, el asesor interno no cuenta con elementos para valorar adecuadamente si el estudiante “*trabaja en equipo, es dedicado y proactivo en las actividades encomendadas*” en el proyecto asignado. Y aun cuando observe el desempeño, quedan pendientes los criterios para asignar una calificación. De acuerdo con la información recabada en entrevistas, un aspecto importante que en las empresas se toma en cuenta para la asignación de un proyecto, es la percepción que el estudiante tiene acerca del dominio de sus competencias. Esta condición, relacionada con la habilidad del estudiante para tomar decisiones por cuenta propia, forma parte de un conjunto de aspectos cualitativos que no son evaluados o valorados en forma sistemática, en relación con el desempeño del estudiante en la residencia. El estudiante solo es evaluado psicométricamente al ingresar al programa.

f). Otros aspectos que pueden aportar información importante, sobre la eficiencia y el impacto del programa de RP, pueden ser: la relación entre el aprovechamiento académico de los estudiantes y el tipo de proyecto asignado y el registro sistematizado de las reducciones significativas, en costos y/o en tiempos de procesado para las empresas, que se advierten en varios proyectos.

Revisión de tendencias

La revisión documental se enfocó a: tendencias curriculares, tendencias en Innovación y desarrollo tecnológico, perfil de egreso y modelos de formación de ingenieros y aspectos socioeconómicos del estado de Puebla. Se describen enseguida los aspectos considerados como más relevantes.

a). En la propuesta de un Modelo de Formación para los Ingenieros Mexicanos, la Comisión Técnica Consultiva de Ingeniería de la Dirección general de Profesiones [9] reconoce que:

> …En el campo laboral de los ingenieros se encuentran dos grandes vertientes: ingenieros de diseño e ingenieros de gestión. Los primeros dedican su conocimiento y talento a buscar cómo hacer mejor las cosas, a innovar, desarrollar, solucionar problemas y generar. Los segundos dedican su conocimiento y experiencia a dirigir proyectos, personas, equipos de trabajo y empresas, es decir, hacer que las cosas pasen [9].

El reconocimiento de dos vertientes de desempeño profesional no ha sido un elemento de peso en la propuesta de la mayoría de los programas de ingeniería en la educación pública. En el diseño curricular de estos programas no se cuestiona si la formación de un ingeniero de gestión deba ser igual a la de un ingeniero de diseño o a la de un investigador. La tendencia ha sido incluir en un solo plan de estudios los requerimientos de todas las vertientes. Probablemente uno de los factores que influyen en la propuesta de perfiles de egreso complejos, sea la intención de atender a estos requerimientos. En este panorama, los módulos de especialidad en los planes de estudio, podrían ser una acción remedial para orientar la formación hacia una de las vertientes y posibilitar la inserción del egresado en un entorno profesional más acorde a sus competencias y preferencias. Un módulo de especialidad puede proponerse con una intención proactiva, generando profesionistas que promuevan cambios en las capacidades tecnológicas de su entorno.

b). La distribución numérica de los proyectos de residencia analizados sugiere que, la vocación de las empresas ofertantes de proyectos no está relacionada directamente con la innovación o el desarrollo tecnológico. Se resalta que, a pesar de las intenciones declaradas en el plan de estudios, para formar profesionistas con competencias para la investigación y la innovación, en la aplicación real del plan de estudios, el apoyo institucional está orientado hacia la formación denominada “profesionalizante”. En el TNM se han se destacado las bondades del enfoque de formación dual derivadas de la estancia de los estudiantes en un proceso productivo [14], pero apenas se mencionan los posibles beneficios de una formación dual basada en la estancia de los estudiantes en centros de investigación. Se da por hecho que es mínimo el porcentaje de estudiantes que adoptarían la investigación como una opción terminal y se considera que la participación en los veranos científicos sería suficiente para la formación en investigación de los estudiantes interesados. Del análisis del programa de estudios, es notable la inclusión de tres cursos enfocados a desarrollar competencias para la investigación y uno para el desarrollo de proyectos y que solo 2 de los 15 rasgos del perfil de egreso están relacionados directamente con investigación y/o innovación. Si el propósito de este arreglo curricular es promover la actividad de investigación como un ejercicio profesional de los egresados, parece que debiera revisarse este planteamiento.

c). El TNM hizo una “Evaluación del modelo educativo del siglo XXI” en 2017 [15], con la finalidad de obtener criterios que le permitieran fundamentar el diseño y desarrollo de un nuevo modelo educativo. La orientación de la evaluación, “por motivos de tiempo y de disponibilidad de los respondientes”, fue hacia 11 programas ofrecidos por el TNM, considerados los más representativos del sistema y entre los cuales no figuró IM. El programa con características más parecidas a las de IM, incluido en la muestra, fue el de Mecatrónica. Destaca el alto nivel de satisfacción de los directivos con respecto a: el modelo, el liderazgo que se lleva a cabo, y la gestión por procesos. En los resultados obtenidos, los empleadores y los egresados coinciden en la necesidad de fortalecer la formación de competencias profesionales relacionadas con: liderazgo, trabajo en equipo, dominio del idioma inglés y toma de decisiones. En adición, los empleadores proponen: emprendimiento, aplicación de las TIC, innovación, actitud proactiva, gestión de la planeación y mejora de las prácticas orales y escritas, entre otras competencias por atender. En la propuesta resultante, destaca la referencia a la Confederación Patronal de la República Mexicana al proponer la filosofía inspiradora de un sistema educativo y de los modelos educativos [16]. El Nuevo Modelo Educativo del TNM establece como referentes básicos los 6 ejes enumerados en la tabla 3 [17]:

Tabla 3. Ejes referentes del nuevo modelo educativo del TNM [17]

Eje 1. El Egresado como agente de Cambio. Eje 2. Académico: Múltiples entornos de aprendizaje. Eje 3. Investigación, Innovación y Emprendimiento.	Eje 4. Fortalecimiento del Profesorado. Eje 5. Inclusión y Equidad. Eje 6. Gestión y Gobernanza.

d). La propuesta del nuevo modelo educativo del TNM se apoya en la corriente denominada "tercera misión" en la educación superior. Esta corriente surgió en el Reino Unido a finales del siglo pasado, en el ámbito académico y en el Sistema de Ciencia y Tecnología, como una corriente crítica y revisora del papel tradicional de las Universidades y la Comisión Europea se incorporó a la propuesta derivada de esta corriente [18]. Gerardo Sánchez y José Balbuena, docentes de la Universidad Nacional Autónoma de México, mencionan:

> … la tercera misión trasciende el ámbito trivial de la simple comercialización de los productos del conocimiento y emerge como potencializadora de las fortalezas de la docencia y la investigación en la formación de capital intelectual cuya cualificación es perceptible en la investigación aplicada y en sus resultados. [19]

Como contribución a este movimiento en España, Eduardo Bueno Campos [18] propone facultar a las universidades para dirigir, el proceso de transferencia del conocimiento tecnocientífico hacia la generación de innovación, a través de la formación de los agentes promotores de innovación. Estos agentes serían técnicos en Investigación y Desarrollo y actuarían como gestores y asesores técnico-científicos para la creación y desarrollo de la cultura científica y de innovación que se requiere en la sociedad actual

e). De acuerdo con los datos del Censo Económico de 2014 sobre el personal ocupado [20], en la estructura productiva de Puebla dominaba la actividad comercial con el 34.4%, seguida muy de cerca por los servicios privados no financieros con el 32.2% y, algo más atrás, por las manufacturas con el 27.5 %. De acuerdo con el Reporte sobre la Complejidad Económica del Estado de Puebla de 2017, estas proporciones no ha variado significativamente [21, 22]. La escasa diversificación en las actividades económicas y su concentración mayoritaria en la capital del estado son condiciones que ralentizan el desarrollo económico. La principal actividad económica depende de un mercado que ha dejado de ser previsible en los últimos años. Atendiendo a la diversidad, más del 65% de las exportaciones en el estado son productos de la industria automotriz. El resto de las exportaciones corresponde a bienes cuya transformación generalmente no requiere de alta tecnología. Se reconoce la urgencia de una transformación en la estructura productiva de la entidad. Depender de una sola actividad económica es un riesgo que conviene evitar. En la actualidad, la diversificación encuentra como principal carencia a las capacidades limitadas para producir bienes tecnológicamente complejos y competitivos a nivel global. Una tecnología nacional tendría demanda en el aprovechamiento de recursos subexplotados actualmente o en la innovación en los procesos atendiendo a criterios de sostenibilidad [22].

f). Los datos de la Alianza para la Formación e Investigación en Infraestructura para el Desarrollo de México, AC (Alianza FIIDEM) muestran que Mecatrónica e Ingeniería Industrial son las dos carreras con mayor sobreoferta actualmente y en las proyecciones a 2025. Es alto el porcentaje de egresados de Mecatrónica empleados en otras áreas afines. La única entidad federativa con déficit de ingenieros mecatrónicos es Colima [23]. De acuerdo con Cuervo [24], una parte de la problemática de sobreoferta y subempleo de los egresados está relacionada con el desconocimiento de la filosofía subyacente en esta actividad. La estrategia nacional recurrente para mejorar la productividad consiste en automatizar procesos manuales. Suponer que la automatización es la tarea principal de los Ingenieros mecatrónicos, es parte de una visión parcial y limitada del potencial de esta actividad. Puede haber innovación en un proceso sin requerir automatización. El caso inverso también es posible. La problemática expresada en el "Diagnóstico y prospectiva de la Mecatrónica en México" encargado por la Secretaría de Economía a la Fundación para el desarrollo de las nuevas tecnologías (FUNTEC) en 2007 [25], parece seguir vigente.

Trabajo a futuro

Definición de indicadores de eficiencia más cercanos a las condiciones reales del desempeño de los estudiantes. para el proceso de residencias profesionales. Evaluación de la eficiencia del proceso de residencias después de la atención a las oportunidades de mejora. Definición final del modelo de evaluación de la pertinencia de los módulos de especialidad en el ITP. Propuesta de módulos de especialidad pertinentes para el programa de IM del ITP.

Conclusiones

El funcionamiento del programa de RP en el ITP tiene varias oportunidades de mejora que pueden atenderse en el corto plazo. Uno de los resultados del presente trabajo es un listado de recomendaciones para atenderlas. De acuerdo con la información analizada, el módulo de especialidad en Diseño sustentable de procesos productivos tiene mejor respuesta a las demandas del entorno que el módulo de especialidad en Mecatrónica. El número de competencias empleadas para el desarrollo de un proyecto de RP comparado con el número de competencias específicas propuestas en el ME, puede emplearse como indicador de pertinencia del ME. La propuesta de un módulo de especialidad con intención proactiva, alineado con los propósitos del nuevo modelo educativo del TNM y con las características del entorno, debería atender a la necesidad urgente de diversificación de los procesos productivos en la entidad. Un módulo de especialidad interdisciplinario se ajusta mejor a esta intención y es posible proponerlo en el marco de la normatividad del TNM para lograr la sinergia de las capacidades de varios departamentos académicos. Un módulo con estas características estaría enfocado a Innovación y Desarrollo Tecnológicos.

Agradecimientos

A los estudiantes residentes y profesores entrevistados, a la Subdirección Académica y a la División de Estudios Profesionales del Instituto Tecnológico de Puebla, por el apoyo y el aporte de información.

Referencias

[1] C. Tünnermann. “Pertinencia y calidad de la educación superior” en *Seminario Políticas educativas de evaluación de la Educación Superior en América Latina y el Caribe desde el contexto de la pertinencia*. Barranquilla, Colombia: Universidad del Atlántico. 2000.
[2] *Visión y acción 2030. Propuesta de la ANUIES para renovar la educación en México*, México: ANUIES, 2018.
[3] *Modelo Educativo Para El Siglo XXI: Formación y Desarrollo de Competencias Profesionales*. México: Dirección General de Educación Superior Tecnológica, 2012. [En línea]. Disponible en: http://www.dgest.gob.mx/director-general/modelo-educativo-para-el-siglo-xxi-formacion-y-desarrollo-de-competencias-profesionales-dp2. [Accedido: 17-jun-2019]
[4] “Informe de rendición de cuentas”. Instituto Tecnológico de Puebla. México: Informe, 2017. [En línea]. Disponible en: http://www.itpuebla.edu.mx/archivos/transparencia/IRC2017.pdf. [Accedido: 15-jun-2019]
[5] M. Cassarini. *Teoría y Diseño Curricular*. México: Trillas, 2004
[6] A. Diaz. *Ensayos sobre la problemática curricular.* México: ANUIES, 2008.
[7] J.Jarosz y I.Busch-Vishniac, “A Topical Analysis of Mechanical Engineering Curricula”, en *Journal of Engineering Education*, https://doi.orrg/95. 10.1002/j.2168-9830.2006.tb00896.x, 2013
[8] M. Ruiz, *El proceso curricular por competencias: ¿cómo elaborar los referenciales para identificar competencias y elaborar módulos formativos?* México: Trillas, 2008.
[9] *Propuesta de modelo de formación para los ingenieros mexicanos*. Subsecretaria de Educación Superior. Comisión Técnica Consultiva de Ingeniería de la Dirección General de Profesiones. México: 2015. [En línea]. Disponible en: https://www.uv.mx/cq/files/2013/01/Propuesta-de-Modelo-de-Formacion-para-los-ingenieros-mexicanos.pdf. [Accedido: 17-jun-2019]
[10] E. Zanatta,” Tendencias curriculares en los modelos educativos de las universidades públicas estatales” en *Memorias del congreso Nacional de Investigación Educativa. San Luis Potosí 2017*. México: COMIE. [En línea]. Disponible en: http://www.comie.org.mx/congreso/memoriaelectronica/v14/doc/2308.pdf [Accedido: 15-jun-2019]
[11] E. Ruiz, *Propuesta de un modelo de evaluación curricular para el nivel superior: Una orientación cualitativa*. México: Cuadernos del CESU, UNAM.1998.
[12] *Participation of young people in education, employment or training Statutory guidance for local authorities* Deparment of education. England. 2016. [En línea]. Disponible en: https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/561546/Participation-of-young-people-in-education-employment-or-training.pdf. [Accedido: 17-nov-2019]

[13] U.S. Department of State Student Internship Program. [En línea]. Disponible en: https://careers.state.gov/intern/student-internships [Accedido: 17-nov-2019]
[14] *Sistema de Educación Dual. El Sistema de Educación Dual con Formación en Escuela y Empresa. México*. Subsecretaria de Educación Media Superior. México: 2019. [En línea]. Disponible en: http://www.sems.gob.mx/es_mx/sems/modelo_mexicano_formacion_dual. [Accedido: 17-jun-2019]
[15] *Evaluación del modelo educativo del siglo XXI. Formación y desarrollo de Competencias profesionales.* México: Tecnológico Nacional de México, 2017. [En Línea]. Disponible en: https://nme.tepic.tecnm.mx/uploads/documentos/EVALUACION_MES_XXI_FINAL_090219.pdf. [Accedido: 17 nov 2019]
[16] *Modelo Educativo*. *Comisión Nacional de Educación*. México: COPARMEX, 2014.
[17] *Propuesta del Modelo Educativo del Tecnológico Nacional de México*. *Documento de Trabajo*. Tecnológico Nacional de México, 2017. [En Línea]. Disponible en: https://nme.tepic.tecnm.mx/uploads/documentos/0__ME_TecNM_17_08_2018_SIN_VIDEOS.pdf [Accedido: 17 nov 2019]
[18] E. Campos y F. Casani, (2007). "La tercera misión de la Universidad: enfoques e indicadores básicos para su evaluación" en *Economía Industrial*, España: Ministerio de Ciencia y Tecnología. 2007. [En Línea]. Disponible en: https://www.mincotur.gob.es/Publicaciones/Publicacionesperiodicas/EconomiaIndustrial/RevistaEconomiaIndustrial/366/43.pdf. [Accedido: 17-jun-2019]
[19] A. Sánchez y J.Balbuena. "La tercera misión de las universidades: innovación, emprendimiento y compromiso social" en Revista *Universitaria digital de Ciencias sociales* (*RUDICS*). México: UNAM, 2018. [En Línea]. Disponible en: http://virtual.cuautitlan.unam.mx/rudics/wp-content/uploads/2018/08/RUDICSv9n17p61_71.pdf 2018. [Accedido: 17 nov 2019]
[20] *Agenda de Innovación de Puebla*. México: CONACYT. 2017. Resumen ejecutivo. [En Línea]. Disponible en: http://www.agendasinnovacion.org/?p=1529 [Accedido: 17 nov 2019]
[21] *Anuario estadístico y geográfico de Puebla 2014*. México: INEGI. [En Línea]. Disponible en: http://internet.contenidos.inegi.org.mx/contenidos/Productos/prod_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/nueva_estruc/anuarios_2017/702825094973.pdf [Accedido: 17 nov 2019]
[22] G. Castañeda. "Reporte sobre la Complejidad Económica del Estado de Puebla* en *Estudios de diagnóstico. Puebla*. México: SHCP, CIDE, División de Economía, 2017. [En Línea]. Disponible en: https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/310734/PUEBLA.pdf. [Accedido: 17 nov 2019]
[23] FIIDEM. (2018). Estudio regionalizado oferta demanda de las carreras de Ingeniería. México. Alianza para la Formación e Investigación en Infraestructura para el Desarrollo de México, AC. Disponible en: http://www.alianzafiidem.org/pdfs/296906-1-Estudio_regionalizado_de_pertinencia.pdf
[24] V. Cuervo. ¿Realmente estamos haciendo Mecatrónica? en Espacio *I+D Innovación más Desarrollo*,. doi: 10.31644/IMASD.1.2012.a05. 2012
[25] *Diagnóstico y Prospectiva de la Mecatrónica en México*. Estudio sectorial. México: Secretaria de Economía.FUNTEC.CIMAV. 2007 [En Línea]. Disponible en: https://www.economia.gob.mx/files/comunidad_negocios/industria_comercio/Estudios/Diagnostico_Prospectiva_Mecatronica_Mexico.PDF SE. [Accedido: 17 nov 2019].

Diagnóstico de la participación en el ENEIT en estudiantes y docentes del TecNM-Campus Orizaba

M. E. Zepahua Neri[1], E. M. Galán Mireles[2], L. Bretón Partida[1], E. A. Morales Mendoza[1], y A. Pérez Chávez[3]*

[1]Departamento de Ciencias Económico Administrativas, TecNM-Campus Orizaba, Avenida Oriente 9 Núm. 852, Colonia Emiliano Zapata, C.P. 94320 Orizaba, Veracruz México.

[2]Instituto de Ciencias Sociales y Humanidades, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, Carretera Pachuca-Actopan Km 4.6 s/n Col. San Cayetano El Bordo, Pachuca de soto, Hidalgo, México

[3]Estudiante de la carrera de Ingeniería en Gestión Empresarial, TecNM-Campus Orizaba.

**mezepahu@hotmail.com*

***Área de participación**: Investigación Educativa*

Resumen

Este trabajo resume la primera parte del trabajo de tesis para obtener el grado de Doctor en Tecnología e Innovación en la Educación, en la que se presenta el diagnóstico para determinar la pertinencia de desarrollar el tema de tesis: "Estrategia metodológica para elevar el nivel de preparación de los profesores y estudiantes en el Evento Nacional Estudiantil de Innovación Tecnológica ENEIT", este diagnóstico fue realizado en el TecNM-Campus Orizaba entre 180 estudiantes y 90 docentes de las áreas de licenciatura y posgrado sobre el tema del ENEIT; se presentan los resultados de dicha investigación en la que se corrobora la hipótesis establecida de que es el desconocimiento la causa principal por la que no se participa en este tipo de eventos, con lo que se confirma la relevancia y pertinencia para elaborar este trabajo doctoral.

***Palabras clave**: ENEIT, Proyecto, Innovación y Emprendimiento.*

Abstract

This work summarizes the first part of the thesis work to obtain the degree of Doctor of Technology and Innovation in Education, in which the diagnosis is presented to determine the relevance of developing the thesis topic: "Methodological strategy to raise the level of preparation of professors and students in the National Student Event for Technological Innovation ENEIT ", this diagnosis was made at the TecNM-Campus Orizaba between 180 students and 90 teachers from the undergraduate and graduate areas on the subject of ENEIT; The results of this research are presented in which the established hypothesis is corroborated that ignorance is the main cause for not participating in this type of event, thus confirming the relevance and pertinence to prepare this doctoral work..

***Key words**: ENEIT, Project, Innovation and Entrepreneurship.*

Introducción

Hablar del Evento Nacional Estudiantil de Innovación Tecnológica (ENEIT) es referirse al evento magno del Tecnológico Nacional de México, ya que éste busca ser el generador de proyectos disruptivos que aplicando la ciencia y tecnología desarrollen soluciones a las problemáticas del país por medio de la transferencia de la tecnología comercializables que satisfagan las necesidades de un segmento del mercado [1].

La elaboración de este diagnóstico del trabajo de doctorado se justifica debido a los bajos niveles de participación en el ENEIT que tiene tanto en la planta docente como en la comunidad estudiantil del Tecnológico Nacional de México (TecNM); y para ejemplo, se tiene lo acontecido en el último ENEIT fase nacional celebrado en Zacatecas, Zacatecas en noviembre de 2019:

 ISSN 2007-8102

Tabla 1 Porcentaje de participación ENEIT 2019 (Elaboración propia).

	Porcentajes de Participación	
	Indicador Nacional TecNM	**Indicador TecNM-Campus Orizaba**
Estudiantes	0.193%	0.003%
Docentes	1.535%	0.021%

Como se pudo observar en la Tabla 1, el indicador de participación es bajo en la etapa nacional del evento a nivel general de todo el TecNM y si se compara con los valores del Campus Orizaba se obtiene un resultado aún más crítico, lo que infiere la necesidad de poder desarrollar estrategias para poder revertir estos indicadores y hacer de este evento académico una oportunidad real de desarrollar y trasferir tecnología.

Una vez establecidos los datos anteriores, es menester indicar que Tecnológico Nacional de México (TecNM) al ser el sistema de educación superior más grande de Latinoamérica no podía quedar ajeno a la necesidad real de contar con programas educativos que desarrollen un Ecosistema Emprendedor, el cual está fincado en el eje que da visión y dirección al Nuevo Modelo Educativo, [1] que maneja el TecNM que es el de Investigación, Innovación y Emprendimiento, que busca que los jóvenes sean Líderes sociales, Intra-Emprendedores y Empresarios en el que unas de las partes que le componen son:

- Curso Modelo Talento Emprendedor (MTE).
- Evento Nacional Estudiantil de Innovación Tecnológica (ENEIT).
- Centros de Incubación de Empresas del TecNM (CIETecNM).
- Centros de Transferencia Tecnológica.

Enfocándose en el Evento Nacional Estudiantil de Innovación Tecnológica (ENEIT), los proyectos según lo que dice el manual del ENEIT vigente 2019 buscan lo siguiente:

- Propiciar la vinculación con los diferentes sectores de la sociedad.
- Satisfacer las necesidades del entorno a través de proyectos de innovación tecnológica que generen valor agregado y puedan ser comercializables.
- Incentivar el desarrollo y actualización de los participantes.
- Fomentar la aplicación de competencias profesionales genéricas y específicas.
- Contribuir con el aprendizaje constructivista, al desarrollar en los estudiantes las habilidades, hábitos y valores de una formación integral.
- Favorecer la participación multidisciplinaria y el trabajo en equipo.
- Promover la cultura de protección a la propiedad intelectual.
- Difundir en la sociedad los resultados de los trabajos de innovación tecnológica y logros alcanzados en el Tecnológico Nacional de México.
- Potenciar las posibilidades de transferencia tecnológica y comercialización de los proyectos generados en el ENEIT [1]

Como se puede observar con lo arriba indicado, este evento a nivel sistema del TecNM tiene una relevancia muy importante, porque cumple con el objetivo de generar tecnología traducida en productos y servicios que den soluciones a problemáticas de la sociedad; sin embargo, en el ENEIT participa menos de un 1% de toda la población estudiantil y del 1.5% de los docentes según los datos obtenidos del ENEIT fase nacional 2019 [1]. Todo lo anterior trae como consecuencia que se tenga una gran área de oportunidad para poder impulsar tanto en la comunidad estudiantil como en la docente el tema del trabajo doctoral titulado: “Estrategia metodológica para elevar el nivel de preparación de los profesores y estudiantes en el Evento Nacional Estudiantil de Innovación Tecnológica ENEIT”, teniendo como primera fase el estudio Diagnóstico, el cual se presenta a continuación su metodología.

Metodología

Se desarrollará un estudio diagnóstico que tendrá las siguientes características [2]:

Hipótesis

"El desconocimiento es el factor principal que limita el nivel de preparación de los profesores y estudiantes en el Evento Nacional Estudiantil de Innovación Tecnológica ENEIT", la cual es una hipótesis inicial de este trabajo doctoral.

Población y Muestra

El estudio diagnóstico se desarrollará en el TecNM-Campus Orizaba y los sujetos de estudio será la comunidad docente y estudiantil de esta casa de estudios, por lo que a continuación se presentan Tabla 2, 3 y 4 los datos generales de la Población, usando como fuente de información el departamento de Planeación Programación y Presupuestación [3] de esta institución educativa, actualizada al mes de septiembre del año 2019:

Tabla 2 Personal docente del TecNM- Campus Orizaba, 2019 (Elaboración propia).

Personal Docente

	Hom.	Muj.	Total
Total de Docentes de Tiempo Completo	178	88	266
Total de Docentes 3/4 de Tiempo	4	3	7
Total de Docentes de Medio Tiempo	5	2	7
Total de Docentes con Horas de Asignatura	11	8	19
Gran Total	198	101	299

Por lo tanto, el Personal Docente tiene una población de 299 elementos, por lo que se realizará una muestra del 30% con lo que se tendrá una muestra de 90 elementos. n: 90, la técnica de muestreo será No Probabilístico por juicio [4].

Respecto a la Comunidad estudiantil, se tienen los siguientes datos:

Tabla 3 Matrícula estudiantil de Licenciatura del TecNM- Campus Orizaba, 2019 (Elaboración propia).

TecNM- CAMPUS ORIZABA **Datos septiembre 2019**

Matrícula Licenciatura

	Nuevo Ingreso			Reingreso			
	Hom.		Muj.	Hom.		Muj.	Total
Ingeniería en Gestión Empresarial	50		82	194		395	721
Ingeniería Eléctrica	107		11	387		36	541
Ingeniería Electrónica	98		22	333		59	512
Ingeniería en Sistemas Computacionales	134		48	453		171	806
Ingeniería Industrial	148		91	695		447	1381
Ingeniería Informática	39		10	73		50	172
Ingeniería Mecánica	203		24	698		73	998
Ingeniería Química	59		85	242		374	760
Total, Matrícula Licenciatura	838		373	3075		1605	5891

Tabla 4 Matrícula estudiantil de Posgrado del TecNM-Campus Orizaba, 2019 (elaboración propia).

Datos septiembre 2019 [3]

Matrícula Posgrado	Nuevo Ingreso			Reingreso			Total
TecNM-CAMPUS ORIZABA	Hom.		Muj.	Hom.		Muj.	
Maestría en Ingeniería Administrativa	8		2	11		11	32

 ISSN 2007-8102

Continuación de la **Tabla 4**						
Maestría en Ciencias en Ing. Electrónica	6		2	14	3	25
Maestría en Ciencias en Ing. Química	1		2	8	14	25
Maestría en Ingeniería Industrial	2		7	12	10	31
Maestría en Sistemas Computacionales	6		1	13	4	24
Subtotal Maestrías	23		14	58	42	137
Doctorado en Ciencias de la Ingeniería	2		3	24	12	41
Total, Matrícula Posgrado	25		17	82	54	178

Por lo que al ser una población finita [4] se procedió a realizar el cálculo de la muestra dando como resultado una Muestra de 180 elementos. La técnica de Muestreo será Probabilístico o aleatorio en la subdivisión de Muestreo estratificado, dividido de la siguiente manera:

Tabla 5 Técnica de Muestreo Matrícula Estudiantil (Elaboración propia).

Matrícula Estudiantil	**%**	**Elementos de la muestra**
Ingeniería en Gestión Empresarial	11.88%	21
Ingeniería Eléctrica	8.91%	16
Ingeniería Electrónica	8.44%	15
Ingeniería en Sistemas Computacionales	13.28%	24
Ingeniería Industrial	22.75%	41
Ingeniería Informática	2.83%	5
Ingeniería Mecánica	16.44%	30
Ingeniería Química	12.52%	23
Total Matrícula Licenciatura	97.07%	175
Total Matrícula Posgrado	2.93%	5
Gran Total	100.00%	180

Instrumento de recolección de información:

Será una encuesta estructurada: en la de Docentes: se preguntará el Género y edad; por su parte en los Estudiantes: Género y nivel de estudios actual, y posteriormente en cada una de las encuestas se tendrán ocho preguntas: Una abierta y siete cerradas (cinco dicotómicas y dos de opción múltiple), dichos instrumentos fueron validados por medio de un proceso de Pilotaje de manera previa.

Resultados y discusión

Encuesta a Docentes

Sexo	Codificación	Porcentaje
Femenino	32	36%
Masculino	58	64%
	90	100%

Edad	Codificación	Porcentaje
-30	1	1%
31-40	12	15%
41-50	40	44%
51-60	33	37%
Más de 61	3	3%
	90	100%

 ISSN 2007-8102

1.- ¿Ha asesorado alguna vez algún proyecto con alumnos para competir en eventos académicos dentro del sistema de Tecnológico Nacional de México?

	Codificación	Porcentaje
a) Sí	5	6%
b) No	85	94%
	90	100%

2.- ¿Ha asesorado alguna vez algún proyecto con alumnos para competir en eventos académicos externos al sistema de Tecnológico Nacional de México?

	Codificación	Porcentaje
a) Sí	1	1%
b) No	89	99%
	90	100%

3.- ¿Conoce qué es el Evento Nacional Estudiantil de Innovación Tecnológica (ENEIT*)

	Codificación	Porcentaje
a) Sí	38	42%
b) No	52	58%
	90	100%

4.- ¿Ha participado como asesor en el ENEIT?

	Codificación	Porcentaje
a) Sí	3	3%
b) No	87	97%
	90	100%

5.- ¿Qué aspecto considera que hace que la mayoría de los estudiantes de la institución no participen en el ENEIT?

a) Por desconocimiento del evento.

b) La falta de iniciativa para desarrollar el proyecto.

c) Otro, indique _____

	Codificación	Porcentaje
a)	60	67%
b)	30	33%
c)	0	0%
	90	100%

6.- ¿Qué aspecto considera que es el que limita la participación de los docentes como asesores del ENEIT?

a) Falta de conocimiento del evento.
b) Falta de capacitación al respecto.
c) Los apoyos limitados que se tienen para desarrollar el proyecto.
d) El tiempo, dinero y esfuerzo que se requiere para poder guiar el proyecto.
e) La falta de iniciativa para conformar los equipos de trabajo.
f) Otra, indique

	Codificación	Porcentaje
a)	20	22%
b)	40	44%
c)	19	21%
d)	8	9%
e)	3	3%
f)	0	0%
	90	100%

7.- ¿Qué apoyos considera que motivarían la participación y preparación de los docentes como asesores del ENEIT?

- Mayor capacitación sobre el concurso.
- Dar cursos intersemestrales sobre el evento.
- Ir a eventos de emprendedurismo.
- Recibir apoyos por parte de la Dirección del Tecnológico para desarrollar el proyecto.
- Tener espacios en el tecnológico para desarrollar proyectos de innovación.

8.- ¿Considera usted que una nueva estrategia metodológica, en donde se explicara más claramente qué es el evento, sus partes y tips, serviría para elevar el nivel de preparación de los docentes y estudiantes en el ENEIT?

	Codificación	Porcentaje
a) Sí	89	99%
b) No	1	1%
	90	100%

 ISSN 2007-8102

Encuesta a Estudiantes

Sexo:

	Codificación	Porcentaje
Femenino	76	42%
Masculino	104	58%
	180	100%

Nivel de estudios

	Codificación	Porcentaje
Licenciatura	175	97%
Posgrado	5	3%
	180	100%

1.- ¿Has formado parte de algún proyecto para competir en eventos académicos dentro del sistema de Tecnológico Nacional de México?

	Codificación	Porcentaje
a) Sí	6	3%
b) No	174	97%
	180	100%

2.- ¿Has formado parte de algún proyecto para competir en eventos académicos externos al sistema de Tecnológico Nacional de México?

	Codificación	Porcentaje
a) Sí	2	1%
b) No	178	99%
	180	100%

3.- ¿Conoces qué es el Evento Nacional Estudiantil de Innovación Tecnológica (ENEIT*)?

	Codificación	Porcentaje
a) Sí	20	11%
b) No	160	89%
	180	100%

4.- ¿Has participado en el ENEIT?

	Codificación	Porcentaje
a) Sí	5	3%
b) No	175	97%
	180	100%

5.- ¿Qué aspecto consideras que hace que la mayoría de los estudiantes de la institución no participen en el ENEIT?

a) Por desconocimiento del evento.
b) La falta de iniciativa para desarrollar el proyecto.
c) Otro indique _____

	Codificación:	Porcentaje:
a)	168	93%
b)	12	7%
c)	0	0%
	180	100%

6.- ¿Qué aspecto considera que es el que limita la participación de los docentes como asesores del ENEIT?

a) Falta de conocimiento del evento.
b) Falta de capacitación al respecto.
c) Los apoyos limitados que se tienen para desarrollar el proyecto.
d) El tiempo, dinero y esfuerzo que se requiere para poder guiar el proyecto.
e) La falta de iniciativa para conformar los equipos de trabajo.
f) Otra, indique_____

	Codificación:	Porcentaje:
a)	130	72%
b)	10	6%
c)	30	17%
d)	9	5%
e)	1	1%
f)	0	0%
	180	100%

7.- ¿Qué factores consideras que motivarían a los estudiantes a participar y prepararse en el ENEIT?

- Apoyo de la institución para poder desarrollar el proyecto.
- Tener buenos asesores.
- Contar con espacios para poder desarrollar el proyecto.
- Apoyo de los maestros/docentes/ para poder desarrollar el proyecto.
- Recibir cursos/ pláticas sobre el evento.

8.- ¿Consideras que una nueva estrategia metodológica, en donde se explicara más claramente qué el evento, sus partes y tips, serviría para elevar el nivel de preparación de los docentes y estudiantes en el ENEIT?

	Codificación	Porcentaje
a) Sí	180	100%
b) No	0	0%
	180	100%

 ISSN 2007-8102

Discusión

Después de analizar los resultados obtenidos en ambos instrumentos, se puede corroborar que tanto en docentes como estudiantes saben que existe un evento denominado ENEIT, el nivel de participación en el ENEIT es mínimo casi nulo, y que, aunque saben de su existencia ambos grupos no han participado en este evento o en alguno similar externo al sistema del TecNM (ya que existen en el exterior otros eventos que desarrollan tecnología como es el evento del Banco Santander, Expo Ciencias, o el Día del emprendedor, etc.), indicando que es principalmente por desconocimiento del evento el que no lo han hecho, con lo que se acepta la hipótesis inicial que se planteó, por otro lado, al preguntarles su parecer respecto a tener una nueva estrategia metodológica se tuvo una aceptación en docentes del 99% y por los estudiantes es aceptada al 100% la necesidad de tener una nueva estrategia que ayude a estar mas preparado para participar en este tipo de eventos, así mismo el factor falta de conocimiento deja de manifiesto la relevancia del trabajo de tesis doctoral.

Trabajo a futuro

Se está trabajando actualmente en el resultado de la tesis doctoral que es el desarrollo de la Estrategia metodológica para elevar el nivel de preparación de los profesores y estudiantes en el Evento Nacional Estudiantil de Innovación Tecnológica ENEIT; será en formato de manual acompañado de las experiencias que se han tenido como asesor de proyectos con equipos multidisciplinarios de estudiantes para estar mejor preparado para competir en este tipo de eventos que desarrollan tecnología dentro y fuera del TecNM, algunos de los rubros que componen esta estrategia son: Preparación de la memoria técnica, defensa del proyecto, stand, Pich, stand de exposición, elección de integrantes del equipo, etc., este documento será acompañado de una mascota, que hará más didáctica y amena esta estrategia didáctica, este trabajo estará disponible de manera electrónica para estar disponible de manera gratuita a toda la comunidad docente y estudiantil del TecNM.

Conclusiones

Realizar el Diagnóstico de la participación en el ENEIT en estudiantes y docentes del TecNM-Campus Orizaba como parte inicial del trabajo de la tesis doctoral fue una experiencia muy enriquecedora para todo el equipo que participó; se trabajó bajo una metodología para determinar de manera inicial la población tanto de estudiantes como de docentes del TecNM-Campus Orizaba, una vez hecho lo anterior se determinó la muestra para cada grupo objetivo, se diseñaron dos instrumentos de recolección de información que fueron encuestas estructuradas, mismas que tuvieron un proceso de pilotaje de manera previa para poderlas validar; por otro lado el proceso de recolección de información se realizó de manera presencial y en línea tanto para los dos grupos objetivo: docentes y estudiantes, posteriormente se codificó, graficó, se analizaron los resultados siendo muy positivos y favorables para continuar con el desarrollo del trabajo doctoral, además de que se comprobó la hipótesis que se planteó al inicio que dice “El desconocimiento es el factor principal que limita el nivel de preparación de los profesores y estudiantes en el Evento Nacional Estudiantil de Innovación Tecnológica ENEIT” fue comprobada de manera plena ya que después de haber realizado el proceso de investigación se estableció que la hipótesis es aceptada tanto para docentes como para los estudiantes ya que la opción “falta de conocimiento en lo que es el evento” fue la respuesta más alta como factor para no participar en el ENEIT en ambas muestras grupales, sin embargo, esta hipótesis es inicial, ya que se va a seguir creciendo , es decir subir de nivel, ya que debe de continuar probándose respecto a la efectividad de esta estrategia en el TecNM-Instituto Tecnológico de Orizaba.

 ISSN 2007-8102

Agradecimientos

A las siguientes personalidades del TecNM-Campus Orizaba: Mtro. Rigoberto Reyes Valenzuela Director, al Dr. Albino Martínez Sibaja Subdirector Académico, al Lic. Rubén Juárez Rodríguez Subdirector Administrativo, al personal del depto. de Gestión Tecnológica y Vinculación, así como a todos los docentes y estudiantes de esta honrosa casa de estudios que participaron en este trabajo de diagnóstico…. infinitas gracias por parte de todo el equipo.

Referencias

[1] TecNM, Manual de Operación ENEIT, Ciudad de México: tecNM, 2019.

[2] F. G. Arias, «El proyecto de Investigación,» Caracas, 2012.

[3] P. y. P. Departamento de Planeación, «Indicadores Personal Docente,» Instituto Tecnológico de Orizaba, Orizaba, 2019.

[4] L. E. J. Fischer, Investigación de Mercado, Ciudad de México: Servicio Express de Impresión S.A. de C.V., 2009, p. 168.

ANALISIS DE LA APLICACIÓN DEL "APRENDIZAJE BASADO EN INVESTIGACION (ABI)" EN LA FORMACIÓN SUPERIOR TECNOLÓGICA.

J. M. García Mejía[1], G. Ramírez Tobón[1], C. G. Vargas Gutierrez[1], E. O. Ramírez Vaquero[1], P. B. Paniagua Gonzalez[2],*
[1]Departamente de Ciencias Económico-Administrativas, Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Tehuacán, Libramiento Tecnológico S/N, C. P. 75770 Tehuacán, Pue., México
[2]Estudiante de Ingeniería en Gestión Empresarial, Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Tehuacán, Libramiento Tecnológico S/N, C. P. 75770 Tehuacán, Pue., México
**posgrados10@hotmail.com*

***Área de participación**: Investigación Educativa*

Resumen

Se analizó la opinión de los estudiantes sobre la aplicación de la estrategia didáctica "Aprendizaje Basado en Investigación (ABI)", para fortalecer su formación académica, así como la experiencia de haber gestionado el proceso investigativo en empresas locales. El diseño fue no experimental y cualitativo, con alcance analítico, el estudio de caso fue transversal en el periodo agosto-diciembre de 2019, con la finalidad de aplicarla al contexto empresarial de servicios de la localidad. Utilizando un cuestionario de opción múltiple de 10 ítems, dirigido a los 21 alumnos inscritos en el curso, los resultados de opinión orientaron hacia la aplicación de la estrategia didáctica del ABI, a fin de hacer investigación de campo regional y conocer la problemática real del sector empresarial. La investigación hace énfasis en el cumplimiento del objetivo, relativo a la experiencia que se generó al desarrollar las habilidades sociales en los equipos para el logro del proceso investigativo.

***Palabras clave**: aprendizaje, investigación, formación, habilidades sociales*

Abstract

The opinion of the students on the application of the didactic strategy "Research Based Learning (ABI)" was analyzed, to strengthen their academic training, as well as the experience of having managed the research process in local companies. The design was non-experimental and qualitative, with analytical scope, the case study was cross-sectional in the period August-December 2019, in order to apply it to the business context of services in the town. Using a 10-item multiple-choice questionnaire, addressed to the 21 students enrolled in the course, the opinion results oriented towards the application of the ABI didactic strategy, in order to carry out regional field research and learn about the real problems of the sector business. The research emphasizes the fulfillment of the objective, relative to the experience that was generated when developing the social skills in the teams to achieve the investigative process.

***Key words**: learning, research, training, social skills*

Introducción

Los nuevos retos de la educación superior tecnológica hacen necesario que la práctica pedagógica se desarrolle con un enfoque diferente, que sea una alternativa de respuesta al tipo de educación que se demanda en la actualidad, que cumpla con la formación de profesionales capaces no solo de replicar conocimientos sino de crearlos, de promover el uso de las tecnologías en su formación académica, de obtener, filtrar y analizar información a través de diferentes medios; se demanda la implementación inmediata de otras formas de aprendizaje que nos permitan la transición estratégica hacia la educación mixta (presencial y virtual) también llamada "b-learning", es así que una

alternativa de solución es el Aprendizaje Basado en Investigación (ABI), el cual busca retomar el sentido investigativo que debe tener el alumno en su formación académica y de vida, centrándose en las habilidades para la investigación en cualquier etapa de su vida estudiantil.

El ABI es una estrategia que actualmente ha despertado mucho interés en algunas instituciones de educación superior (por el confinamiento provocado por la COVID-19), a nivel de grado y posgrado, puesto que requiere de desarrollar un proceso de aprendizaje basándose en acciones de investigación y puede reportar su avance, logro de objetivos y finalización de la investigación con el acompañamiento del docente a través de los medios virtuales de que se disponen.

De acuerdo con [1], "esta estrategia didáctica tiene como ventaja en su aplicación la de obtener trabajos innovadores e interdisciplinares, favoreciendo la capacidad investigativa de los estudiantes, convirtiéndose en responsables de su propio proceso de aprendizaje". Siendo que no es una propuesta nueva, no existe una definición única del Aprendizaje Basado en Investigación (ABI), "Barrows es considerado el fundador de este modelo, lo define como un aprendizaje centrado en el estudiante, que tiene lugar en grupos pequeños, con el profesor como guía y que al mismo tiempo está organizado en base a problemáticas" [2]. Al ser una estrategia de enseñanza que se promovido desde la praxis, existen muchas concepciones, por ejemplo, [3] afirman que es "la aplicación del método científico donde el estudiante adopta la posición de un científico ante una situación problemática"; otros la orientan como una investigación guiada, en la que el estudiante parte de esquemas y planes previamente definidos por el docente, se trata de un descubrimiento orientado; otros dicen que tiene como finalidad enriquecer a la investigación escolar y el cambio conceptual a través de proyectos de trabajo e investigación, usando más recientemente la "webquest", o una investigación en la red que implica desarrollar un proceso de aprendizaje o investigación por medio de la información en Internet.

Es por ello que el uso de la estrategia didáctica del ABI plantea desarrollar este tipo de habilidades en los alumnos y se enfoca en la necesidad de los docentes de conocerlas, promoverlas y llevarlas a cabo en su proceso de enseñanza, de tal forma que se obliga a "aprender a enseñar", puesto que poco se ha hecho al respecto en las aulas del sistema tecnológico, como si la didáctica tradicional y la investigación fuese dos formas divergentes y opuestas; "cuando lo que se requiere en el futuro inmediato es el desarrollo de habilidades, como la fundamentación teórica, el uso adecuado de fuentes en la redacción científica, análisis e interpretación de datos estadísticos, redacción de ensayos argumentativos académicos, formulación de preguntas de alto nivel, y de manera general el desarrollo de actitud investigadora" [1].

A través de poner en marcha el ABI, se puede dirigir la estrategia didáctica hacia el autoaprendizaje, puesto que el alumno, trabajando en equipo, puede plantear problemas y presentar alternativas de solución, mejorar su proceso comunicativo, confrontar puntos de vista, llegar a un acuerdo consensado, asumir el liderazgo, compartirlo de ser necesario, afrontar estratégicamente las responsabilidades y otras experiencias que se puedan presentar.

Por otra parte, considerar que "el Aprendizaje Basado en Investigación (ABI) consiste en la aplicación de estrategias de enseñanza y aprendizaje que tienen como propósito conectar la investigación con la enseñanza, las cuales permiten que los alumnos se incorporen de forma gradual a los procesos investigativos bajo la supervisión del docente o facilitador" [4], por ello en la implementación del ABI, como en otras estrategias didácticas, el papel del profesor es fundamental al "vender la idea" para involucrar al estudiante de forma progresiva, en trabajos de investigación, cooperativos, colaborativos y autónomos, que fomenten el pensamiento crítico-analítico sobre la realidad en la que vive (personal, familiar y social), proyectándolo hacia un análisis de información; en un ambiente educativo insuficiente de infraestructura física y tecnológica, con apoyos bibliográficos mínimos y falta de rúbricas acorde a la orientación educativa institucional.

El presente artículo tiene como objetivo analizar la opinión de los estudiantes del 7mo. Semestre de la carrera de Ingeniería en Gestión Empresarial (IGE) del Instituto Tecnológico de Tehuacán, sobre la aplicación del ABI como estrategia didáctica. De forma paralela, analizar los comentarios surgidos de la experiencia de haber llevado a la práctica el proceso investigativo. Se buscó promover que el estudiante tuviera una experiencia vivencial sobre la logística de la investigación, acorde a lo requerido en el ABI; por ende, se relacionó en forma directa con el empresario de la localidad para conocer los puntos de vista directamente de administradores y trabajadores; a la par de valorar el desarrollo en su equipo en relación a las habilidades sociales-humanas (trabajo en equipo, toma de

decisiones, comunicación, liderazgo compartido, acuerdos y acciones) al llevar a cabo su actividad investigadora y la comprensión de la complejidad de la realidad.

Metodología

Diseño de la investigación

El diseño de la investigación fue no experimental al no controlar las opiniones de los alumnos, se desarrolló desde el enfoque cualitativo del paradigma socio-crítico, puesto que las opiniones fueron producto de la vivencia de la actividad investigadora y de la socialización entre ellos; fue una investigación participativa al realizarla como estudio de caso en el 7mo. Semestre de la carrera de ingeniería en gestión empresarial en el Instituto Tecnológico de Tehuacán, en la materia de especialidad "reingeniería organizacional", es trasversal al realizarse en el semestre agosto-diciembre de 2019. El alcance es descriptivo-analítico puesto que se conocieron y analizaron las opiniones de llevar acabo el ABI como estrategia de aprendizaje, teniendo que hacer todo el proceso investigativo necesario para recolectar la información, presentarla para su análisis, así como los consecuentes en su experiencia educativa formativa.

Población, técnica e instrumento de la investigación

Para la obtención de la información, se tomó al total de 21 alumnos (población) inscritos en la asignatura, por ser un número pequeño de sujetos de investigación conviniendo así al desarrollo de la investigación y por la importancia que radica en conocer la opinión del grupo completo, relativo a modificar su esquema tradicional de aprendizaje (teoría suficiente y al final hacer un trabajo de la temática de la materia), a ésta forma diferente del ABI consistente en iniciar con un breve marco teórico para, posteriormente hacer una investigación de campo en el contexto empresarial y regresar a continuar el curso al aula, haciendo un análisis de lo observaron e intercambiar experiencias varias en sus investigaciones.

Para recolección de la información, la técnica usada fue la encuesta a través de aplicar un cuestionario de opinión, el instrumento está estructurado con 10 preguntas de opción múltiple, en el que se pretende obtener la opinión de los alumnos sobre 4 rubros de las habilidades humanas que se desarrollaron al haber hecho su trabajo de investigación sobre la gestión empresarial de los servicios en la localidad, que son: organización para trabajo en equipo, comunicación para tomar decisiones, tiempo suficiente para hacer la investigación, erogación económica requerida, beneficios/impacto de hacer investigación en las materias para su formación académica.

Se generó un borrador inicial del instrumento que fue validado por 2 profesores mercadólogos que se dedican profesionalmente a las encuestas de opinión, haciendo las observaciones y modificaciones de fondo y forma acorde a su opinión experta; por otra parte, para probar la confiabilidad del instrumento se seleccionó a una muestra de 5 estudiantes, los cuales contestaron el cuestionario y con sus respuestas se procedió a calcular el alfa de Cronbach obteniéndose un valor de 0.91, cuya interpretación es que el cuestionario aplicado tiene alta confiabilidad en sus resultados. La tabla 1 muestra un extracto del instrumento final con el que se trabajó la investigación.

Tabla 1. Cuestionario de opinión sobre su experiencia de hacer investigación, aplicado a los alumnos del 7mo. Semestre de la materia de especialidad "reingeniería organizacional" de la carrera de Ingeniería en Gestión Empresarial del I. T. Tehuacán

CUESTIONARIO DE OPINIÓN.

INSTRUCCIONES. El cuestionario es anónimo y sus resultados serán usados solo para fines académicos; lee con cuidado las siguientes preguntas y por favor, contesta de la forma más honesta posible, acerca de tu experiencia al realizar tu investigación en el sector comercial de micro y pequeñas empresas de la localidad de la materia "Reingeniería Organizacional".

1-¿Cómo calificarías tu experiencia en la actividad de campo a realizar la investigación?	
a) Interesante	8
b) Enriquecedora	7

 ISSN 2007-8102

c) Aburrida	0
d) Abrumadora	2
e) Indiferente	0
otro) Interesante y enriquecedora (a y b)	3
otro) interesante y aburrida (a y c)	1
2- ¿Cuál es tu propuesta para mejorar las actividades dentro y fuera del salón de clases?	
a) Mas teoría	0
b) Mas practica	14
c) Temas diferentes	3
d) Otro	3
3 -¿Cuáles son las habilidades que tus compañeros mostraron en la investigación?	
a) Trabajo en equipo coordinado	3
b) comunicación amplia y sin discusión	1
c) Trabajo cooperativo suficiente	11
d) Trabajo sin conflictos	0
e) Liderazgo transformacional	0
f) otro	6
4- ¿Consideras que las actividades realizadas fuera del salón aportan algo en tu formación académica?	
a) mejor aprendizaje	1
b) mayor contextualización con la realidad	18
c) mejora mi relación con los empresarios	0
d) puedo socializar más con mis compañeros	0
e) otro	2
5- ¿Cómo consideras que fue el trabajo en equipo y desempeño de tus compañeros al realizar la investigación?	
a) muy bueno	4
b) mucha participación y organización	11
c) mucha comunicación y liderazgo participativo	2
d) no funciono como debería ser	1
e) otro	3
6- ¿Cuáles fueron los principales problemas o conflictos que pudiste observar a la hora de trabajar en equipo?	
a) No participamos todos	2
b) No todos estamos dispuestos a hacer las cosas	4
c) No tomamos la iniciativa todos	7
d) No sabemos acatar las decisiones de la mayoría	3
e) Nos falta madurez y liderazgo	5

Procedimiento de la investigación

El procedimiento o logística consistió en comentar y proponer al inicio de semestre al grupo, esta forma diferente de formación educativa, llamada Aprendizaje Basado en Investigación (ABI) para desarrollar la materia que, como producto final, debían generarse propuestas de reingeniería en las organizaciones laborales de la localidad/región, además de conocer sus procesos más importantes de gestión y producción, y que el curso continuaría en el aula analizando lo obtenido en la empresa. Se dejó en claro que haríamos la investigación aplicada en las empresas que ellos seleccionaran o les interesaran por algún motivo; resaltando que el esfuerzo de hacer su investigación, concentrar resultados y exponerlos al grupo se recompensaría con 40% de la calificación final. Posteriormente,

 ISSN 2007-8102

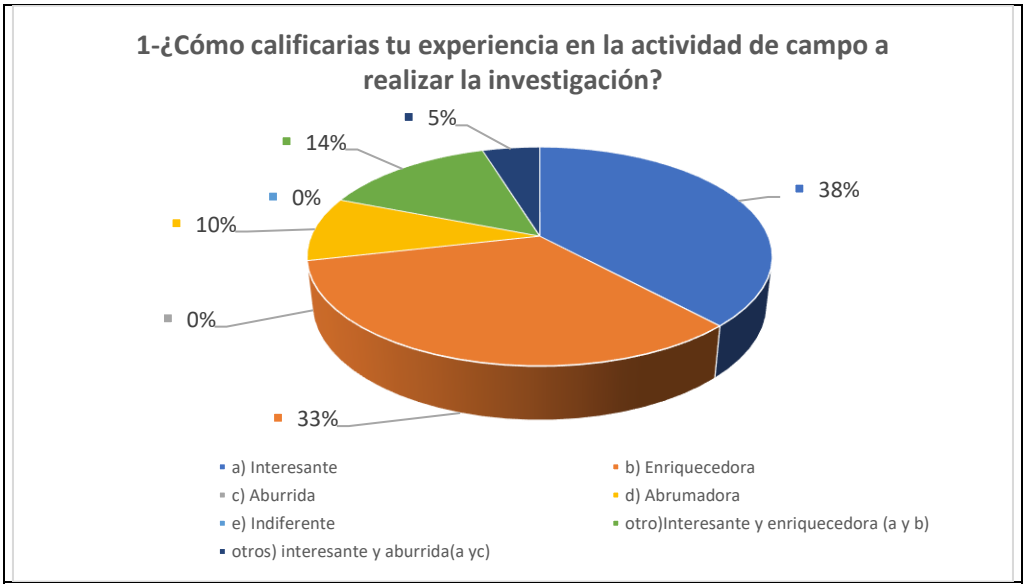
los alumnos decidieron en forma grupal (con la supervisión del docente) la conformación de equipos para hacer su investigación en las microempresas de servicios de la localidad, así como la logística completa de obtención de datos y su presentación posterior, para seguir trabajando en el aula.

Finalmente se pasó a la conformación del equipo que daría seguimiento a la experiencia vivencial de los alumnos al hacer su proceso investigativo, así como la determinación de las habilidades humanas y el grado de aplicación de éstas para el logro del objetivo del estudio planteado. Se procedió a la conformación de un grupo general de whatsapp para mejor comunicación entre los equipos; estructura propuesta del instrumento con sus categorías y preguntas que debía tener así como las pruebas de validez y confiabilidad necesarias; se hizo la programación del periodo de aplicación de los cuestionarios; se tomó la decisión sobre el formato en Excel de concentrar los resultados así como los tipos de gráficas circulares que se usaron y la interpretación de resultados; se compartió vía internet los formatos utilizados y sus adecuaciones; se decidió trabajarlo en office 2019, se decidió sobre la presentación ante el grupo de los resultados y el análisis de los mismos.

Resultados y discusión

Presentación e interpretación de los resultados

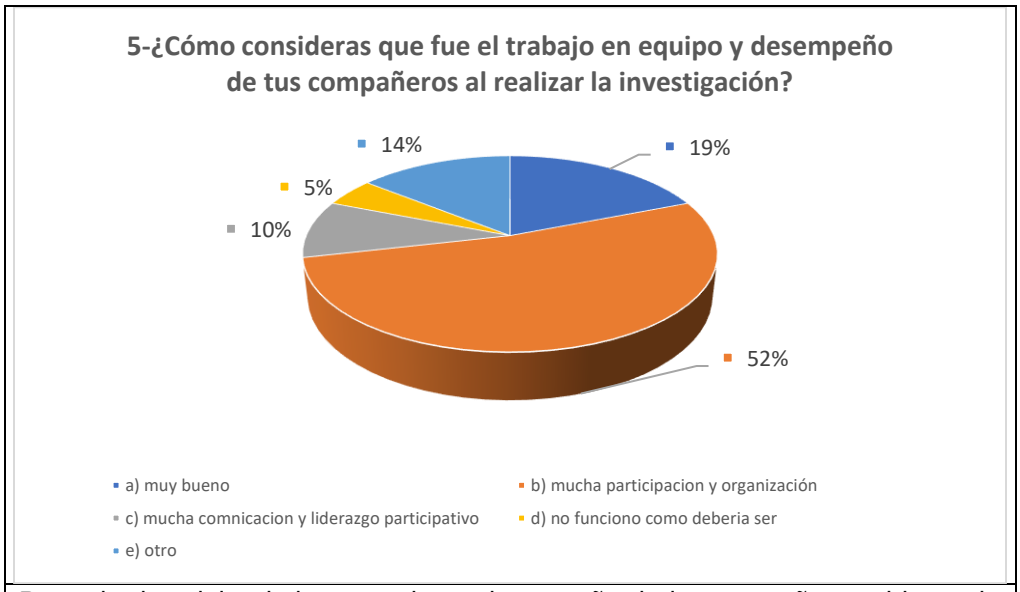
Los resultados que se obtuvieron de la opinión de los 21 estudiantes del grupo de la asignatura de especialidad “reingeniería organizacional”, sobre su experiencia al haber aplicado las habilidades humanas en el proceso de la investigación, en las micro y pequeñas empresas del entorno, de diferentes giros comerciales (puesto que Tehuacán y la región presenta un alto porcentaje de empresas comercializadoras). Las siguientes figuras muestran los resultados más representativos del estudio, así como la interpretación correspondiente:



El 38% de los alumnos consideró que la actividad de campo realizada fue interesante; mientras que el 33% la consideró enriquecedora, un 10% dice que fue interesante y enriquecedora, mientras que el 10% la consideró abrumadora y el 5% la consideró aburrida.

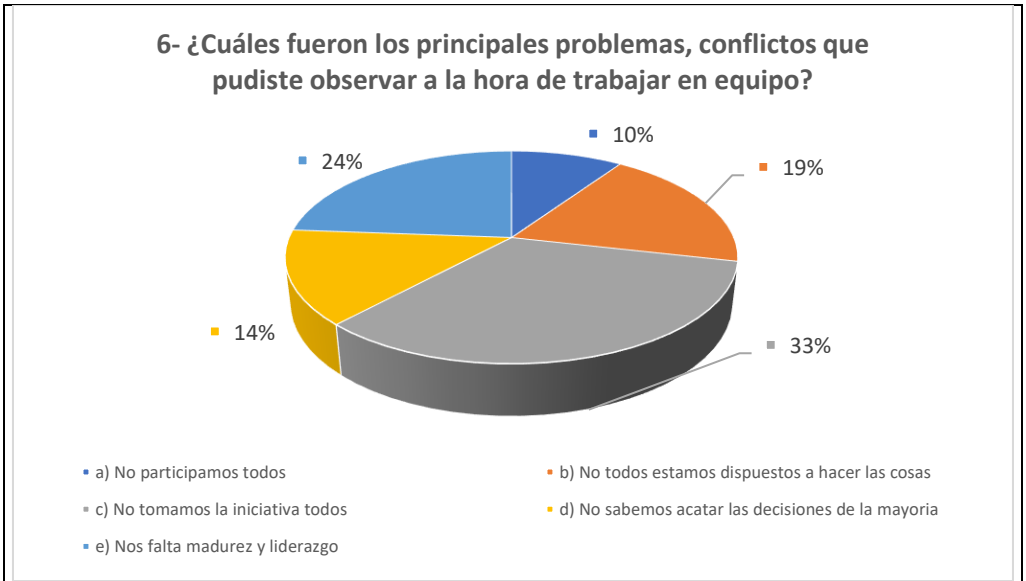
Figura 1. Gráfica correspondiente a la pregunta 1, sobre su experiencia de hacer la investigación.

 ISSN 2007-8102



Para el rubro del trabajo en equipo y desempeño de los compañeros al hacer la investigación, el 52% opinó que fue de mucha participación y organización, el 19 % consideró que fue muy buena mientras que el 14% que fue organizado, el 10% con mucha comunicación y liderazgo participativo, finalmente el 5% aseguró que no funcionó como debía ser.

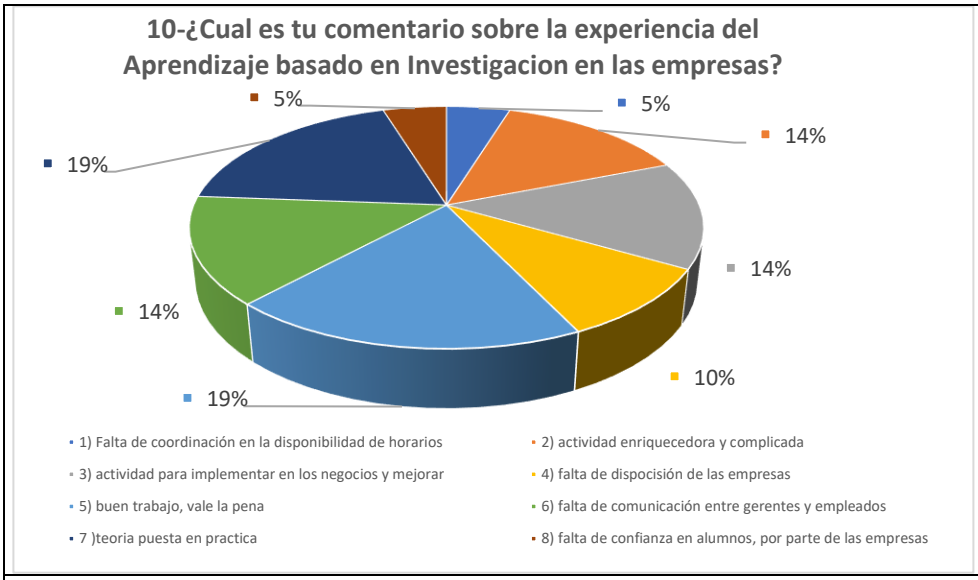
Figura 3. Gráfica correspondiente a la pregunta 5, sobre su experiencia de hacer la investigación.



El 33% aseguró que no todos toman la iniciativa, mientras que el 24% afirmó que se evidenció falta de madurez y liderazgo, así como otro 19% consideró que no estamos dispuestos a hacer las cosas, por otra parte, el 14% dice que no supimos acatar las decisiones de la mayoría, otro 10% consideró no participan todos.

Figura 4. Gráfica correspondiente a la pregunta 6, sobre los problemas que existieron al hacer trabajo en equipo en su investigación.

 ISSN 2007-8102



La conclusión de los alumnos de 7mo semestre relativa a la experiencia de aprendizaje basándose en el ABI, se segmentó en 8 rubros, siendo que el 19% lo consideró como un buen trabajo, otro 19% que fue una teoría puesta en práctica, un 14% consideró que fue una actividad enriquecedora y complicada, otro 14% que fue una actividad para implementar en los negocios y mejorarlo y un último 14% observó la falta comunicación entre gerentes y empleados, un 10% que faltó disposición de las empresas, un 5% que faltó coordinación en la disponibilidad de horarios y el ultimo 5% comentó que existe desconfianza por parte de las empresas para proporcionar información.

Figura 6. Gráfica correspondiente a la pregunta 10, sobre su experiencia del ABI.

Análisis de los resultados

Al analizar los resultados se encontró que el 71% del alumnado indicaron estar de acuerdo aprender usando la estrategia didáctica del ABI, con sus técnicas y métodos, también comentaron que si deben hacer investigación real en las empresas de la localidad y la región a fin de obtener información verídica y posteriormente analizarla en la clase (acorde al 86% de las opiniones), también afirmaron que no solo se debe analizar la teoría de los textos y artículos sino que se debe llevar a la práctica de campo aunque esto signifique hacer algún gasto (52% de alumnos), a fin de encontrar respuesta a situaciones no explicadas en los libros. Los resultados mostraron que en los estudiantes de la carrera de IGE del I. T. de Tehuacán existe una apertura y necesidad hacia el Aprendizaje Basado en Investigación (ABI), que les conecte la teoría con la práctica desde los semestres iniciales, sobre todo en asignaturas cuya temática es el accionar empresarial (administrativas y operativas) de las micro y pequeñas, donde el alumno no tiene un conocimiento firme y contextualizado de las mismas.

La información también sirvió para dejar en claro que la participación de los equipos fue cooperativa y en favor de equipo de trabajo (43% de opiniones), aunque se evidenció la falta de iniciativa de algunos compañeros para optimizar el procedimiento (según opinión del 33%). Por otra parte, el proceso de investigar permitió la aplicación de las habilidades de liderazgo, comunicación, trabajo en equipo, dirección, toma de decisiones (81% del alumnado), que se deben poseer al hacer un trabajo de esta envergadura, esta experiencia investigadora sirvió para verificar su capacidad de reconocer cuando se equivocaron, retroalimentándose oportunamente para conseguir el objetivo, aceptaron como líder a un compañero y rotaron la toma de decisiones según la situación a resolver (71 % de las opiniones), es por ello que la consideraron como una experiencia interesante y enriquecedora a su formación educativa.

Trabajo a futuro

Será necesario rescatar y promover en los alumnos el espíritu analítico-crítico e interrogador de la realidad que le rodea si pretendemos convertirlos en seres humanos independientes y creativos, en ingenieros con posibilidad de transformar su realidad, a través de plantear alternativas viables de solución a la problemática empresarial. Pero más importante será realizar, por parte de docentes, alumnos y directivos, esta estrategia didáctica en forma virtual a través del uso adecuado y estratégico de las TIC´S, debido a que la educación superior actual deberá seguir la recomendación de las autoridades sanitarias y educadoras de impartirla en forma híbrida (b-learning), ya que las escuelas estarán pendientes de las condiciones de salud en forma preventiva en el entorno.

Para aplicar la estrategia didáctica del ABI en la educación virtual, las instituciones educativas deberán cumplir con algunos requisitos, entre los cuales destacan: aumentar el conocimiento y habilidad en el uso de las TIC aplicados a un ambiente de proyectos, además de poseer conocimiento del uso de herramientas info-tecnológicas (TIC) para que el estudiante pueda utilizarlas en el desarrollo de una investigación. Deberá tener acceso y hacer uso de plataformas, para colocar instrucciones, lineamientos, material de consulta; herramientas de videoconferencia, para el caso de asesorías o presentación del documento de investigación; recursos audiovisuales, para materiales de consulta; herramientas de interacción y comunicación, para solicitar asesorías cortas, revisiones o compartir información.

Conclusiones

En nuestro estudio, se concluye que los estudiantes están dispuestos a cambiar su estilo de aprendizaje e incorporar el ABI para hacer investigaciones de campo (micro y pequeña empresa de la localidad) en sus diferentes asignaturas, partiendo de seleccionar un tema interesante para ellos, posteriormente requieren, que se construya el fundamento teórico-metodológico suficiente en la clase que permita hacer la investigación de forma estratégica e interesante a sus expectativas (con el mínimo de sufrimiento), construir entre todos (alumnos y facilitador) los instrumentos de investigación necesarios, elaborar la logística de la investigación, hacer acuerdos entre pares para definir bien el objetivo del estudio y la forma en que se harán las presentaciones y las conclusiones dentro de la clase, con el continuo acompañamiento del profesor; para que a partir de ahí se cumplan con los objetivos educativos del programa completo de estudios en la clase pero partiendo de esa “realidad” que tienen oportunidad de verificar de cerca sobre el sector empresarial de la localidad; dándoles la oportunidad de desarrollar sus habilidades humanas en el ejercicio del proceso investigativo en pro de su formación académica y de vida.

Referencias

[1] T. A. Torres. (2010). Aprendizaje Basado en Investigación: Técnicas Didácticas. Programa de Desarrollo de Habilidades Docentes (vol. 15). [Online]. Available: http://www.itesca.edu.mx/documentos/desarrollo_academico/Metodo_Aprendizaje_Basado_en_Investigacion.pdf

[2] A. Kolmos, "Estrategia para desarrollar currículos basados en la formulación de problemas y organizados en base a proyectos," *Educar,* vol. 33, pp. 77-96, 2004.

[3] F. J. Pozuelos and G. Travé, "Aprender investgiando, investigar para aprender: el punto de vista de los futuros docentes,” *Investigación en la escuela,* vol. 54, pp. 5-26, 2004.

[4] I. T. E. S. M. (2016). ABI: Aprendizaje Basado en Investigación: Dirección de Bibliotecas. [Online] Available:http://biblioteca.mty.itesm.mx/abi, 2016.

Estrés académico en alumnos de nivel superior caso ITSTB

M. S. Flores Serrano[1], L. Fuentes Rosas[1], L.G. Tobón Galicia[1],*
[1]Departamento de Ingeniería industrial, Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico Superior de Tierra Blanca, Prol. Av. Veracruz s/n col. Pemex, Tierra Blanca, Ver. México.

**er_211312@hotmail.com*

***Área de participación**: Investigación educativa.*

Resumen

El objetivo de este estudio es saber el nivel de estrés por el que están pasando los estudiantes del ITSTB al término del semestre y proporcionar la información al departamento correspondiente para la formulación de estrategias dirigidas específicamente a esta población. Para ello se utilizó el inventario SISCO SV-21, el cual consta de 23 ítems, de los cuales los 2 primeros, uno es de filtro y otro optativo y los siguientes 21 son el cuerpo, dividido en tres dimensiones (estresores, síntomas, Estrategias de afrontamiento). Se encuestó a 189 estudiantes se utilizó la prueba estadística para probar la fiabilidad, con un resultado de 0.887 considerado bueno. También se obtuvo que los estudiantes presentan después de haber concluido el semestre un nivel de estrés del 63.6% considerado como severo. Se obtienen 3 principales estresores, 2 síntomas, 5 diferentes estrategias de afrontamiento de estrés.

***Palabras clave**: estrés, académico, estresores, niveles.*

Abstract

The objective of this study is to know the level of stress that ITSTB students are going through at the end of the semester and to provide the information to the corresponding department for the formulation of strategies specifically directed to this population. For this, the SISCO SV-21 inventory was used, which consists of 23 items, of which the first 2, one is a filter and the other is optional and the next 21 are the body, divided into three dimensions (stressors, symptoms, Coping strategies). 189 students were surveyed and the statistical test was used to test the reliability, with a result of 0.887 considered good. It was also obtained that the students present after having concluded the semester a stress level of 63.6% considered severe. 3 main stressors, 2 symptoms, 5 different stress coping strategies are obtained.

***Key words**: Stress, academic, stressors, level.*

Introducción

Actualmente a nivel mundial se presenta una situación crítica en el sector salud debido a la contingencia provocada por un virus que ha derivado en consecuencias también en el sector educativo. La educación tuvo que emigrar a una enseñanza virtual, misma que hace algunos años solo algunas escuelas se aplicaba. Este virus ha hecho que las escuelas y universidades cierren sus puertas y utilicen plataformas educativas para la enseñanza-aprendizaje en línea, en primera instancia de manera apresurada y sin ningún soporte establecido, los docentes y alumnos trataron de terminar los programas educativos a tiempo, pero ¿cómo se sentían los estudiantes ante esta nueva forma de enseñanza-aprendizaje?

El estrés en términos generales es un sistema necesario para la supervivencia; de tipo biológico mismo que alerta acerca de cualquier cambio o circunstancia diferente en la vida. Aunque el estado físico y psíquico de cada individuo es importante por lo general todo cambio generara estrés [1]

Hablando del estrés pero enfocado al entorno educativo existen diferentes investigaciones las cuales coinciden en que los estudiantes al presentar algún nivel de estrés externan que presentan diversas sintomatologías físicas y emocionales y que en ocasiones llegan afectar su rendimiento académico [2], [3], [4], [5], [6], [7]. Para esta investigación, el estrés académico, es aquel que se produce a partir de las exigencias y demandas en el ámbito educativo, afectando a estudiantes de diversos niveles educativos [8]. Además de que se considera como un proceso sistémico adaptativo y psicológico que se establece a partir de tres componentes: estresores, síntomas

y estrategias de afrontamiento, [9] mencionado en [10]. Esto se considera de manea general, Así también se utilizó el inventario SISCO SV-21 [11], el cual considera al estrés como aquel que los estudiantes manifiestan al ser sometidos a exigencias de actuación que se relacionan con el aprendizaje pero que los estudiantes consideran que sobrepasan su capacidad para realizarlas con éxito.

Siendo de gran relevancia nivel mundial el tema del estrés educativo que causa la nueva forma de enseñanza, la institución educativa de nivel superior a la cual se someterá el estudio tiene interés por buscar estrategias que apoyen a los alumnos de licenciatura inscritos en la carrera de ingeniería industrial sistema escolarizado inscritos en el semestre febrero- junio 2020. Es necesario definir estrategias que apoyen a los estudiantes para que no caigan en un problema de salud y sea un factor más de deserción escolar, siendo este un índice muy importante en la institución sujeta a estudio.

Metodología

Tipo de investigación.

Es de tipo no experimental, las variables se observan y analizan como se muestra en el fenómeno de estudio. Al aplicarse en un solo momento de estudio el instrumento es transversal, es explicativo ya que se quiere saber el nivel de estrés de la población de estudio a partir de la aplicación escala diseñada por Barraza [11] en el inventario SISCO segunda versión, la cual consta de 3 niveles de estrés (leve, moderado y severo).

Población y muestra.

Se aplicó a estudiantes de Ingeniería Industrial de segundo, cuarto sexto y octavo semestre matriculados en el semestre enero-junio 2020 del “Instituto Tecnológico Superior de Tierra Blanca, Veracruz” ubicado en la ciudad de Tierra Blanca, Veracruz, México. Fueron encuestados 189 estudiantes los cuales se describen a continuación en la tabla 1.

Tabla 1. Población de estudiantes.

Sexo	Total
Hombres	105
Mujeres	84
Total	**189**

Se aplicó el instrumento a los diversos semestres para considerar a todos los estudiantes de la carrera siendo la distribución de esta de acuerdo a la figura 1.

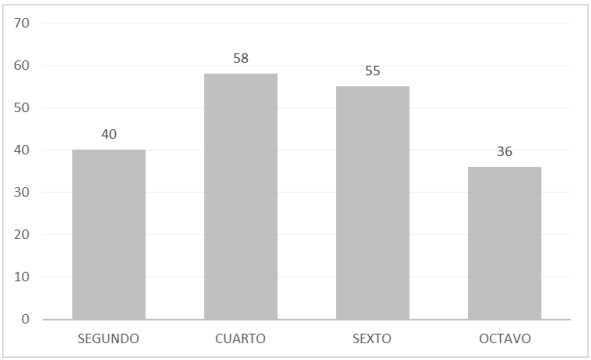


Figura 1. Distribución por semestre

Instrumento

El inventario SISCO SV-21 [5] está constituido por 21 items en el cuerpo, separado en tres dimensiones, con una confiabilidad de 0.85 general considerada como buena[12] y para cada dimensión de la siguiente manera 0.83 para estresores, 0.87 para síntomas y estrategias 0.85, los ítems están clasificados en la tabla 2 de acuerdo a sus tres dimensiones.

Tabla 2. Relación de dimensiones e Ítems

Dimensión	ítems
Estresores	1-7
Síntomas (Reacciones)	8-14
Estrategias de afrontamiento	15-21

Para este inventario se utiliza una escala de Likert con los valores 0=nunca (N), 1= casi nunca (CN), 2= rara vez (RV), 3=Algunas veces (AV), 4=casi siempre (CS) y 5=siempre (S)

Resultados y discusión

Para los estresores la tabla 3 muestra que los valores más altos son: "Tener tiempo limitado para realizar los trabajos", "la sobrecarga de tareas y trabajos escolares" y "el nivel de exigencia de los profesores" los cuales están marcados con negritas. Y les genera menos estrés la personalidad y el carácter de los profesores.

Tabla 3. Datos descriptivos de los ítems que conforma la dimensión estresores

Estresores	Media	Desviación
La sobrecarga de tareas y trabajos escolares que tengo que realizar todos los días	**3.5**	**1.0**
La personalidad y el carácter de los/as profesores/as que me imparten clases	*2.8*	*1.3*
La forma de evaluación de mis profesores/as (a través de ensayos, trabajos de investigación, búsquedas en Internet, etc.)	3.1	1.3
El nivel de exigencia de mis profesores/as	**3.4**	**1.3**
El tipo de trabajo que me piden los profesores (consulta de temas, fichas de trabajo, ensayos, mapas conceptuales, etc.)	3.1	1.2
Tener tiempo limitado para hacer el trabajo que me encargan los/as profesores/as	**3.7**	**1.2**
La poca claridad que tengo sobre lo que quieren los/as profesores/as	3.1	1.3

Al analizar y obtener los resultados descriptivos para la dimensión de síntomas se puede observar en la tabla 4, que los síntomas que mayor presentan los estudiantes cuando están estresados son "ansiedad, angustia y tristeza" así como "problemas de concentración" y no tienden a polemizar o discutir.

Tabla 4. Datos descriptivos de los ítems que conforma la dimensión Síntomas (Reacciones)

Síntomas	Media	Desviación
Fatiga crónica (cansancio permanente)	2.8	1.4
Sentimientos de depresión y tristeza (decaído)	2.6	1.6
Ansiedad, angustia o desesperación	**3.1**	**1.5**
Problemas de concentración	**3.1**	**1.4**
Sentimiento de agresividad o aumento de irritabilidad	2.4	1.6
Conflictos o tendencia a polemizar o discutir	*2.2*	*1.6*
Desgano para realizar las labores escolares	2.4	1.5

Ahora se analiza la tercera dimensión que corresponde a las estrategias de afrontamiento los resultados descriptivos que se muestran en la tabla 5, se puede observar que los estudiantes con estrés tiene diferentes estrategias para afrontarlo, ellos se "concentraron en resolver las situaciones que les preocupan", "Establecen

soluciones concretas", "analizan lo positivo y negativo de las soluciones pensadas que les preocupan", "recuerdan situaciones similares ocurridas anteriormente y pensar en cómo las solucionaron" y "Fijarse o tratar de obtener lo positivo de la situación que preocupa". Pero no realizan un plan para enfrentar lo que les estresa.

Tabla 5. Datos descriptivos de los ítems que conforma la dimensión estrategias de afrontamiento

Estrategias	Media	Desviación
Concentrarse en resolver la situación que me preocupa	**3.2**	**1.2**
Establecer soluciones concretas para resolver la situación que me preocupa	**3.2**	**1.2**
Analizar lo positivo y negativo de las soluciones pensadas para solucionar la situación que me preocupa	**3.2**	**1.2**
Mantener el control sobre mis emociones para que no me afecte lo que me estresa	3.1	1.3
Recordar situaciones similares ocurridas anteriormente y pensar en cómo las solucione	**3.2**	**1.3**
Elaboración de un plan para enfrentar lo que me estresa y ejecución de sus tareas	*3.0*	*1.3*
Fijarse o tratar de obtener lo positivo de la situación que preocupa	**3.2**	**1.2**

Finalmente se debe de obtener el nivel de estrés y se obtiene la clave de corrección de acuerdo a los 2 baremos que maneja el autor para este inventario, dejando a elección de quien realizá la investigación cual utilizar. Para este caso se utilizara el normativo el cual a continuación se describe en la tabla 6.

Tabla 6. Baremo normativo centrado en la población en que se validó.

Rango	Nivel de estrés
De 0 a 48%	Leve
De 49% a 60%	Moderado
Del 61% al 100%	Severo

El porcentaje que se obtuvo al calcular la media de los ítems 3,4 y 5, obtener la media general de estos y multiplicar este valor por 20 como lo marca el procedimiento [11] se obtiene un 63.6% como se muestra en la tabla 7, considerando un nivel de estrés severo según la tabla 6

Tabla 7. Porcentaje de estrés

Ítems	Valores
3	3.1
4	3.4
5	3.1
Resultado	**63.6%**

El Inventario SISCO SV-21 [11] es representativo ya que considera los ítems más utilizados y es homogéneo con respecto a la escala general y sus dimensiones de origen.

Por último, se comprobará la fiabilidad del instrumento por medio del alfa de Cronbach [12] el cual oscila entre los valores de 0 a 1, entre más cercano a 1 mayor es la consistencia interna. Los valores que se utilizaran para el coeficiente [13] serán:

- Coeficiente alfa >.9 es excelente
- Coeficiente alfa >.8 es bueno
- Coeficiente alfa >.7 es aceptable

- Coeficiente alfa >.6 es cuestionable
- Coeficiente alfa >.5 es pobre
- Coeficiente alfa <.5 es inaceptable

Al realizar la fiabilidad del instrumento en la tabla 8 se observa que la fiabilidad es buena para explicar el constructo estrés académico.

Tabla 8. Estadística de fiabilidad

Alfa de Cronbach	N de elementos
.887	21

Trabajo a futuro

Esta investigación se llevó acabo con alumnos que ya habían cerrado semestre, de manera general se tomaron los 2 sistemas (escolarizado y semi escolarizado) se recomienda hacer el estudio por separado considerando las diversas condiciones, así como la comparativa.

Conclusiones

Los diferentes estudios relacionados con el estrés cada día cobran mayor relevancia, de manera general o cuando se trata de manejo de números como es en la ingeniería. Ahora el panorama cambia ante el abrupto cambio en el sistema enseñanza aprendizaje.

Al tomar la base de cómo se procesa el estrés académico: estresores, síntomas y estrategias de afrontamiento se presentan las siguientes conclusiones.

El departamento de desarrollo académico debe poner énfasis en los resultados obtenidos y buscar las estrategias que equilibren el nivel de estrés que arrojo este estudio ya que se presenta un nivel de estrés severo 63.6%.

Los estresores que los estudiantes reflejan están enfocados a “tener tiempo limitado para realizar los trabajos”, “la sobrecarga de tareas y trabajos escolares” y “el nivel de exigencia de los profesores”, lo cual puede ser tratado por academias, por materia, en trabajo colegiado para modificarlo. El estrés trae como consecuencia deserción escolar [14], aunado con la situación de salud y confinamiento actual podría derivar un número mayor de alumnos desertores.

De acuerdo a los síntomas que se obtuvieron de los estudiantes son “ansiedad, angustia y tristeza” así como “problemas de concentración” que pueden afectar su salud.

La tercer dimensión referente a lo que es las estrategias de afrontamiento fue la más diversificada dentro de los estudiantes presentándose cinco “concentraron en resolver las situaciones que les preocupan”, “Establecen soluciones concretas”, “analizan lo positivo y negativo de las soluciones pensadas que les preocupan”, “recuerdan situaciones similares ocurridas anteriormente y pensar en cómo las solucionaron” y “Fijarse o tratar de obtener lo positivo de la situación que preocupa” con esta información el departamento junto con docente puede formular diversas estrategias generales para problemas propios de los estudiantes que coadyuven en el problema de deserción.

Agradecimientos

Se agradece al ITSTB, las facilidades proporcionadas para realizar la presente investigación.

Referencias

[1] S. Torrades, “Estrés y Bounort (definición y prevención)”, *Divulgación sanitaria OFFARM*, *Ámbito farmacéutico*, Vol. 26, pp. 104-107, Núm. 10, noviembre 2007. Recuperado de: https://www.elsevier.es/es-revista-offarm-4-articulo-estres-burn-out-definicion-prevencion-13112896

[2] J. Celis, M. Bustamante, D. Cabrera, M. Cabrera, W. Alarcón, M. Eduardo. “Ansiedad y Estrés Académico en Estudiantes de Medicina Humana del Primer y Sexto Año”, *Anales de la Facultad de Medicina*

Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Vol. 62, Nº 1 –2001. Págs. 25 – 30. ISSN 1025 – 5583. Recuperado de: https://www.redalyc.org/pdf/379/37962105.pdf.

[3] J. F. Caldera, B. E. Pulido, M. G. Martínez. "Niveles de estrés y rendimiento académico en estudiantes de la carrera de Psicología del Centro Universitario de Los Altos". *Revista de Educación y Desarrollo*, No.7. pág. 77-82. Octubre-diciembre de 2007. Recuperado de: http://www.cucs.udg.mx/revistas/edu_desarrollo/anteriores/7/007_Caldera.pdf

[4] I. M. Martín. "Estrés académico en estudiantes universitarios". *Apuntes de Psicología*. Vol. 25, número 1, págs. 87-99. Año 2007. Sevilla, España. Recuperado de: https://idus.us.es/bitstream/handle/11441/12812/file_1.pdf?sequence=1

[5] O. Maceo, A. Maceo, Y. Ortega, M. Maceo, Y. Peralta. "Estrés académico: causas y consecuencias". *Revista médica MultiMed.* Vol. 17, No. 2. Año 2013. Recuperado de: http://www.revmultimed.sld.cu/index.php/mtm/article/view/302/410.

[6] M. Jerez-Mendoza. C. Oyarzo-Barría. "Estrés académico en estudiantes del Departamento de Salud de la Universidad de Los Lagos Osorno", *Rev. Chile. Neuro-psiquiatría*. vol.53 no.3. Año 2015. Santiago, Chile. Recuperado de: https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0717-92272015000300002

[7] B. E. Pozos-Radillo, M. L. Preciado-Serrano, A. R. Plascencia, M. Acosta-Fernández y M. Á. Aguilera. "estrés académico y síntomas físicos, psicológicos y Comportamentales en estudiantes mexicanos de una Universidad pública". *Ansiedad y Estrés*. No. 21(1), Pág. 35-42. Año 2015. México. Recuperado de: Academic-stress-and-physical-psychological-and-behavioural-factors-in-Mexican-public-university-students.pdf

[8] J. F. Caldera, B. E. Pulido, "Niveles de estrés y rendimiento académico en estudiantes de la carrera de Psicología del Centro Universitario de Los Altos" *Revista de Educación y Desarrollo*, pp. 77-82. No. 7, Octubre-diciembre de 2007. Recuperado de: http://repositorio.cualtos.udg.mx:8080/jspui/bitstream/123456789/319/1/Niveles%20de%20estr%C3%A9s%20y%20rendimiento%20acad%C3%A9mico%20en.pdf

[9] A. Barraza, "Un modelo conceptual para el estudio del estrés académico". *Revista Electrónica de Psicología Iztacala,* Vol. 9, No. 3, 110-129, diciembre 2006, Recuperado de: http://revistas.unam.mx/index.php/repi/article/download/19028/18052

[10] A. Barraza, L. A. González, A. Garza, F. Cázares, "El estrés académico en alumnos de odontología" *Revista Mexicana de Estomatología,* pp1-9, Vol. 6 No. 1 Enero - Junio 2019, recuperado de: https://www.remexesto.com/index.php/remexesto/article/view/236/437

[11] A. Barraza. *Inventario SIStémico COgnoscitivista para el estudio del estrés académico*, 2da. Versión de 21 ítems. Editorial: Books-©ECORFAN- México, Durango. 2018. Recuperado de http://www.ecorfan.org/libros/Inventario_SISCO_SV-21/Inventario_sist%C3%A9mico_cognoscitivista_para_el_estudio_del_estr%C3%A9s.pdf

[12] L. J. Cronbach, "Coefficient alpha and the internal" *Psychometrika,* pp. 297-334, vol. 16, no. 3, septiembre 1951. Recuperado de: http://psych.colorado.edu/~carey/courses/psyc5112/readings/alpha_cronbach.pdf

[13] D. Frías-Navarro, "APUNTES DE SPSS Consistencia interna" *Universidad de Valencia*, España., 2018 Recuperado de: https://docplayer.es/113176173-Citar-como-frias-navarro-d-2018-apuntes-de-spss-consistencia-interna-universidad-de-valencia-espana.html

[14] H. A. Maturana, "El estrés escolar", Revista Médica Clínica Las Condes, Vol. 26, No.1, pp. 34-41. enero-febrero 2015, recuperado de: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0716864015000073

Análisis del estrés para el aumento de la productividad en estudiantes de diferente sistema.

M.S Flores Serrano[1], M. R. Acevedo Serrano[1], L. M. Hernández Mendoza[1],*
[1]Departamento de Ingeniería industrial, Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico Superior de Tierra Blanca, Prol. Av. Veracruz s/n col. Pemex, Tierra Blanca, Ver. México.

**er_211312@hotmail.com*

***Área de participación**: Investigación educativa.*

Resumen
Se presenta los resultados de un análisis comparativo del nivel de estrés académico en dos sistemas diferentes de enseñanza, pero de la misma carrera, la diferencia es que en uno las materias se toman por módulos y en otro se lleva durante todo el semestre, el tiempo es un factor importante. El inventario CISCO VS-21 [1] se aplicó a 206 estudiantes obteniendo que el nivel de estrés en general es severo 64%, en general los hombre presentan mayor estrés (66%) que las mujeres, los hombres del sistema escolarizado y las mujeres del semi-escolarizado presentan mayor estrés, 67% y 62% respectivamente.
Sin diferencia de sexo o sistema el estresor latente es tener tiempo limitado para hacer el trabajo que le encargan los/as profesores/as. También el síntoma ansiedad, angustia o desesperación es constante en todos. Por último, los estudiantes tienen diversas estrategias de afrontamiento del estrés en general, por sexo, y por sistema.

***Palabras clave**: Estrés académico, Sistema escolar, Nivel de estrés.*

Abstract
The results of a comparative analysis of the level of academic stress in two different teaching systems but of the same career are presented, the difference is that in one the subject is taken by module and in another it is taken throughout the semester, the time is an important factor. The CISCO VS-21 inventory [1] was applied to 206 students, obtaining that the stress level in general is severe 64%, in general, men present greater stress (66%) than women, men from the school system and women of semi-schooled have higher stress, 67% and 62% respectively.
Regardless of sex or system, the latent stressor is having limited time to do the work assigned by the teachers. Also the symptom anxiety, anguish or despair is constant in all. Finally, they have different strategies for coping with stress in general, by sex, and by system.

***Key words**: Academic stress, School system, Stress level.*

Introducción
Muchas son las consecuencias que esta pandemia ha causado a nivel mundial desde que apareció a inicios del año 2020. Al declarar el brote de coronavirus una emergencia de salud pública en marzo de este año y aunque se esté trabajando en ella, los momentos de crisis están generando estrés a la población [2]. El sector educativo no es ajeno a estas afectaciones y si bien la educación es un derecho de todos, las instituciones educativas han cerrado sus puertas y los maestros y estudiantes han tenido que ajustar y cambiar el proceso enseñanza aprendizaje [3], ya que de presencial ha pasado a una modalidad virtual, realizando actividades, tareas y clases desde sus hogares de una manera precipitada y sin una organización adecuada en primer instancia para concluir el ciclo escolar 2019-2020.

La misma situación de salud que provoca estrés, en combinación con varios factores o variables se potencializa. Algunas de ellas van relacionadas a la pérdida de libertad y movimiento por la cuarentena, más las clases y trabajos en línea, el nivel de estrés al que están sometidos los estudiantes es alta.

De manera general se debe de establecer que es estrés, para [4] el estrés es el conjunto de acciones fisiológicas que prepara al organismo para la acción esto es necesario para la supervivencia, al presentarse cualquier cambio en la vida cotidiana, este generará estrés, pero el impacto estará condicionado al estado físico y psíquico individual de cada persona. No todo el estrés puede ser considerado malo ya que estimula al organismo a alcanzar metas u objetivos, de una vez que el estímulo haya pasado, el organismo regresa a su estado normal, pero si existe demasiada presión o esta se conserva durante algún tiempo se presentara una resistencia. Diversas

circunstancias, presiones o ambientes generan al organismo un estado de alerta o amenaza, cuando esta sensación se prolonga por cierto tiempo se presenta agotamiento dando como resultado alteraciones funcionales u orgánicas. Al provocar el estrés estímulos que van dando una respuesta biológica y psicológica, se identifica que todo esto es provocado por un estresor el cual, es el estímulo o factor que provoca desarreglos que pueden llegar a convertirse en enfermedades [5].

Como se menciona anteriormente, el sector educativo está afectado por el estrés académico debido a las circunstancias del procesos enseñanza aprendizaje y ahora a la situación de salud y virtualidad en la educación. De ahí que los especialistas educativos determinen que es necesario diseñar programas para reducir los efectos adversos que se presentan al tener estrés sobre el desempeño académico en general y se le dé una atención oportuna a los estudiantes ya que las consecuencias del estrés académico se presentan en estados depresivos, ansiedad, irritabilidad, modificaciones en el sueño [6].

La institución en la cual se realizó la presente investigación preocupada por sus estudiantes y trabajando bajo indicadores como son el índice de deserción, reprobación y ahora salud de sus estudiantes, requiere buscar estrategias que apoyen a los estudiantes de licenciatura de la carrera de ingeniería industrial inscritos en el semestre febrero - junio 2020. Es necesario definir esas estrategias de acuerdo a las características que presentan en específico los estudiantes de esta institución, identificando como afecta en su rendimiento académico, y ayudarlos a ser más productivos en esta pandemia.

Metodología

Tipo de investigación.

Es de tipo transversal, no experimental, se aplicó el inventario CISCO SV-21 [1] a estudiantes de ingeniería industrial siendo este un criterio de inclusión, también que hayan aceptado que tienen estrés, cabe señalar que la institución no hace diferencia entre los dos sistemas con los que los estudiantes trabajan, uno es todo el semestre llevar las materias y el otro por módulos, considerando separar en esta investigación los sistemas.

Población y muestra.

Se aplicó a estudiantes de Ingeniería Industrial de los dos sistemas de segundo, cuarto sexto y octavo semestre matriculados en el semestre enero-junio 2020, del instituto ubicado en la ciudad de Tierra Blanca, Veracruz, México. Fueron encuestados 206 estudiantes los cuales se describen en la figura 1 que se presenta a continuación.

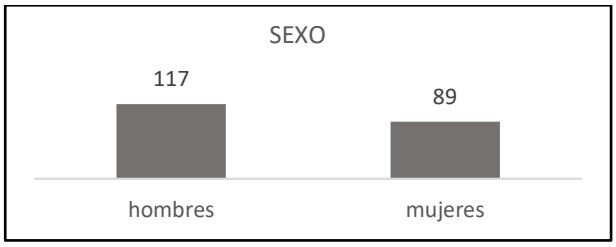


Figura 1. Distribución total de estudiantes encuestados, por sexo en la carrera

Los estudiantes encuestados del sistema escolarizado son 125 y del semi escolarizado 81 y la distribución se muestra en la figura 2, también se separó por hombres y mujeres de los diferentes sistemas para poder trabajarlos independientes, figura 3.

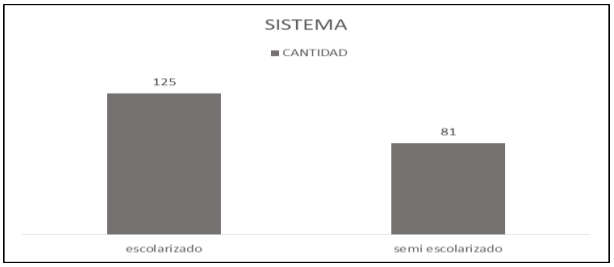


Figura 2. Distribución por sistema.

 ISSN 2007-8102

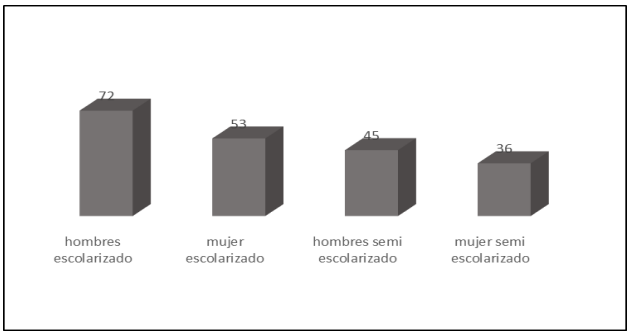


Figura 3. Distribución por sexo y sistema

Instrumento

El inventario SISCO SV-21 [1] está constituido por 23 items, 2 preguntas son generales y 21 son las que se tratan para obtener información y analizarla, estas preguntas se agrupan en 3 dimensiones. La escala de valores que se utiliza para este inventario es una escala de Likert que va de 0 a 5 de la siguiente manera: 0=nunca (N), 1= casi nunca (CN), 2= rara vez (RV), 3=Algunas veces (AV), 4=casi siempre (CS) y 5=siempre (S).

Tabla 1. Relación de dimensiones e Ítems

Dimensión	ítems
Estresores	1-7
Síntomas (Reacciones)	8-14
Estrategias de afrontamiento	15-21

Obtener los descriptivos.

Para ello se trabajará primero con los estudiantes de manera general, inscritos en el programa de ingeniería industrial por dimensiones. Los resultados están marcados en negrita los de mayor valor y en cursiva los de menor.

Tabla 1. Dimisión de estresores

Estresores	Media	Desviación
La sobrecarga de tareas y trabajos escolares que tengo que realizar todos los días	3.5	1.0
La personalidad y el carácter de los/as profesores/as que me imparten clases	*2.7*	*1.3*
La forma de evaluación de mis profesores/as (a través de ensayos, trabajos de investigación, búsquedas en Internet, etc.)	3.1	1.3
El nivel de exigencia de mis profesores/as.	3.4	1.3
El tipo de trabajo que me piden los profesores (consulta de temas, fichas de trabajo, ensayos, mapas conceptuales, etc.)	3.1	1.2
Tener tiempo limitado para hacer el trabajo que me encargan los/as profesores/as.	**3.7**	**1.2**
La poca claridad que tengo sobre lo que quieren los/as profesores/as	3.1	1.3

Se puede observar en la tabla 1, que el poco tiempo para hacer sus trabajos es el que más estrés le causa a los estudiantes y que la personalidad del profesor es lo que menos les estresa.

Tabla 2. Dimensión dos referente a síntomas

Síntomas	Media	Desviación
Fatiga crónica (cansancio permanente)	2.8	1.4
Sentimientos de depresión y tristeza (decaído)	2.6	1.6
Ansiedad, angustia o desesperación	**3.1**	**1.5**
Problemas de concentración	**3.1**	**1.4**
Sentimiento de agresividad o aumento de irritabilidad	2.4	1.6
Conflictos o tendencia a polemizar o discutir	2.2	1.6
Desgano para realizar las labores escolares	2.4	1.4

Los síntomas que presentan los estudiantes al someterse al estrés son: ansiedad o desesperación así como problemas de concentración, y no tienden a crear conflicto o discutir, tabla 2.

Tabla 3. Tercera dimisión, estrategias de afrontamiento

Estrategias	Media	Desviación
Concentrarse en resolver la situación que me preocupa	**3.2**	**1.2**
Establecer soluciones concretas para resolver la situación que me preocupa	**3.2**	**1.2**
Analizar lo positivo y negativo de las soluciones pensadas para solucionar la situación que me preocupa	**3.2**	**1.2**
Mantener el control sobre mis emociones para que no me afecte lo que me estresa	3.1	1.3
Recordar situaciones similares ocurridas anteriormente y pensar en cómo las solucione	**3.2**	**1.3**
Elaboración de un plan para enfrentar lo que me estresa y ejecución de sus tareas	3.0	1.3
Fijarse o tratar de obtener lo positivo de la situación que preocupa	**3.2**	**1.2**

Los estudiantes externan diversas estrategias para afrontar el estrés que van desde concretarse en resolver la situación, establecer soluciones concretas, analizar lo positivo y negativo, recordar situaciones similares y obtener los positivo de la situación pero no tienden a elaborar un plan para enfrentar lo que les estresa y ejecutar sus tareas, esto se observa en la Tabla 3.

Ya que se obtuvieron los descriptivos, se calcula el nivel de estrés tomando en cuenta los baremos (escalas), para esta investigación de los 2 propuestos por el autor [1] se tomará el normativo cuyos valores son: de 0 a 48% nivel de estrés leve, de 49% a 60% moderado, y de 61% a 100% severo. El autor deja a elección cual utilizar. Como se puede observar en la tabla 4, después de hacer el cálculo y multiplicar el promedio por 20 como indica la metodología, el nivel de estrés que presentan los estudiantes es severo.

Tabla 4. Nivel de estrés

Ítems	Valores
3	3.1
4	3.4
5	3.1
Resultado	**63.6%**

Hay que dejar en claro que esto es a nivel general, pero se desea saber si los dos sistemas de enseñanza arrojan los mismos resultados ya que no es el mismo tiempo de clases, se manejan módulos para semi escolarizado y clases durante todo el semestre para escolarizado, y las condiciones de cierre de semestre no fueron las mismas ya que el ultimo módulo del sistema semi escolarizado fue totalmente virtual por la contingencia, tal vez los estudiantes no conocían al profesor a diferencia del sistema escolarizado.

Resultados y discusión

El objetivo de esta investigación es saber cuál es el nivel de estrés en los sistemas y si existe una diferencia entre ellos, esta información presentarla a las autoridades educativas de la institución y se elaboren estrategias que ayuden a los estudiantes en su desempeño así como en los indicadores de la institución, para ello se realiza lo mismo que en la sección anterior pero ahora por sistema y por sexo obteniendo los siguientes resultados ya en resumen solo presentando los mayores en negrita y menores en cursiva.

Tabla 5 estresores escolarizado

Estresores	Media	Desviación
Tener tiempo limitado para hacer el trabajo que me encargan los/as profesores/as	**3.7**	**1.1**
La personalidad y el carácter de los/as profesores/as que me imparten clases	*2.7*	*1.3*

Tabla 6. Estresores semi escolarizado

Estresores	Media	Desviación
Tener tiempo limitado para hacer el trabajo que me encargan los/as profesores/as	**3.6**	**1.4**
La personalidad y el carácter de los/as profesores/as que me imparten clases	*2.7*	*1.3*

En la tabla 5 y 6 se puede observar que no hay diferencia entre un sistema y otro debido a que los dos sistemas arrojan que tener tiempo limitado para hacer sus trabajos es lo que mayor estrés les arroja y no les estresa la personalidad del profesor.

Tabla 7. Síntomas escolarizado.

Síntomas	Media	Desviación
Ansiedad, angustia o desesperación	**3.1**	**1.5**
Problemas de concentración	**3.1**	**1.4**
Conflictos o tendencia a polemizar o discutir	*2.3*	*1.6*

Tabla 8. Síntomas semi escolarizado.

Síntomas	Media	Desviación
Ansiedad, angustia o desesperación	**3.1**	**1.6**
Conflictos o tendencia a polemizar o discutir	*2.0*	*1.5*

Se puede observar en la tabla 7 y 8 que los estudiantes de escolarizado presentan ansiedad, angustia y desesperación como en el sistema semi escolarizado pero también presentan problemas de concentración. Los dos sistemas no presentan conflictos o tendencia a discutir.

Tabla 9. Estrategias de afrontamiento escolarizado.

Estrategias	Media	Desviación
Concentrarse en resolver la situación que me preocupa	**3.2**	**1.2**
Establecer soluciones concretas para resolver la situación que me preocupa	**3.2**	**1.2**
Analizar lo positivo y negativo de las soluciones pensadas para solucionar la situación que me preocupa	**3.2**	**1.1**
Mantener el control sobre mis emociones para que no me afecte lo que me estresa	**3.2**	**1.3**
Recordar situaciones similares ocurridas anteriormente y pensar en cómo las solucione	**3.2**	**1.1**
Fijarse o tratar de obtener lo positivo de la situación que preocupa	**3.2**	**1.2**
Elaboración de un plan para enfrentar lo que me estresa y ejecución de sus tareas	*3.0*	*1.2*

Tabla 10. Estrategias de afrontamiento semi escolarizado.

Estrategias	Media	Desviación
Concentrarse en resolver la situación que me preocupa	**3.2**	**1.2**
Establecer soluciones concretas para resolver la situación que me preocupa	**3.2**	**1.3**
Analizar lo positivo y negativo de las soluciones pensadas para solucionar la situación que me preocupa	**3.2**	**1.3**
Fijarse o tratar de obtener lo positivo de la situación que preocupa	**3.2**	**1.3**
Mantener el control sobre mis emociones para que no me afecte lo que me estresa	*3.0*	*1.4*
Elaboración de un plan para enfrentar lo que me estresa y ejecución de sus tareas	*3.0*	*1.4*

En esta dimensión es donde se reflejan en el sistema escolarizado (tablas 9 y 10) una diversidad de estrategias para enfrentar el estrés (6) a diferencia del sistema semi escolarizado que solo presenta 4, algo que observar es que ninguno de los 2 sistemas elaboran un plan para afrontar lo que les estresa y ejecutar las tareas.

Tabla 11. Estresores hombre-escolarizado

Estresores	Media	Desviación
Tener tiempo limitado para hacer el trabajo que me encargan los/as profesores/as	**3.8**	**1.1**
La personalidad y el carácter de los/as profesores/as que me imparten clases	*2.9*	*1.3*

Tabla 12. Estresores hombre-semi escolarizado

Estresores	Media	Desviación
La sobrecarga de tareas y trabajos escolares que tengo que realizar todos los días	**3.6**	**1.0**
El nivel de exigencia de mis profesores/as	**3.6**	**1.2**
Tener tiempo limitado para hacer el trabajo que me encargan los/as profesores/as	**3.6**	**1.3**
La personalidad y el carácter de los/as profesores/as que me imparten clases	*2.7*	*1.3*

Cuando se habla de los estresores (tabla 11 y 12) los hombres en los diferentes sistemas presentan una diferencia ya que en escolarizado su estresor principal es el tiempo limitado sin en cambio en semi escolarizado aparte de ese les estresa la sobrecarga de tareas y trabajo y el nivel de exigencia de los profesores, se coincide en que la personalidad de los profesores no es un estresante para ellos.

Tabla 13. Estresores mujer-escolarizado

Estresores	Media	Desviación
Tener tiempo limitado para hacer el trabajo que me encargan los/as profesores/as	**3.6**	**1.1**
La personalidad y el carácter de los/as profesores/as que me imparten clases	*2.6*	*1.4*

Tabla 14. Estresores mujer-semi escolarizado

Estresores	Media	Desviación
Tener tiempo limitado para hacer el trabajo que me encargan los/as profesores/as	**3.6**	**1.4**
La personalidad y el carácter de los/as profesores/as que me imparten clases	*2.7*	*1.4*

Sin embargo para las mujeres solo les estresa el tiempo limitado y se coincide en los dos sistemas que la personalidad y el carácter de los profesores no les generan estrés, (tabla 13 y 14).

Tabla 15. Síntomas Hombre escolarizado/semi escolarizado

Síntomas	Media E/S	Desviación E/S
Ansiedad, angustia o desesperación	**3.1/3.3**	**1.4/1.5**
Conflictos o tendencia a polemizar o discutir	*2.4/2.1*	*1.6*

Tabla 16. Síntomas mujer-escolarizado/semi escolarizado

Síntomas	Media E/S	Desviación E/S
Ansiedad, angustia o desesperación	**2.9/3.4**	**1.5**
Conflictos o tendencia a polemizar o discutir	*1.9/2.1*	*1.4/1.6*

En los dos sistemas y en los dos sexos (tabla 15 y 16), se coincide que los síntomas que presentan son ansiedad angustia y desesperación y que no tienden a ser conflictivos ni a discutir en alguna situación de estrés.

Tabla 17. Estrategias hombre-escolarizado

Estrategias	Media	Desviación
Concentrarse en resolver la situación que me preocupa	**3.4**	**1.2**
Elaboración de un plan para enfrentar lo que me estresa y ejecución de sus tareas	*3.0*	*1.2*

Tabla 18. Estrategias hombre-semi escolarizado

Estrategias	Media	Desviación
Concentrarse en resolver la situación que me preocupa	**3.1**	**1.2**
Establecer soluciones concretas para resolver la situación que me preocupa	**3.1**	**1.3**
Fijarse o tratar de obtener lo positivo de la situación que preocupa	**3.1**	**1.5**
Mantener el control sobre mis emociones para que no me afecte lo que me estresa	*2.8*	*1.4*

Como se puede observar en las tablas 17 y 18 los estudiantes del sistema semi escolarizado tienen más estrategias de afrontamiento al estrés, aparte de concretarse en resolver la situación, establecen soluciones concretas y tratan de obtener lo positivo de cualquier situación, los hombres de escolarizado no realizan un plan para enfrentar lo que les estresa y los de semi escolarizado no controlan sus emociones ante el estrés.

Tabla 19. Estrategias mujer-escolarizado

Estrategias	Media	Desviación
Mantener el control sobre mis emociones para que no me afecte lo que me estresa	**3.3**	**1.1**
Concentrarse en resolver la situación que me preocupa	*3.0*	*1.2*

Tabla 20. Estrategias mujer-semi escolarizado

Estrategias	Media	Desviación
Analizar lo positivo y negativo de las soluciones pensadas para solucionar la situación que me preocupa	**3.4**	**1.3**
Fijarse o tratar de obtener lo positivo de la situación que preocupa	**3.4**	**1.2**
Elaboración de un plan para enfrentar lo que me estresa y ejecución de sus tareas	*2.9*	*1.4*

Sin en cambio las mujeres de escolarizado mantienen el control de sus emociones al enfrentar el estrés y las de semi escolarizado analizan lo positivo y negativo del pasado para solucionar lo actual y trata de obtener lo positivo de la situación actual, tabla 19 y 20.

Tabla 21. Niveles de estrés.

Total	
64%	
Escolarizado	**Semi escolarizado**
64%	**64%**
Hombres	**Mujeres**
66%	**61%**
Hombres /Ecolarizado	**Hombres semiescolarizado**
67%	**65%**
mujer/escolarizado	**mujer/semiescolarizado**
60%	**62%**

Por último se obtienen los niveles de estrés para cada uno de los rubros con los que se ha estado trabajando concentrándose en la tabla 21.

Trabajo a futuro

Este trabajo solo se llevó acabo en la Licenciatura de ingeniería industrial, existiendo más carreras en las cuales se presentan problemas de reprobación de deserción, es bueno que se trabaje en cada uno de ellas y buscar estrategias que permitan evitar la afectación en los estudiantes.

Conclusiones

Se presenta un nivel de estrés severo (64%) en los estudiantes encuestados de la carrera de ingeniería industrial.

Los hombres en general presentan un mayor porcentaje de estrés severo.

Los hombres en el sistema escolarizado presentan un porcentaje mayor de estrés que las mujeres a diferencia de las mujeres ya que las del sistema semi escolarizado presentan mayor porcentaje de estrés.

El estresor que está presente en general en todos los estudiantes, en los dos sistemas y también por sexo es el de tener tiempo limitado para hacer el trabajo que le encargan los/as profesores/as. Sin embargo algo muy interesante debido al tiempo en que se ven los contenidos a los estudiantes de semi escolarizado les estresa la sobrecarga de tareas y trabajo y el nivel de exigencia de los profesores.

Lo mismo pasa en los síntomas el cual es que está presente en todos los estratos es Ansiedad, angustia o desesperación y en general, por sistema y por sexo los estudiantes no presentan conflictos o tendencia a polemizar o discutir, estos síntomas pueden derivar en afecciones para su salud [7].

Por último los estudiantes de ingeniería industrial encuestados tienen diversas estrategias de afrontamiento del estrés.

Estos resultados son de gran importancia para aumentar la productividad en el estudiante ya que con los estresores, síntomas y estrategias de afrontamiento iguales se pueden hacer estrategias generales y con los que sus resultados son diferentes a cada sistema se le debe tratar de manera particular y hacer sus diferentes estrategias todo lo anterior de manera colegiada por academias. Para el departamento de desarrollo académico esta información también es relevante por el índice de deserción y reprobación que se presenta cada semestre.

Agradecimientos

Se agradece al ITSTB, las facilidades proporcionadas para realizar la presente investigación.

Referencias

[1] A. Barraza. *Inventario SIStémico COgnoscitivista para el estudio del estrés académico*, 2da. Versión de 21 ítems. Editorial: Books-©ECORFAN- México, Durango. 2018. Recuperado de http://www.ecorfan.org/libros/Inventario_SISCO_SV-21/Inventario_sist%C3%A9mico_cognoscitivista_para_el_estudio_del_estr%C3%A9s.pdf

[2] Consideraciones psicosociales y de salud mental durante el brote de COVID-19 18 de marzo del 2020 Organización panamericana de salud, oms https://iris.paho.org/bitstream/handle/10665.2/52571/OPSWNMHMHCovid-1920040_spa.pdf?sequence=3&isAllowed=y

[3] A. Hollander, "*Educación a distancia en tiempos de COVID-19"*, UNICEF, México. Abril 2020. https://www.unicef.org/mexico/educaci%C3%B3n-en-tiempos-de-covid-19

[4] S. Torrades, "Estrés y Bounort (definición y prevención)", *Divulgación sanitaria OFFARM*, *Ámbito farmacéutico*, Vol. 26, pp. 104-107, Núm. 10, noviembre 2007. Recuperado de: https://www.elsevier.es/es-revista-offarm-4-articulo-estres-burn-out-definicion-prevencion-13112896

[5] A. Orlandini. "*El estrés Qué es y cómo evitarlo"*, 1ra. Edición electrónica. ISBN 978-607-16-1177-2 México. 2012

[6] N. Berrío, R. Mazo. "Estrés Académico". *Revista de psicología Universidad de Antioquia*. Vol. 3. No. 2. Julio-Diciembre de 2011.

[7] H. A. Maturana, "El estrés escolar", Revista Médica Clínica Las Condes, Vol. 26, No.1, pp. 34-41. Enero-febrero 2015, recuperado de: https://

 ISSN 2007-8102

Competencias docentes de mayor impacto desde la perspectiva de los estudiantes de nivel superior

B. Sandoval González[1], M.P. Hernández Beltrán[1], S. Espinoza Morales[1], C.L.E. Villa Arias[1], N.T. Luna Vázquez[2]*
[1]Departamento de Ciencias económico administrativas, Instituto Tecnológico de Tepic, Av. Tecnológico No. 2595, Fracc. Lagos del Country, C.P. 63175, Tepic, Nayarit, México
[2]Departamento de Desarrollo Académico, Instituto Tecnológico de Tepic, 63175, Tepic, Nayarit, México
bsandoval@ittepic.edu.mx

***Área de participación**: Investigación educativa*

Resumen

A través de este estudio de tipo diagnóstico y exploratorio se obtuvo la apreciación de las competencias del perfil docente que los estudiantes consideran de mayor importancia o impacto para su formación profesional, la muestra estuvo constituida por 258 estudiantes avanzados en el nivel superior de todas las carreras que oferta una Institución de Educación Superior pública en México, lo anterior en el periodo enero-junio 2019. Los resultados muestran una valoración predominante de los estudiantes sobre las competencias de dominio de conocimientos de los profesores; en segundo lugar competencias de índole personales como motivación y comunicación; y en tercer lugar relacionadas con las competencias pedagógicas y tecnológicas.

***Palabras clave**: Perfil docente, estudiantes, evaluación docente, desempeño docente*

Abstract

Through this diagnostic and exploratory study we obtained the appreciation of the competences of the teaching profile that the students consider of greater importance or impact for their professional formation, the sample was constituted by 258 advanced students in the superior level of all the careers that a public higher education institution offer in Mexico, the previous thing in the period January - June 2019. The results show a predominant evaluation by the students of the knowledge mastery skills of the teachers; secondly, personal skills such as motivation and communication; and thirdly, pedagogical and technological skills.

***Key words**: Keywords: Teacher profile, students, teacher evaluation, teacher performance*

Introducción

La evaluación de la efectividad de la docencia es un aspecto que se considera fundamental en la mayoría de las Instituciones de Educación Superior; determinar la calidad con que se llevan a cabo determinadas funciones docentes es esencial, por lo tanto la evaluación del desempeño se ha convertido en una herramienta importante en la toma de decisiones, sin ella no es posible detectar las áreas de oportunidad o mejora, ni las fortalezas para reconocer de alguna manera la eficacia de un proceso, o como en este caso del actuar docente. Sin embargo, resulta complejo establecer lo que significa ser un buen profesor para poder evaluarlo, debido a que no existe un acuerdo teórico y práctico para definir su constructo; en lo que sí hay claridad es respecto a que la evaluación en su carácter formativa debe orientar la mejora de la calidad de la enseñanza [1].

Arámburo y Luna [2] mencionan que en México se reporta el uso de los cuestionarios de apreciación estudiantil como la estrategia privilegiada para evaluar el desempeño docente, exponen que el 98% de las instituciones encuestadas la utilizan, de ellas, 86% evalúa mediante este medio al total de la población de docentes y 12% los

usa para evaluar a una muestra de profesores. Sin embargo, existe muy poca investigación al respecto del uso de la información que se arroja.

Pacheco, et al [3] señalan que el diseño y empleo de instrumentos pertinentes y útiles constituye un reto en la evaluación del desempeño docente, porque los instrumentos deben elaborarse con base en los perfiles de la docencia de las instituciones, es decir se debe tomar en cuenta el contexto de la institución así como el modelo educativo vigente.

A través de diversas investigaciones y experiencias de evaluación se ha logrado identificar aspectos comunes que definen el perfil de un buen docente entre los que destacan el dominio de los conocimientos de las asignaturas que se imparten, los métodos y estrategias de enseñanza, el compromiso del docente en el escenario educativo y la relación que establece con los estudiantes [3].

De acuerdo con Rueda [4], es muy difícil que las competencias docentes puedan ser las mismas para todas las instituciones escolares, independientemente del nivel educativo que se trate, ya que las competencias dependerán de los contextos específicos de las instituciones y sus características. Sin embargo, a pesar a esta complejidad reconoce que la evaluación de las competencias representa algunas ventajas respecto de las evaluaciones tradicionales; como que facilita que se adopten un mayor rango de cualidades en su descripción, destacan abiertamente lo que deben hacer los profesionistas competentes y lo que se espera de ellos, especifican metas más claras para los formadores y clarifican las expectativas a los aprendices. De igual manera proporcionan bases para elaborar procedimientos más sólidos de evaluación de las habilidades profesionales y obligan a la clarificación de qué, para qué y cómo se hará la evaluación [4].

En el Tecnológico Nacional de México (TecNM) se cuenta con un instrumento de evaluación docente a través del cual los estudiantes evalúan el desempeño de sus maestros. Las competencias vigentes del perfil docente declaradas y definidas en el Cuestionario de Evaluación del Desempeño Docente (CEDD) con enfoque en competencias [5], son las siguientes:

Disciplina: Domina los principios, fundamentos y conceptos de la disciplina que imparte en el curso.
Planificación del curso: Planifica con precisión y detalle el proceso de aprendizaje, con base en la naturaleza de los contenidos, las características de los estudiantes y el perfil del curso y de la carrera.
Diseño de ambientes de aprendizaje: Crea ambientes, espacios y climas donde los estudiantes aprenden con eficacia y gusto.
Estrategias, métodos y técnicas de aprendizaje: Usa estrategias, métodos y técnicas efectivas de aprendizaje.
Motivación: Estimula el interés de los estudiantes por un aprendizaje efectivo.
Evaluación del aprendizaje: Desarrolla sistemas, estrategias y criterios de evaluación que apoyan y favorecen el aprendizaje de los estudiantes.
Comunicación: Usa y favorece las diferentes formas y medios de expresión para establecer una comunicación genuina entre los actores del proceso de aprendizaje.
Gestión del curso: Es responsable y equitativo en las actividades relacionadas con el curso.
Tecnologías de la información y de la comunicación: Integra, con responsabilidad, el uso intensivo de las tecnologías de la información y de la comunicación en el proceso de aprendizaje.

Así mismo se añade en el cuestionario una dimensión relacionada con la satisfacción general.

Como parte de un estudio más extenso sobre el análisis de la evaluación del desempeño docente en el Instituto Tecnológico de Tepic; este documento reporta cuáles son las competencias del perfil docente que los estudiantes consideran de mayor impacto o aporte para su formación profesional. Lo anterior con la finalidad de generar discusiones y aportaciones en el contexto institucional acerca de las competencias del perfil docente, la práctica docente y el proceso de evaluación del desempeño docente; tomando en cuenta la perspectiva de los estudiantes acerca de lo que ellos valoran como más importante en un buen profesor.

Metodología

Este estudio se proyectó de manera diagnóstica y exploratoria, trasversal y no experimental.
Para recabar la opinión de los estudiantes sobre las competencias de mayor importancia para ellos, se diseñó un cuestionario estructurado en tres apartados, en la primera parte de les pidió a los estudiantes que ponderaran la importancia de tres tipos de competencia: A. Habilidades personales del profesor: como comunicación, empatía, motivación, liderazgo, comportamiento ético, B. Habilidades técnico- pedagógicas del profesor como planeación del curso, manejo de estrategias didácticas y uso de tecnologías y C. Dominio de los conocimientos, experiencia profesional del docente, capacidad de vincular la teoría con la práctica. En el segundo apartado se les solicitó ordenaran la importancia de cada una de las nueve competencias que evalúa el CEDD del Instituto antes mencionadas; a éstas se añadió una descripción para facilitar su interpretación y entendimiento. Y en la tercera parte del cuestionario se añadió una pregunta abierta, donde se les pidió a los estudiantes que escribieran tres características de los mejores profesores que hayan tenido a lo largo de su trayectoria escolar y hayan impactado en su formación profesional.
Se seleccionó una muestra estratificada por carrera, constituida por 258 estudiantes inscritos en el octavo semestre en el periodo enero-junio 2019, en alguno de los once programas de nivel licenciatura que oferta el Instituto Tecnológico de Tepic: Arquitectura, Lic. en Administración, Ing. en Gestión Empresarial, Ing. Química, Ing. Bioquímica, Ing. Industrial, Ing. Civil, Ing. Eléctrica, Ing. Mecatrónica, Ing. en Sistemas Computacionales e Ing. en Tecnologías de la Información y Comunicación.

Los cuestionarios se codificaron por carrera y las respuestas se concentraron en una base de datos en Excel.
Se realizaron tablas para identificar la popularidad de las respuestas, en el caso de las preguntas donde se solicitó elegir un orden de importancia de las respuestas propuestas.
En la pregunta abierta donde se le solicitó al estudiante nombrar tres características de los mejores profesores, se realizó un análisis mediante el software Nvivo de investigación cualitativa para identificar las palabras más frecuentes.

Resultados y discusión

En la primera parte del cuestionario aplicado donde se les solicitó a los estudiantes enumerar del 1 al 3 a estos grupos de competencias docentes: Habilidades personales, Habilidades técnico-pedagógicas y Dominio de conocimientos; según consideraron que contribuyeron más a su formación profesional, indicándole que el número 1 significa mayor impacto, 2 regular impacto y 3 menor impacto.

Como resultado se obtuvo, que el 54.65% de los estudiantes de la muestra coincide en ubicar Dominio de conocimientos en primer lugar como la competencia de mayor impacto, un 36.18% de estudiantes coincide en ubicar como competencia de regular impacto a las Habilidades personales, y en un porcentaje mayor de coincidencia con un 49.80% ubica en tercer lugar las Habilidades técnico-pedagógicas como las de menor impacto. Todas las ponderaciones obtenidas se pueden apreciar en la tabla 1.

Tabla 1. Nivel de importancia de los grupos de competencias docentes que los estudiantes consideran para su formación profesional.

Lugar	Competencias relacionadas con Habilidades personales	Competencias relacionadas con Habilidades técnico-pedagógicas	Competencias relacionadas con el Domino de conocimientos
1º.	28.68%	16.66%	**54.65%**
2º.	**36.18%**	33.46%	30.35%
3º.	35.13%	**49.80%**	15.08%

En la segunda parte del cuestionario se les solicitó a los estudiantes que enumeraran del 1 al 9 cada una de las competencias docentes que contempla el CEDD, con la indicación de que el número 1 es la competencia que consideran de mayor importancia y el 9 significa la menor importancia, sin poder repetir algún valor numérico. En el cuestionario se añadió la definición de cada competencia para su mayor comprensión.

La respuesta más popular como la competencia de mayor importancia, ubicada en el número 1, es Dominio de la asignatura con 134 asignaciones, en segundo lugar de popularidad en este rango de importancia es Comunicación con 34 asignaciones, en el tercer lugar se ubica Estrategias, Métodos y técnicas con 23 asignaciones, en cuarto lugar Planificación del curso con 21 asignaciones al igual que Motivación con el mismo puntaje; y las competencias menos populares para este rango son Ambientes de aprendizaje con 12 asignaciones, Evaluación con 8, Gestión del curso con 3 y Tecnologías de la información y comunicación con 2 asignaciones.

A continuación, para su análisis y mayor representatividad, la información se presenta en la Tabla 2, se incluyen todas las asignaciones por rango de importancia de cada una de las competencias consideradas en el CEDD.

Tabla 2. Nivel de importancia de las nueve competencias docentes ponderadas por los estudiantes

	Rango de importancia									
Competencia docente	**1 Más**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9 Menos**	**Total**
Dominio de la asignatura	**134**	55	18	27	6	7	5	2	4	258
Planificación del curso	21	32	62	37	28	28	16	19	15	258
Ambientes de aprendizaje	12	24	22	27	43	26	41	30	33	258
Estrategias, métodos y técnicas	23	44	46	42	43	27	18	13	2	258
Motivación	21	35	43	36	30	33	25	24	11	258
Evaluación	8	15	18	28	38	51	44	29	27	258
Comunicación	34	45	33	38	36	31	23	12	6	258
Gestión del curso	3	3	5	10	15	20	40	59	**103**	258
Tecnologías de la información y comunicación	2	5	11	13	19	35	46	70	57	258
Total	258	258	258	258	258	258	258	258	258	

A manera de resumen de este ítem se resalta lo siguiente: las competencias de mayor importancia son Dominio de la asignatura, Comunicación y Estrategias, métodos y técnicas; como menos importantes se encuentran Gestión del curso, Tecnologías de la información y comunicación, y Ambientes de aprendizaje; en una posición intermedia se pueden mencionar a Planificación del curso, Motivación y Evaluación.

En la tercera parte del cuestionario se les requirió a los estudiantes que mencionaran tres características generales de los mejores profesores que han tenido a lo largo de su trayectoria escolar en el Instituto Tecnológico de Tepic y que haya impactado en su formación profesional. En la figura 1 se muestra una nube de palabras representativa. Para lo anterior fueron eliminadas las palabras vacías y agrupadas las palabras similares y en la tabla 3 se presentan las 20 palabras más frecuentes en las respuestas de los estudiantes.

 ISSN 2007-8102



Figura 1. Palabras de mayor coincidencia, en las características generales de los mejores profesores que han tenido los estudiantes a lo largo de su trayectoria escolar.

Tabla 3. Palabras de mayor coincidencia, en las características generales de los mejores profesores que han tenido los estudiantes a lo largo de su trayectoria escolar.

Palabra	Longitud	Conteo	Porcentaje ponderado (%)	Palabras similares
Dominio	7	82	4.75	Dominio, dominan
Conocimiento	12	56	3.24	Conocimiento, Conocimientos
Tema	4	56	3.24	Tema, Temas
Materia	7	52	3.01	Materia, Materias
Motivación	10	50	2.90	Motivación
Comunicación	12	42	2.43	Comunicación
Responsable	11	39	2.26	Responsible, responsabilidad
Aprendizaje	11	38	2.21	Aprendizaje, Aprendizajes, aprender
Asignatura	10	31	1.80	Asignatura, Asignaturas
Práctica	8	30	1.74	Práctica, Prácticas
Experiencia	11	25	1.45	Experiencia, Experiencias
Ambiente	8	17	0.98	Ambiental, Ambiente
Enseñar	7	17	0.98	Enseñar
Interés	7	17	0.98	Interés
Confianza	9	15	0.87	Confianza
Explicar	8	15	0.87	Explicar
Dudas	5	13	0.75	Duda, Dudas
Empatía	7	13	0.75	Empatía
Profesional	11	13	0.75	Profesional
Teoría	6	13	0.75	Teoría

Este apartado confirma que las competencias de mayor aprecio por los estudiantes son las de Dominio del tema o conocimientos, después de las primeras palabras asociadas a esta competencia, siguen Motivación y Comunicación como competencias sobresalientes en los mejores profesores desde su punto de vista; posteriormente aparecen de manera frecuente las palabras Responsable, Aprendizaje, Práctica y Experiencia como rasgos sobresalientes.

Los resultados obtenidos son congruentes con lo que otros estudios han señalado [3] en relación a las competencias del perfil de un buen docente; el dominio de conocimientos es sin lugar a dudas una competencia muy importante para los estudiantes del Instituto, dado el nivel que estudian y la preparación que esperan recibir; después de ésta, son valoradas por los estudiantes las competencias personales del profesor, relacionadas con la motivación y la comunicación; y de las competencias pedagógicas el uso de estrategias y métodos de aprendizaje.

En otro sentido, el hecho de encontrar una valoración predominante de la competencia Dominio de conocimientos, pudiera reflejar que tanto la práctica docente como el estilo de estudiante sigue siendo tradicional, a pesar de tener implementado en el Instituto un modelo educativo basado en competencias, se sigue preponderando el conocimiento o los temas; ya que las valoraciones que hace el estudiante del profesor son un reflejo de su práctica docente y por supuesto de los valores con los cuales el estudiante juzga y aprecia su entorno.

Trabajo a futuro

Se sugiere realizar este estudio con población de estudiantes de menor grado de avance académico para comparar sus apreciaciones respecto a las competencias docentes de mayor impacto o importancia, y determinar si el grado que cursa el estudiante influye en esta apreciación. Por otro lado, es importante realizar estudios entorno al conocimiento, significancia y práctica del modelo educativo por competencias de los profesores para obtener un diagnóstico e implementar acciones de capacitación, con la finalidad de fortalecer sus competencias docentes. Así mismo, es importante realizar estudios que consideren la propia percepción de los profesores dentro del análisis del contexto institucional de las competencias del perfil docente.

Conclusiones

Existe un aprecio importante por parte de los estudiantes sobre la competencia docente relacionada con el Dominio de conocimientos, lo cual en alguna medida pronosticaría un desempeño sobresaliente del profesor; asociada con otras competencias como Comunicación y Motivación.
Definir las competencias del perfil docente es un proceso complejo que debe incluir las perspectivas tanto de los docentes, estudiantes y administradores, así como considerar el Modelo educativo bajo el cual se desarrolla la práctica docente. Es un acierto contar con un instrumento de evaluación del desempeño docente que esté basado en el perfil docente; sin embargo, se deben considerar otras variables como la naturaleza de la disciplina y el contexto bajo el cual se desarrolla un curso en el proceso de evaluación. Hoy en día el contexto en el cual nos encontramos debido a la contingencia sanitaria nos obliga a ofertar educación a distancia, y serán nuevas competencias docentes las que demanden y valoren nuestros estudiantes, las cuales se deben considerar en el perfil docente tanto para la capacitación y adiestramiento de competencias de índole tecnológicas para los profesores como para la evaluación de la calidad de la enseñanza en este nuevo contexto.

Referencias

[1] F. J. Tejedor, “Evaluación del desempeño docente,” *Rev. Iberoam. Evaluación Educ.*, vol. 5, no. 1e, 2012.
[2] V. Arámburo Vizcarra y E. Luna Serrano, “La influencia de las características, profesor y del curso en los puntajes de evaluación docente,” *Rev. Mex. Investig. Educ.*, vol. 18, no. 58, pp. 949–968, 2013.

[3] M. L. del C. Pacheco Cámara, I. Ibarra Bocardo, M. E. Iñiguez Galindo, H. Lee García, and C. V. Sánchez, “The evaluation of teacher’s performance in higher education,” *Rev. Digit. Univ.*, vol. 19, no. 6, Sep. 2018.
[4] M. Rueda, “La evaluación del desempeño docente: consideraciones desde el enfoque por competencias,” *Rev. Electrónica Investig. Educ.*, vol. 11, no. 2, 2009.
[5] DGEST. Dirección General de Educación Superior Tecnológica., “Cuestionario de evaluación del desempeño docente vesión alumnos.” 2013.

Estrategia didáctica para minimizar índices de reprobación caso: Exámenes Exactos del TecNM-campus Cd. Juárez

[1]J. A. Villaseñor, [1]A. Meza Galván, [1]R. S. Cera Gaytán, [1]H. A. Sánchez Sánchez y G. J. Chávez Moreno.*

Departamento de Ciencias Básicas, Tecnológico Nacional de México, Campus Cd. Juárez
Av. Tecnológico 1340, Fuentes del Valle, 32500 Cd Juárez, Chih. México.

**jalanis@itcj.edu.mx*

***Área de participación**: Investigación educativa*

Resumen

El presente trabajo de investigación muestra la implementación de la estrategia didáctica llamada E2 =ma (por sus siglas Examen Exacto igual a Mejoramiento en el Aprendizaje), con la finalidad de reducir los índices de reprobación y de deserción de los alumnos que cursan las materias de ciencias básicas. El método E2 =ma consiste en 4 pasos: Resultado, Resolver, Revisar y Retroalimentar (4 R). Los resultados empíricos de la aplicación de este métodos muestran que los alumnos se auto motivan, aumenta su confianza y mejora su aprendizaje, Estas habilidades son identificadas [1] como destrezas de un ser humano para formar seres competitivos para el siglo XXI; reflejándose en una mejor calificación final. Se concluye que con esta estrategia de exámenes con respuesta, es más efectivo el aprendizaje y disminuye el estrés y tensión de los alumnos en comparación de un examen tradicional y que no en comparación a los profesores que no llevan el modelo [2].

***Palabras clave:** Estrategia didáctica, Índices de Reprobación, Estrategia de evaluación.*

Abstract

This research work shows the implementation of the didactic strategy called E2 = ma (by its acronym "Examen Exacto" equals Improvement in Learning), in order to reduce the failure and dropout rates of students who take the subjects of basic sciences. The E2 = ma method consists of 4 steps: Result, Solve, Review and Feedback (4 R). The empirical results of the application of these methods show that students motivate themselves, increase their confidence and improve their learning. These skills are identified [1] as the skills of a human being to form competitive beings for the 21st century; reflecting in a better final grade. It is concluded that with this strategy of tests with response, learning is more effective and reduces stress and tension in students compared to a traditional test and not compared to teachers who do not carry the model [2].

***Keywords**: Didactic strategy, Failure rates, Evaluation strategy.*

Introducción

En el IT de Ciudad Juárez se lleva a cabo el MBE en algunas materias de Ciencias Básicas, Administración y Contaduría [3], el cual propone diferentes estrategias didácticas y de evaluación. Un ejemplo son los exámenes inversos, esto es cuando el mismo alumno crea su propio examen basado en lo que se vio en clase, pero a un problema real, fundamentado también en el protocolo de un trabajo de investigación. La estrategia de implementación propuesta se encuadrada en concepto de la ¨Enseñanzas por Competencias¨, modelo utilizado en el sistema de Tecnológico Nacional de México [4], [5].

 ISSN 2007-8102

Aparte es una nueva estrategia para ambas partes; se quita el miedo de los exámenes tradicionales y si se tenían dudas en otros tiempos que no se habían presentado, ya que siempre se tiene el pensamiento de “esto en un futuro ¿en qué me va a ayudar?”. Lo cual también forma parte del “aprendizaje significativo” que es pasar de lo aprendido en clase a la aplicación real de problemas en la vida cotidiana.

Se quiere que los estudiantes se orienten hacia aprendizajes profundos, hacia el razonamiento, el examen crítico de las evidencias, la aplicación práctica de lo aprendido, la valoración fundamentada, eso es entonces lo que se debe de evaluar.

La evaluación bajo este concepto de exámenes inversos señala a aquello que es realmente valioso en la escuela, puesto que implica para los estudiantes, en fin, de cuentas, aprobar o no aprobar el curso y con frecuencia ser así mismo ubicados en una jerarquía de calificaciones, con posible trascendencia hacia el futuro.

El trabajo llama la atención sobre algunos de los principales problemas que puede representar la práctica de la evaluación tradicional en la escuela, el énfasis en los aprendizajes más superficiales y de menor nivel, la ilusión totalizante, el imposible diagnóstico de lo aprendido como paso previo a toda enseñanza, el esencialismo, el error tomado como anormalidad, el papel de la nota, la instrumentación engañosa, el crecimiento desmesurado de la acción evaluadora de los docentes, la actividad normal de una escuela rica en experiencias formativas.

Realmente la mayor parte de los exámenes no funcionan como un buen instrumento de evaluación debido a su insuficiente certeza. De hecho, los exámenes estandarizados como método evaluativo es algo utilizado a nivel internacional, esto no quiere decir que sea una mala opción para comprobar el progreso de los estudiantes, simplemente que memorizar puede hacerlo cualquiera, pero aprender o llevarlo a la práctica no todos pueden lograrlo y menos cuando el docente no se tiene fijada como meta que sus alumnos no solo aprendan, sino comprendan.

Debido a los datos preocupantes mencionados anteriormente, se ve necesario implementar un nuevo modelo de evaluación que realmente abogue por el verdadero aprendizaje y el correcto desarrollo e implementación de las diversas competencias.

Es por eso por lo que se pretende dar a conocer este nuevo modelo de “examen inverso” el cual consiste en que los propios alumnos realicen su propia prueba, tomando en cuenta los temas vistos en el aula, solo que en este caso desarrollándolos de tal forma que el estudiante refleje absolutamente todo lo que aprendió en todo el curso

Por último, estudios revelan que México es uno de los países con mayor nivel de estrés en el mundo y en general se demuestra en los estudiantes universitarios debido a la sobre carga. Es importante señalar que hay en estudio otras formas y/o estrategias didácticas de aprendizaje y evaluación [6]

Planteamiento del problema

El tema a investigar es la utilización del modelo de aprendizaje invertido a nivel superior mediante la aplicación de exámenes.

Los alumnos no saben cómo implementar, aplicar y en que problemas utilizar los temas vistos en clase, ya que solo se le da seguimiento al temario, sin embargo, no les enseña cómo aplicarlo en el mundo laboral.

Los alumnos no comprenden completamente los temas vistos en clase, para ello los exámenes inversos será una ayuda en donde los estudiantes van a recabar información y utilizarla, haciendo que sean más entendibles los temas brindados por el profesor.

El enfoque pedagógico del aprendizaje invertido permite asegurar el conocimiento que se promete al solicitar una evaluación en donde no solo el profesor asigna un examen para "comprobar" su aprendizaje, sino que de esta manera dichos aprendizajes sean aplicados de una institución educativa a un ambiente externo.

Objetivo General

El objetivo de este nuevo modelo educativo "Exámenes inversos" es utilizar su habilidad analítica, la capacidad para pensar sistemáticamente y practicar lo aprendido en clase, de tal forma crear un examen basado en el conocimiento del alumno con el material de apoyo que el docente le imparte. Con la finalidad de que este modo de enseñanza le sea más útil, tanto al estudiante como al docente, siendo una manera más sencilla de aprendizaje.

Además de que nos ayuden a nuestra vida diaria, ya que con estos podremos dar solución a distintos problemas y sobre todo distintas variables a las cuales nos podemos llegar a enfrentar en aspectos laborales, educativos, entre muchas otras áreas en nuestras vidas.

Uno de los objetivos principales es disminuir el índice de reprobación de los alumnos, incluyendo que el estudiante comprenda los temas y los ponga en práctica podrá dar buenas y mejoradas opciones a la empresa o el ámbito que se decidió estudiar.

Objetivos Específicos

- Crear una mejora en la aplicación de exámenes estudiantiles.
- Innovar el método de evaluación, con la finalidad de que el estudiante se sienta más capacitado creando su propio examen.
- Crear una experiencia significativa.
- Relacionar la información nueva, con la que ya se posee (en el ámbito externo).
- El saber adquirido de los estudiantes utilizarlo en nuevas situaciones y contextos que se puedan aplicar en cualquier área de acuerdo a lo aprendido.
- Plantear actividades que despierten el interés y la curiosidad del alumno a través de un clima armónico e innovador.

Procedimiento de prueba

Dado a la situación que hay sobre los estudiantes que se sienten frustrados o estresados por los exámenes que les imparten los docentes de la institución con sus propios conceptos, ideas, etc. Este se ha visto en la necesidad de que el mismo estudiante realice sus propios exámenes, llevando a cabo el conocimiento de este mismo. De tal forma que desarrolle de manera más sencilla el método de aprendizaje y evaluación. Ponerlo en práctica resulta de gran soporte tanto para estudiante como docente.

Es una prueba en donde participa el profesor y el alumno por partes iguales, dándoles a ambas partes una responsabilidad de enseñanza-aprendizaje más eficaz, trabajando en equipo, con las tecnologías de la información y lo más importante, el conocimiento y la confiabilidad necesaria.

Para lo anterior, se propone un procedimiento de 4 pasos: Resultado, Resolver, Revisar y Retroalimentar:

 ISSN 2007-8102

1. Resultado: en esta primera etapa, se le proporciona al estudiante el problema, caso de estudio o una aplicación, donde se le pide que siga las instrucciones y llegue al resultado esperado. Resultado que el profesor le proporciona al alumno.
2. Resolver: El estudiante, ya sea de manera individual o en equipo, resuelve el problema a través de sus recursos y con asesoría del profesor.
3. Revisar: en esta etapa el estudiante compara su resultado con el del profesor, y entonces decide qué pasos seguir: entregar el problema resultado o encontrar su error y corregirlo.
4. Retroalimentación: el profesor revisará el problema o caso de estudio, asignará una calificación y emitirá una retroalimentación al estudiante.

Debido a los datos preocupantes mencionados anteriormente, se ve necesario implementar un nuevo modelo de evaluación que realmente abogue por el verdadero aprendizaje y el correcto desarrollo e implementación de las diversas competencias.

Es por eso por lo que se pretende dar a conocer este nuevo modelo de “examen inverso” el cual consiste en que los propios alumnos realicen su propia prueba, tomando en cuenta los temas vistos en el aula, solo que en este caso desarrollándolos de tal forma que el estudiante refleje absolutamente todo lo que aprendió en todo el curso

Se esperan resultados definitivamente satisfactorios, que ayuden a disminuir el índice de reprobación en México, el estrés de los estudiantes y que aumente la motivación en estos mismos.

Resultados y discusión

El objetivo principal que se había planteado al inicio era ayudar a desenvolver el completo conocimiento adquirido del estudiante durante todo el periodo escolar, además de contribuir a la reducción del número de reprobados.

Los resultados empíricos entre el grupo de control y el de prueba, de la materia de “Estadística Inferencial ll” de la carrera de Ingeniería Industrial, reflejan una disminución al 25 % de alumnos que no acreditan las competencias, y por ende, la asignatura (Figura 1).

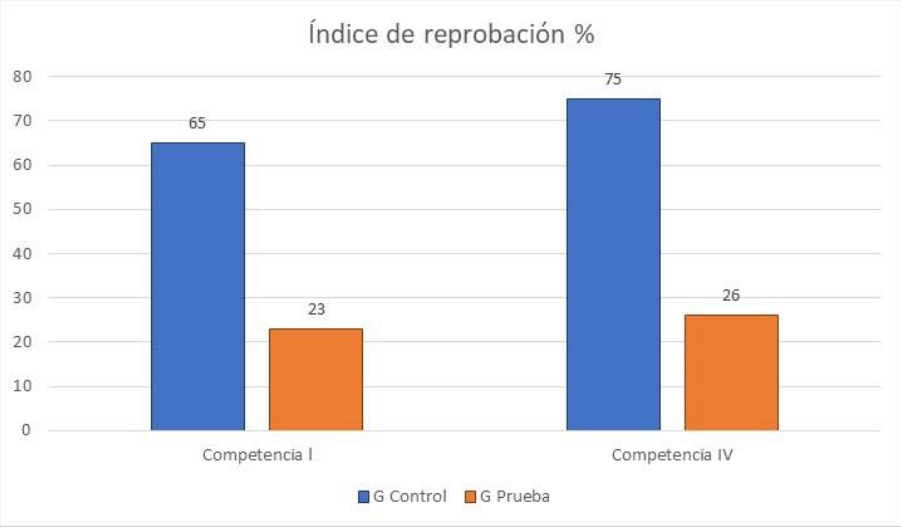


Figura 1. Índice de reprobación grupo control vs prueba, materia Estadística Inferencia ll – Ingeniería Industrial

 ISSN 2007-8102

Así mismo, en la materia de “Estadística Administrativa II” de la carrera de Licenciatura en Administración y Contaduría, reflejan una disminución al 39 % de alumnos que no acreditan las competencias, y por ende, la asignatura (Figura 2).

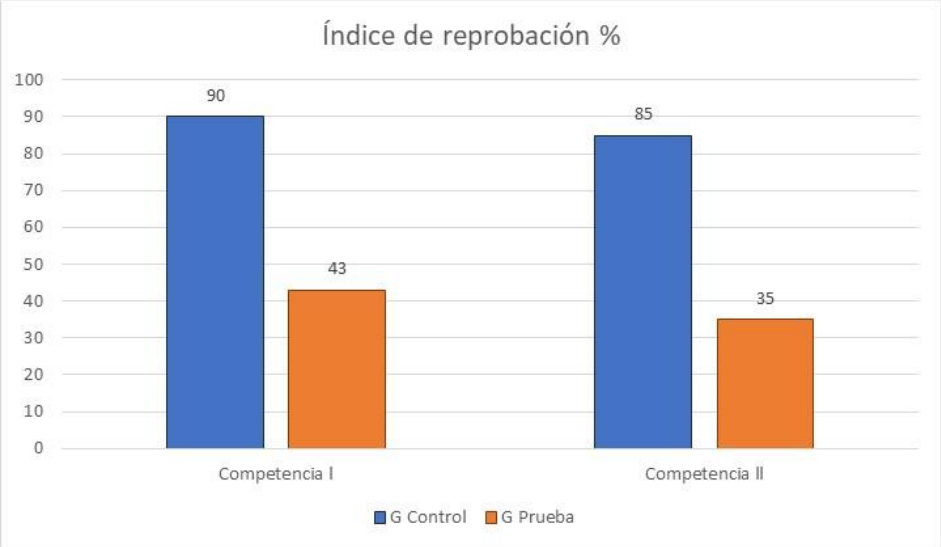


Figura 2. Índice de reprobación grupo control vs prueba, materia Estadística Administrativa II – Licenciatura en Administración y Contaduría

Además, esta estrategia, el examen inverso, dio lugar a una manera más práctica de evaluar el aprendizaje, en donde el estudiante mostró acertadamente el aprendizaje que logró obtener:

1. Resultado: en esta primera etapa, se desarrolla un sentido crítico en el alumno al identificar una primera aproximación del procedimiento o método necesario para resolver el problema.
2. Resolver: El estudiante, después de identificar una o más formas de resolver el problema, selecciona la más adecuada, con base a criterios que el mismo define, y procede a llevarlos a cabo para obtener la solución del problema o examen.
3. Revisar: en esta etapa el estudiante agudiza su sentido de observación y raciocino al comparar el resultado obtenido vs la respuesta del problema o examen, y decide que acciones o pasos se deben llevar a cabo.
4. Retroalimentación: el profesor discutirá de manera abierta y franca los resultados obtenidos por el alumno y los del caso de estudio, problema o examen, y emitirá una retroalimentación que le permitirá al estudiante a mejor su desempeño.

Los jóvenes reflejaron haber aprendido a ser más analíticos, responsables, además de controlar el estrés o la frustración que presentaban antes al momento de realizar una prueba evaluativa.

 ISSN 2007-8102

Conclusión

Finalmente se puede concluir que el método de Examen Inverso es sumamente beneficioso tanto para los estudiantes como para el docente, realmente los resultados fueron totalmente satisfactorios, hizo de las evaluaciones algo preciso, confiable, eficiente, motivante.

Ayudó al estudiante a reflexionar cómo resolver problemáticas que se puedan llegar a presentar, mediante un proceso bien elaborado y confiable ya que al momento de aplicar este tipo de prueba se reflejó más aprendizaje a comparación de evaluaciones anteriores.

Basado en la experiencia, definitivamente recomendaría ampliamente la aplicación de esta prueba ya que arrojó resultados altamente competentes a cualquier otro método. Le da al estudiante un sentido de responsabilidad, además de darle una mayor participación, confianza y entrega al momento de el mismo desarrollar las estrategias para resolver sus problemas.

La diferencia de un examen que se elabora con problemas de internet o de cualquier fuente, es que este tipo de proyectos se realizan con problemas reales que se enfrentan en las diversas empresas y es aquí donde el alumno se enfrenta con el reto de resolución de problemas reales con empresas reales.

Principalmente las materias relacionadas con matemáticas, cálculos, estadísticos entre otras, suelen ser complicadas y tediosas para algunos estudiantes, pero gracias a este tipo de exámenes inversos nos ayuda a que se entienda de la mejor manera posible.

Entonces finalmente podemos decir que se aseveraron nuestros objetivos, ya que este nuevo método ayuda más a los estudiantes en su forma de ser evaluados, evitando el estrés que se llega a presentar, reflejando hasta un 50 % de reducción en el número de alumnos reprobados.

Trabajo a futuro

Para la validez de la estrategia didáctica, se implementará los exámenes exactos en 4 grupos de primer semestre, de asignaturas impartidas por profesores del departamento de Ciencias Básicas, y con base a los resultados se determinará si la estrategia es efectiva para continuar con estudias similares, o no lo es.

Agradecimientos

Un especial agradecimiento a la Maestro Hermenegildo Lagarda Leyva, Director del campus Cd. Juárez del Tecnológico Nacional de México, al Maestro Rigoberto Reyes Valenzuela, Director del campus de Orizaba y al Dr. Eduardo Rafael Poblano Ojinaga del campus la Laguna, por su visión y liderazgo en la realización de esta Investigación.

Referencias

[1] UNESCO (2005). EFA Global Monitoring Report. UNESCO, Paris pp. 30-37, http://www.unesco.org/education/gmr_download/chapter1.pdf

[2] Alanís V., J. (2018). Binomio Educativo como estrategia de aprendizaje de las Ciencias. Conferencia magistral presentada en el Congreso Internacional Academia Journal- Tepic 2018.

[3] Alanís, J., Poblano-Ojinaga, E., Díaz, E., Velázquez, M. y Reyes, R. (2019). Modelo Binomio Educativo ITCJ: Estrategia didáctica para minimizar los índices de reprobación en Ciencias Básicas. Coloquio de Investigación Multidisciplinario. Journal CIM Vol.7, Núm. 1. ISSN: 2007-8102

[4] TecNM (2015). Manual de Lineamentos Académico - Administrativo del Tecnológico Nacional de México.

[5] TecNM (2018). Nuevo modelo educativo del Tecnológico Nacional de México. Recuperado de www.tecnm.mx/director-general/modelo-educativopara-el-siglo-xxi-formacion-y-desarrollo-decompetencias-

[6] Torrado-Arenas, D. M., Manrique-Hernández, E. F., & Ayala-Pimentel, J. O. (2016). La tutoría entre pares: una estrategia de enseñanza y aprendizaje de histología en la Universidad Industrial de Santander. Medicas UIS, 29(1), 71-75.

Formación continua: una vía para el humanismo educativo

C. A. Arriaga Arriaga, A. Reyes García, A. Luis Ramos,
L. del C. Gómez Pavón
Facultad de Ciencias de la Electrónica, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla
Av. San Claudio y 18 Sur, Edif FCE1, Col. San Manuel, Ciudad Universitaria,
Puebla, Pue. C.P. 72570
**cesarau.arriaga@correo.buap.mx*

***Área de participación**: Investigación Educativa*

Resumen

Dentro del sistema educativo, la formación continua ha adquirido una mayor relevancia en la profesionalización técnica e interpersonal para los actores de las instituciones universitarias y público interesado, por lo que, este artículo buscará argumentar su importancia en cada uno de los niveles de educación para contribuir al desarrollo de actitudes y aptitudes relacionadas a la teoría del humanismo educativo, que responda a los retos de la actualidad, con el objetivo de desarrollar comunidades de estudiantes críticas y reflexivas capaces de ejercer su futura profesión con ética, valores e iniciativa por realizar acciones con impacto social.

***Palabras clave:** formación, humanismo, educación, cultura.*

Introducción

El presente trabajo busca contribuir a la falta de concientización sobre la importancia de las humanidades en la práctica educativa, estableciendo una serie de conceptos teóricos como fundamento conceptual, visualizando a la formación continua como agente de cambio interno, y una vía de promoción para las actividades académicas afines a la teoría del humanismo educativo que, en conjunto, permitan colaborar en el cambio de mentalidad de los actores del proceso de enseñanza – aprendizaje, favoreciendo el desarrollo de su labor.

La característica principal de esta problemática radica gran parte en un proceso global relacionado a la tecnificación de la vida social y laboral que ha promovido en las instituciones educativas a distintos niveles el desprecio por las asignaturas relacionadas al área de ciencias sociales y humanidades, desmotivando a los jóvenes por éstas, coadyuvando a la deshumanización de la práctica educativa.

Para analizar este fenómeno es necesario tomar en cuenta el proceso económico en el que vivimos y los diferentes procesos históricos que fomentaron este devenir en la sociedad, pues, al dotar de

una importancia superlativa al mercado en el ámbito político, las actividades profesionales fuera de las ciencias fácticas se conceptualizaron como secundarias y, su promoción, se le calificó como un gasto innecesario más que como una inversión en los recursos humanos que permitirán la evolución de cualquier Nación y, por supuesto, el sistema educativo no pudo escapar de ello a pesar de ser históricamente un promotor de resistencia cultural a este tipo de fenómenos. Sin embargo, hay que tomar en cuenta que, actualmente, en el sistema educativo intervienen una mayor cantidad de actores internos y externos, por lo que, en algunos casos, resulta complicado ser un agente transgresor de la dinámica global.

Metodología

Este trabajo se realizó por el interés de colaborar en la valorización de las humanidades en el sistema educativo, en beneficio de la sociedad. La metodología implementada remite a la teoría del humanismo, donde se buscó el señalamiento de datos y referencias que permitiera el esclarecimiento de la problemática, para posteriormente, identificar conceptos clave para el desarrollo argumentativo aunado al marco conceptual de autores clásicos y contemporáneos referentes en el humanismo y su impacto en la educación, estableciendo, finalmente, una serie de recomendaciones para cumplir con el objetivo del artículo.

Fundamentos

La concepción de la educación remonta a las primeras civilizaciones occidentales organizadas como la griega, donde mediante tertulias filosóficas, el hombre sabio y sus discípulos comenzaban a preguntarse sobre el origen de la humanidad, así como el paso del ser humano en el mundo. No es mentira cuando escuchamos que toda ciencia surgió de la filosofía; incluso, fue conocida como la madre de todo conocimiento, la cual tiene sus orígenes en su quehacer desde el surgimiento de preguntas sencillas que, con el paso del tiempo, llevaron a los grandes pensadores a realizar aportes superlativos en la medicina, ciencia y tecnología. Sin el surgimiento de la duda y la capacidad de discernir, emitir hipótesis y tomar decisiones sobre el mundo que nos rodea hubiera sido imposible toda concepción cognitiva, fáctica y racional.

Un ejemplo de ello fue el famoso desarrollo de la teoría de la relatividad de Albert Einstein, que tuvo como antecedente las inquietudes en su juventud, relacionadas al vínculo entre la filosofía y la ciencia como fundamento para establecer un realismo racional mediante el sensacionalismo y el empirismo filosófico [1].

Además, el filósofo español Fernando Savater expuso en el ciclo de conferencias *La educación que queremos* (1998), que el papel de la educación debía ser la formación de seres humanos y, por lo

tanto, de individuos racionales y que, la filosofía, actuaba como una disciplina cognitiva que propiciaba el uso del lenguaje y la interiorización del ciudadano a nivel social. Concluyendo que, una formación filosófica, permitiría desarrollar capacidades de discernimiento y crítica para autocontrolarse y autodirigirse para que, en el rubro educativo, el docente se convirtiera en un instructor y moderador de ideas ante una comunidad de diálogo y aprendizaje activa [2].

En países Occidentales se ha llevado a la mesa de los principales directivos de los sistemas educativos federales, la propuesta para eliminar la filosofía del mapa curricular de los estudiantes, olvidando que toda ciencia fáctica surge desde la duda filosófica y existencial del ser humano sobre su lugar en el mundo y su inquietud por explicar los principales fenómenos científicos, sociales o políticos de su entorno. Es decir, no existiría pensamiento lógico sin el surgimiento de la filosofía. La tendencia en las políticas educativas actuales ha optado por desaparecer las asignaturas de ciencias y humanidades lo que ha originado que las instituciones educativas de diferente nivel tiendan a ser únicamente un centro de capacitación y adquisición de actitudes y conocimientos para realizar una profesión práctica, olvidando el desarrollo humano y ético del estudiante [3].

Finalmente, para entender la problemática educativa es importante tener clara la construcción de su contexto partiendo de la deshumanización y menosprecio de las humanidades, así como un sistema educativo basado en competencias que promueve el pensamiento individual y egoísta de los estudiantes, respondiendo al beneficio individual, promoviendo que, en los principales centros educativos, se dejé de lado la educación formativa de los alumnos que serán los tomadores de decisiones a corto, mediano y largo plazo. Xavier Cacho Vázquez en *Criticidad y formación universitaria* (1998), expone que la filosofía es indispensable en la formación universitaria, pues contribuye al desarrollo crítico del estudiante, la cual se debe entender como la habilidad de distinguir, juzgar, explicar e interpretar; cualidades indispensables de una persona íntegra que se compromete con la verdad y, por consiguiente, con la educación [4].

Información clave

En la pasada administración de México se gastaron más de 139 mil millones de pesos en educación; no obstante, el último informe anual de la OCDE ubica a nuestro país por debajo de la media en el aprovechamiento académico en ciencias, lectura y matemáticas, colocándose en los últimos lugares de los países que conforman este organismo [5].

En los centros educativos de educación básica, media y superior se identifica la ausencia de prácticas basadas en las humanidades y la aplicación de metodologías tradicionales que afectan el desempeño y aprovechamiento de estudiantes y docentes dejando a un lado el diálogo y la reflexión dentro del aula. Es verdad, que la innovación educativa, vía la educación continua, forma parte de la

 ISSN 2007-8102

discusión actual en todos los niveles educativos, pero desafortunadamente el concepto se ha quedado rezagado en el discurso por la falta de interés en la capacitación y actualización docente por parte de nuestras instituciones y, por el desconocimiento, que algunos docentes tienen sobre la importancia de la innovación en el aula y el cómo es que las humanidades nos sitúan de manera real en uno de los principios pedagógicos de la educación mexicana: centrar la atención en los estudiantes y en sus procesos de aprendizaje. La situación global y nacional en la que nos encontramos está envuelta en un cambio constante y precipitado y, la educación, al ser una parte medular en el desarrollo de las sociedades, se encuentra situada en el centro de este fenómeno; lamentablemente, la innovación que observamos en los procesos educativos no siempre atiende a las necesidades reales de la educación.

Es preciso definir que las humanidades son las responsables del estudio del *Ser Humano* desde una visión social, cultural y científica; las disciplinas que abarcan las humanidades están enfocadas al estudio sensible, pero objetivo del comportamiento humano, sus actividades y sus manifestaciones sociales, tanto simbólicas como materiales. Son las humanidades las que buscan comprender lo que hemos sido y cuál ha sido nuestra trayectoria como habitantes de nuestro planeta; esta área del conocimiento nos invita siempre a la reflexión sobre la interrogante de quiénes somos y hacia dónde vamos. Miguel León Portilla, filósofo e historiador mexicano señala que, aunque las humanidades no pertenecen a los conocimientos científicos, sí están relacionadas, y es precisamente la esencia de las humanidades la que enriquece el sentido de los conocimientos científicos de tal suerte que puedan ser asimilados integralmente, no sólo de manera utilitaria sino también con una visión cultural e incluso espiritual; es decir, se humaniza el conocimiento [6].

En los sistemas educativos más avanzados del mundo, se realizan acciones innovadoras para el aprendizaje como establecer mesas de diálogo y de crítica ante las principales teorías existentes y problemáticas sociales, además de propiciar ambientes sanos y creativos de aprendizaje; ejemplo de ello es Finlandia, considerado como uno de los países con mejor educación del mundo, el cual ha ponderado el diálogo y la reflexión sobre tópicos de interés y de cultura general entre docentes y estudiantes como una práctica constante. Pero lo anterior, no es casualidad, socialmente los ciudadanos tienden a conversar constantemente en sus tiempos de recreación. La reflexión y el pensamiento crítico forma ciudadanos conscientes, capaces de desenvolverse en el ámbito que el individuo y la sociedad reclame, incentivando competencias educativas interpersonales y estimulando procesos de creación que permiten favorecer también la educación y prácticas civiles.

Para entender el Sistema Educativo Mexicano (SEM), y cualquier otro fenómeno político es menester comprender el contexto histórico para lograr deconstruir el pasado, pues el siglo XX y el contexto postrevolucionario, será el punto de encuentro y el sitio donde el Estado buscará atender las demandas del proceso de emancipación del viejo régimen, buscando llegar a las masas a través de

un sistema educativo centrado en la educación primaria, debido a que en un contexto rural aglomeraba al mayor número de personas; comprendiendo que al terminar un proceso de revolución era imposible sopesar proyectos educativos más ambiciosos, debido a la economía debilitada.

Existieron pensadores como Ricardo Flores Magón o José Vasconcelos que trataron de emancipar con el pensamiento y un proceso formativo humanista todas las carencias materiales de la época, renunciando al proyecto educativo elitista porfirista; es decir, buscaron que en esta etapa la educación estuviera centrada en la formación del ciudadano y el enriquecimiento espiritual más que en el desarrollo de habilidades técnicas para el cumplimiento cualquier oficio u profesión [7].

El punto central para comprender el (SEM), es el entendimiento de que, en México, se centró históricamente en tres proyectos educativos:

- Corporativista.
- Estado invertor (liberalismo social).
- Neoliberal.

Conociendo estos antecedentes de la educación mexicana es posible adaptar la propuesta al presente, exponiendo algunos beneficios prácticos en la implementación de las humanidades mediante la formación continua, los cuales serán:

- Concientizar a los directivos de las instituciones sobre la deshumanización de la educación en la actualidad por la automatización de procesos productivos.
- Sensibilizar a docentes para capacitarse en metodologías que incluyan las humanidades y aplicar los valores con un sentido común en el aula para fomentar adecuadas prácticas laborales en el futuro, para en conjunto, desarrollar la ética profesional y programas educativos con educación integral.
- Trabajar con ética y desarrollar la inteligencia emocional. No olvidemos que las principales organizaciones contratan al egresado por sus habilidades técnicas, pero únicamente progresará y ocupan puestos de primer rango por sus cualidades interpersonales.
- Organizar cursos de actualización profesional enfocadas a fortalecer las *habilidades blandas* e interpersonales.

Antecedentes teóricos

Si bien, se podría debatir el origen del humanismo como pensamiento conceptual con aristas religiosas que nos remontarían a la llegada de Cristo, la temporalidad en la que muchos expertos coinciden nos lleva a los siglos anteriores a la *Ilustración*; es decir al siglo XV y XVI con autores como Erasmo de Rotterdam y Tomás Moro que posterior a las ideas y pensadores surgidos del

Renacimiento en Europa, se estableció una nueva significación del hombre con el mundo, enriqueciendo y conceptualizando a mayor profundidad la visión humanista.

Los pensadores humanistas en general poseen una visión amplia y valorativa del ser humano como individuo en el mundo, donde a través de las artes buscan enriquecer la sensibilidad de las personas a través de este movimiento filosófico y cultural. En sus inicios, se estableció a la cultura griega y romana como inspiradores del mundo occidental y mediante el aprecio de sus tertulias filosóficas y su aportación a las humanidades en conjunto, se originó el postulado.

Sería con Erasmo de Rotterdam (1466 – 1536) donde se establecería reformas conceptuales a la vida cristiana y a la teología, buscando la implementación del pensamiento moral y libertad de éste en una de sus obras fundamentales como *Educación del príncipe cristiano (1516),* la cual aparecería dicotómicamente a *El Príncipe (1532)* del autor italiano Nicolás Maquiavelo, contando una visión mucha más humanística en referente a la mejor vía política de llevar al pueblo por parte del aristocrático. La particularidad de esta obra radica en que establece como novedad a la educación como un eje central para progresar con base en la justicia y la paz. En este libro Rotterdam estableció como una vía de solución a los conflictos bélicos que aglomeran la transición entre la *Edad Media* del *Renacimiento* a la educación masiva entre la sociedad.

Finalmente, Rotterdam hace referencia a Platón cuando sugiere que la educación debe estar basada en la sabiduría, no en riquezas ni en el poderío de una nación. Finalmente, el gobernante para el pensador holandés debe ser aquel con altos grados de conocimiento en humanidades y ciencias sociales como la pedagogía, psicología, filosofía, economía, historia y ética.

Inspirado profundamente por los griegos, Moro concibió al mundo como un lugar bello donde a través de la personalidad humana se podía cambiar la educación de los ciudadanos. La forma de aprendizaje ideal para el pensador inglés era en el aula donde el instructor únicamente utilizaría la disciplina y la severidad como herramienta dentro de un ambiente de debate entre ambos sexos, inspirando con ello, la creación y el surgimiento del pensamiento crítico: fuente de inspiración para el progreso de la humanidad [8]. Moro era un gran admirador de los filósofos griegos, pero marcó una diferencia al demeritar la guerra y buscar un clima pacifista dentro de la sociedad; dicotómicamente opuesto a Platón.

En tiempos más recientes, podemos atender otros trabajos, principalmente en Latinoamérica que han abordado este tema, relacionándola con la educación o tomándola como un punto de encuentro dentro de otras teorías encaminadas a lo político y social.

 ISSN 2007-8102

Entendemos como humanismo educativo a la “apertura al misterio, a la belleza y a la plenitud de la libertad, lo que, mucho más allá de una fórmula, es una invitación a retomar, a reconsiderar, a readmitir la existencia de la utopía en su sentido original“ [9].

Ingenieros dentro del campo de la investigación han realizado artículos referentes a la relación entre las humanidades y las profesiones relacionadas a las ciencias exactas como las ingenierías, proponiendo que el humanismo va más allá de lo conceptual y tiene múltiples ocupaciones dentro de la sociedad como es el caso del medio ambiente y que, sin una perspectiva humanista, resultaría imposible ejercer con ética y responsabilidad social.

Se entiende a la ingeniería como la profesión en la que se obtiene el conocimiento de las ciencias exactas y naturales adquiridas mediante el estudio de la experiencia y la práctica; se emplea con buen juicio a fin de desarrollar modos en que se puedan utilizar, de manera óptima los materiales y las fuerzas de la naturaleza en beneficio de la humanidad. La filosofía está en la esencia de cualquier otro saber y, por ende, es de presumir que debería notarse ese acercamiento como natural e indispensable [10].

El estudio de las letras trae aparejado el desarrollo de la sensibilidad y la capacidad de gozar las creaciones humanas junto con la adecuada expresión de nuestras ideas. Las personas necesitan entre otras cosas aprender a pensar y a razonar, a comparar, distinguir y analizar, a refinar su gusto, a formar su juicio y enriquecer su visión mental. En este sentido, nos parece adecuado aconsejar el estudio de la historia de la educación para la formación de los docentes, ya que brinda en lo específicamente educativo un puente entre presente y pasado, favorece la comprensión de la actualidad y puede mostrar posibles vías de solución a los problemas [11].

Existen investigadores mexicanos en el tema del humanismo educativo como Juan Martín López Calva que ha logrado acotar las ideas de los principales pensadores de esta teoría, encaminándola al tema educativo, principalmente tomando como base a Edgar Morin y Bernard Lonergan. Calva sugiere que parte de la oscuridad moderna que vive la filosofía fue su avaricia durante siglos de poder universal en las ciencias y se vive el fin de era para el inicio de otra con una profunda revaloración de las humanidades, por lo que, en el campo de acción como lo es la educación continua, resulta vital esta mirada, así como la de los diferentes autores mencionados para concebir a la capacitación y actualización profesional como una fase secundaria entre el transcurso de las éstas [12].

 ISSN 2007-8102

Trabajo a futuro

Se desarrollará un programa de actividades extracurriculares que respondan a la fundamentación del presente artículo, y se les dará seguimiento a los resultados de cada actividad académica con el objetivo de mejorar el proceso educativo curricular y, aportar a las instituciones, una nueva visión en esta área de investigación.

Conclusiones

A través de los apartados señalados se fundamentó teóricamente la argumentación de la problemática, creando lazos que permitieran proporcionarle al objeto de estudio un respaldo conceptual, señalando a los principales exponentes de la corriente humanista; desde los clásicos hasta los autores más contemporáneos, desarrollando una relación directa entre la educación y las humanidades, así como la descripción de modelos educativos que respondan a las necesidades actuales a través de la crítica y la reflexión, conceptualizando al hombre y su superación integral, como el centro del pensamiento de las instituciones mediante el soporte de la formación continua.

Referencias

[1] A. Mora Rodríguez, «Filosofía y ciencia,» *Rev. Filosofía Univ. Costa Rica,* vol. XLVI, nº 119, pp. 69-74, 2008.

[2] F. Savater, *La educación que queremos,* Fundación Santillana, 1998.

[3] "Sócrates jubilado | Opinión | EL PAÍS."
https://elpais.com/elpais/2015/10/09/opinion/1444401955_949330.html (accessed Aug. 20, 2020).

[4] X. Cacho Vázquez, Criticidad y formación universitaria, U. Iberoamericana, Ed., Universidad Iberoamericana, 1998, p. 40.

[5] OCDE, *Higher Education in Mexico*. París, 2019.

[6] A. Mater, "Humanidades, ciencias sociales y autonomía universitaria," 1987.

[7] C. Ornelas, El Sistema Educativo Mexicano, Ciudad de México: Fondo de Cultura Económica, 1995, p. 348.

[8] T. Moro, "Tomas moro (1478-1535)," vol. XXIV, no. 1415, pp. 1–15, 1999.

[9] M. Javier and A. Barriga, "La educación humanista a través de la literatura," vol. 2, no. 2, pp. 1–7, 2013.

[10] B. Parra de Gallo, "La formación humanística en el ingeniero," *Cuad. la Fac. Ing. e Informática*, pp. 133–145, 2006.

[11] C. I. Stramiello, "¿Una educación humanista hoy?," *Rev. Iberoam. Educ.*, vol. 36, no. 8, pp. 1–6, 2005.

[12] J. Vergara Aceves, "López Calva, Juan Martin. Educación humanista. Una nueva visión de la educación desde la aportación de Bernard Lonergan y Edgar Morin," vol. XL, pp. 167–174, 2010.

Aplicación del Programa Dual en la formación del Ingeniero en Gestión Empresarial

P.L. Tejeda Polo[1], M.L. Ruíz Tejeda[1]*
[1] Academia de Ingeniería en Gestión Empresarial, Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico Superior de Teziutlán, Fracc.I y II S/N, Aire Libre, Teziutlán, Pue.
**patricia.tp@teziutlan.tecnm.mx*
***Área de participación**: Investigación Educativa*

Resumen

El Instituto Tecnológico Superior de Teziutlán (ITST) considera oportuno contribuir de manera significativa en la formación de Ingenieros en Gestión Empresarial (IGE), debido a que es la carrera con mayor matrícula, viendo la oportunidad de capacitar a los futuros ingenieros de forma teórica y práctica, y a través de ello desarrollar conocimientos que les garanticen experiencia y les permitan conseguir de manera más fácil empleo, así como el ofrecer a las empresas de la región capital humano competente. Lo anterior se logra mediante la vinculación con el entorno apoyado de la firma de un convenio de colaboración entre la empresa Confecciones Textiles de Teziutlán S.A. de C.V. (CONFETEX) y el ITST. Siendo el presente trabajo una oportunidad para desarrollar el modelo dual en la Carrera de IGE, beneficiando al Sector Empresarial, haciéndolo más competitivo y en los estudiantes generando la experiencia y aprendizaje al ejercer en el sector productivo.

***Palabras clave**: Formación, Capacitar, Dual, Vinculación, Sector*

Abstract

The Higher Technological Institute of Teziutlán considers it appropriate to contribute significantly to the training of Business Management Engineers, because it is the career with the highest enrollment, seeing the opportunity to train future engineers in a theoretical and practice, and through it develop knowledge that guarantees experience and allows them to get easier employment, as well as offering companies in the region competent human capital. This is achieved by linking with the supported environment by signing a collaboration agreement between the company Confecciones Textiles de Teziutlán S.A. de C.V. (CONFETEX) and the HTIT. As the present work is an opportunity to develop the dual model in the IGE Career, benefiting the Business Sector, making it more competitive and in students generating experience and learning by practicing in the productive sector.

Key words: Training, Train, Dual, Linking, Sector

Introducción

El Municipio de Teziutlán en el Estado de Puebla es representativo en su economía por la participación que la industria maquiladora tiene desde hace ya algunos años. Carrillo [1] señala que en la actualidad algunas de estas empresas cuentan con tecnologías de punta, organización moderna y fuerza de trabajo bien capacitada, lo que genera gran demanda de los productos textiles que se fabrican en el país y en especial en el Municipio, haciendo con ello que empresas dedicadas a esta actividad busquen ser competitivas, mostrando no tan solo la calidad en sus procesos, sino empiezan a apostar por desarrollar estrategias administrativas y de documentación de procesos que les hagan mayormente atractivas en el mercado, siendo una característica que a los clientes en el extranjero les atrae.

La Responsabilidad Empresarial es un distintivo nada ajeno a la función original de las empresas, sino por el contrario, implica cumplir con actividades que impactan en grupos y comunidades vinculadas con su operación.

Las actividades de la Responsabilidad Empresarial van enfocadas al cuidado del medio ambiente, incrementar la calidad de vida de los colaboradores internos y externos, el trabajo de la imagen de la empresa, entre otros elementos que como tal las empresas desconocen el cómo y en qué momento efectuar dichas actividades, debido a que resulta algo nuevo en ellas.

Por lo que el ejecutar proyectos duales lleva a un compromiso compartido entre el sector educativo y el sector laboral o empresarial [6]

Siendo la Empresa Manufacturera CONFETEX S.A. de C.V. líder en la rama en el Municipio de Teziutlán en el Estado de Puebla, se ve en la necesidad de obtener los requisitos necesarios para solicitar ante el Centro Mexicano para la Filantropía (CEMEFI) el Distintivo como Empresa Socialmente Responsable (ESR) considerado un elemento más que la catalogue como una de las empresas mayormente competitivas en el Municipio y la Región. Lo anterior lleva a la empresa CONFETEX S.A. de C.V. a demandar la asesoría de docentes y alumnos para que de la mano desarrollen un proyecto encaminado a acreditar a la empresa ante sus empleados, inversionistas, clientes, autoridades y sociedad, como una organización comprometida públicamente con la responsabilidad social.

El ITST tiene la necesidad de mantener la vinculación con el Sector Productivo que permita mantener lazos que apoyen el trabajo en conjunto en miras a la formación de ingenieros críticos, que generen un aprendizaje significativo y desarrollen tareas autónomas que contribuyan en su experiencia como resultado de la sinergia generada con el mundo empresarial, por lo que el Tecnológico Nacional de México busca favorecer un modelo que promueva la formación, actualización y capacitación de capital humano para el desarrollo nacional y regional [2]

Este trabajo propone contribuir a la formación del ingeniero de IGE y a minimizar las problemáticas que de manera directa se presentan en el contexto empresarial local, regional y nacional dotándoles de personal que no solo lleve a cabo la aplicación de conocimientos y practica en la empresa, sino también experimenten el desarrollo de competencias profesionales en un ambiente de aprendizaje académico-laboral [7] y la integración estratégica de los estudiantes al sector productivo bajo el Programa de Formación Dual del ITST. Su modelo de alternancia permite y favorece una mejor formación y desempeño del estudiante, acorde con las necesidades de la industria [3]

Metodología

Ante la necesidad de buscar y crear caminos que lleven al logro de la puesta en marcha del desarrollo de los conocimientos, competencias y actitudes de los estudiantes adquiridos en el aula [4] se presenta la descripción y Desarrollo de las etapas del Programa Institucional de Educación Dual (PIED) de la Carrera de IGE del ITST para la obtención del Distintivo ESR de la Empresa CONFETEX S.A. de C.V.

Todo lo anterior se resume en que la colaboración conjunta entre academia y empresa, ubica el principio fundamental de este hecho educativo, admite a la segunda como una nueva escuela, donde el estudiante aprende por medio de la práctica en situaciones o problemas reales de un puesto de trabajo, y aplica principios teóricos para lograr la transformación de la realidad, a esto comúnmente nos referimos con la palabra dualidad [5].

Fase 1: Análisis del Entorno

La Subdirección de Vinculación, así como la de Postgrado e Investigación del ITST generan el acercamiento con el sector empresarial, iniciando con la búsqueda en el padrón de empresas con las que las que se tiene vinculación y llevando a cabo la evaluación pertinente a las empresas candidatas, midiendo parámetros establecidos que ayuden a definir la mejor opción.

Resultando seleccionada la empresa CONFETEX S.A. de C.V., debido a que es indicada para trabajar el enfoque Dual y lo planteado en el objetivo del proyecto de investigación y el perfil de la Carrera de IGE. La empresa cumple con el perfil y las condiciones necesarias para poder ofrecer a los estudiantes la experiencia que requieren y que cuenta con los elementos que el perfil de los mismos solicita en sus competencias y las asignaturas a considerar, dando arranque con el Programa del Modelo de Educación Dual de IGE y la Empresa CONFETEX S.A. de C.V., tal y como se muestra en la Figura 1.

 ISSN 2007-8102


2019

Instituto Tecnológico Superior de Teziutlán Ingeniería en Gestión Empresarial

Modelo de Educación Dual del Tecnológico Nacional de México, MEDTecNM

Programa del modelo de educación Dual del Ingeniero en Gestión Empresarial y la empresa CONFETEX S.A DE C.V.

Índice

Matriz de competencias del Programa de Educación Dual del Ingeniero en Gestión Empresarial y la empresa CONFETEX S.A. de C.V., de Teziutlán, Puebla. 2
Profesores candidatos del Institutos para participar en la formación profesional dual. 5
Relicula con las asignaturas cuyas competencias se desarrollarán mediante el MEDTecNM. 6
Plan de Proyecto Integral de Educación Dual del Instituto Tecnológico Superior de Teziutlán y la empresa CONFETEX S.A de C.V Teziutlán, Puebla. 7
Instrumentación para el Proyecto Integral de Educación Dual 10
Actividades a realizar en la empresa CONFETEX S.A de C.V Teziutlán, Puebla, para desarrollar las competencias. 11
Actividades a realizar por el profesor para el seguimiento del desarrollo de la competencia. 11
Matriz de evaluación de la competencia. 12
Instrumento de Evaluación de Competencias Genéricas para Proyecto Integral de Educación Dual. 13

Figura 1. Programa del Modelo de Educación Dual del IGE y la empresa CONFETEX, S.A. de C.V.

Fase 2: Análisis y determinación de Competencias Profesionales

En esta etapa se lleva a cabo la identificación de las competencias específicas a través de la matriz de competencias del Programa de Educación Dual del IGE y la empresa CONFETEX, S.A. de C.V. como lo muestra la Figura 2, mismas que permiten definir el camino para la formación y desarrollo de competencias profesionales en un ambiente laboral de los estudiantes. Siendo la empresa CONFETEX S.A. de C.V. una empresa con apertura y flexible que permite el logro y alcance de las competencias en el ambiente laboral de los estudiantes.

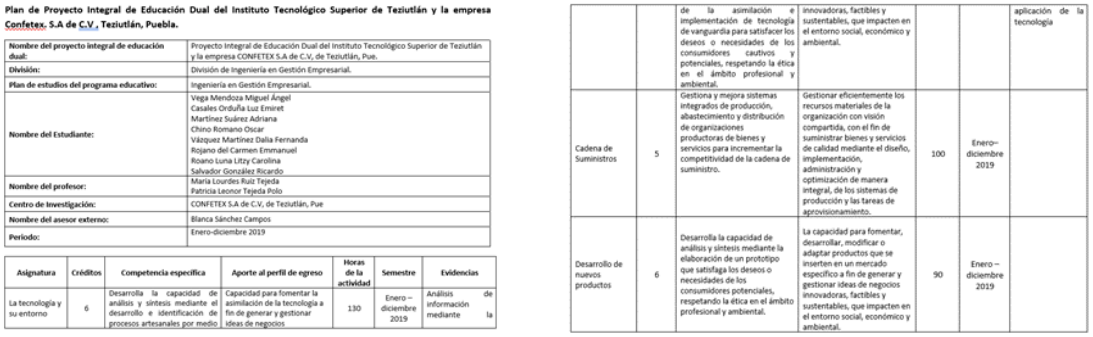
Asignatura	Créditos	Competencia específica	Aporte al perfil de egreso	Instituto Tecnológico Superior de Teziutlán	CONFETEX
Asignaturas de la estructura genérica de la carrera de Ingeniería en Gestión Empresarial	Establecidos en los programas de las asignaturas	Establecidas en los programas de las asignaturas	Establecidos en el perfil de egreso de la carrera de Ingeniería en Gestión Empresarial	X	
Actividades Complementarias	Establecidos en los programas de las asignaturas	Establecidas en los programas de las asignaturas	Establecidos en el perfil de egreso de la carrera de Ingeniería en Gestión Empresarial	X	
La tecnología y su entorno	6	Desarrolla la capacidad de análisis y síntesis mediante el desarrollo e identificación de procesos artesanales por medio de la asimilación e implementación de tecnología de vanguardia para satisfacer los deseos o necesidades de los consumidores cautivos y potenciales, respetando la ética en el ámbito profesional y ambiental.	Capacidad para fomentar la asimilación de la tecnología a fin de generar y gestionar ideas de negocios innovadoras, factibles y sustentables, que impacten en el entorno social, económico y ambiental.	X	
Cadena de suministros	5	Gestiona y mejora sistemas integrados de producción, abastecimiento y distribución de organizaciones productoras de bienes y servicios para incrementar la competitividad de la cadena de suministro.	Gestionar eficientemente los recursos materiales de la organización con visión compartida, con el fin de suministrar bienes y servicios de calidad mediante el diseño, implementación, administración y optimización de manera integral, de los sistemas de producción y las tareas de aprovisionamiento.	X	
Desarrollo de nuevos productos	6	Desarrolla la capacidad de análisis y síntesis mediante la elaboración de un prototipo que satisfaga los deseos o necesidades de los consumidores potenciales, respetando la ética en el ámbito profesional y ambiental.	La capacidad para fomentar, desarrollar, modificar o adaptar productos que se inserten en un mercado específico a fin de generar y gestionar ideas de negocios innovadoras, factibles y sustentables, que impacten en el entorno social, económico y ambiental	X	
Decisiones Mercadológicas	6	Analiza y diseña escenarios de investigación mercadológica a través de la investigación y estudio de mercados, a fin de proponer soluciones a problemas en el sector público y privado.	Capacidad para investigar, desarrollar, analizar y toma de decisiones como gerente ya sea de manera independiente o al servicio de alguna firma. Diagnostican la libre entrada a un producto previniendo el ciclo de vida en permanencia de los gustos de los consumidores.		X
Trámites legales y gestión del financiamiento	5	Conocer y aplicar el procedimiento legal-administrativo para la creación de un negocio, seleccionando el régimen fiscal más conveniente.	La capacidad para fomentar, desarrollar, modificar o adaptar productos que se inserten en un mercado específico a fin de generar y gestionar ideas de negocios innovadoras, factibles y sustentables, que impacten en el entorno social, económico y ambiental.		X

Figura 2. Matriz de Competencias del Programa de Educación Dual y la empresa CONFETEX, S.A. de C.V.

Fase 3: Definición del Plan de PIED

Se define un plan de acción amplio, formativo como lo muestra la Figura 3, que considera los componentes necesarios para lograr de manera efectiva el desarrollo de las competencias profesionales asociadas a cada estancia de aprendizaje en la empresa. De acuerdo con la sección previa se acordó por el ITST y la empresa CONFETEX S.A. de C.V. la cantidad de créditos necesarios para el desarrollo y formación de la competencia, la distribución de 1000 horas para dar cumplimiento a la cantidad de los mismos.

 ISSN 2007-8102



Plan de Proyecto Integral de Educación Dual del Instituto Tecnológico Superior de Teziutlán y la empresa Confetex, S.A de C.V , Teziutlán, Puebla.

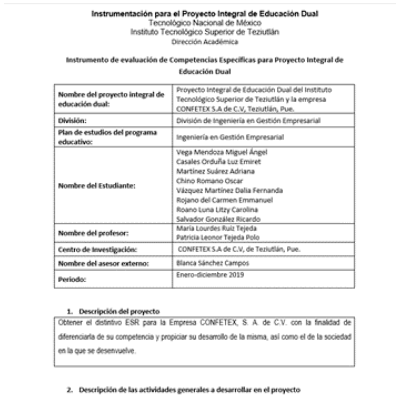
Nombre del proyecto integral de educación dual:	Proyecto Integral de Educación Dual del Instituto Tecnológico Superior de Teziutlán y la empresa CONFETEX S.A de C.V, de Teziutlán, Pue.
División:	División de Ingeniería en Gestión Empresarial.
Plan de estudios del programa educativo:	Ingeniería en Gestión Empresarial.
Nombre del Estudiante:	Vega Mendoza Miguel Ángel Casales Ordúña Luz Emiret Martínez Suárez Adriana Chino Romano Oscar Vázquez Martínez Dalia Fernanda Rojano del Carmen Emmanuel Roano Luna Litzy Carolina Salvador González Ricardo
Nombre del profesor:	María Lourdes Ruiz Tejeda Patricia Leonor Tejeda Polo
Centro de Investigación:	CONFETEX S.A de C.V, de Teziutlán, Pue
Nombre del asesor externo:	Blanca Sánchez Campos
Periodo:	Enero-diciembre 2019

Asignatura	Créditos	Competencia específica	Aporte al perfil de egreso	Horas de la actividad	Semestre	Evidencias
La tecnología y su entorno	6	Desarrolla la capacidad de análisis y síntesis mediante el desarrollo e identificación de procesos artesanales por medio de la asimilación e implementación de tecnología de vanguardia para satisfacer los deseos o necesidades de los consumidores cautivos y potenciales, respetando la ética en el ámbito profesional y ambiental.	Capacidad para fomentar la asimilación de la tecnología a fin de generar y gestionar ideas de negocios innovadoras, factibles y sustentables, que impacten en el entorno social, económico y ambiental.	130	Enero – diciembre 2019	Análisis de información mediante la aplicación de la tecnología
Cadena de Suministros	5	Gestiona y mejora sistemas integrados de producción, abastecimiento y distribución de organizaciones productoras de bienes y servicios para incrementar la competitividad de la cadena de suministro.	Gestionar eficientemente los recursos materiales de la organización con visión compartida, con el fin de suministrar bienes y servicios de calidad mediante el diseño, implementación, administración y optimización de manera integral, de los sistemas de producción y las tareas de aprovisionamiento.	100	Enero– diciembre 2019	
Desarrollo de nuevos productos	6	Desarrolla la capacidad de análisis y síntesis mediante la elaboración de un prototipo que satisfaga los deseos o necesidades de los consumidores potenciales, respetando la ética en el ámbito profesional y ambiental.	La capacidad para fomentar, desarrollar, modificar o adaptar productos que se inserten en un mercado específico a fin de generar y gestionar ideas de negocios innovadoras, factibles y sustentables, que impacten en el entorno social, económico y ambiental.	90	Enero – diciembre 2019	

Figura 3. Plan del Proyecto Integral de Educación Dual del ITST y la empresa CONFETEX, S.A. de C.V.

Fase 4: Instrumentación, Ejecución, Evaluación y Acreditación del Proyecto integral de Educación Dual

En el Departamento de Desarrollo Académico del ITST y en la empresa CONFETEX S.A. de C.V., se diseña la Instrumentación para el Proyecto Integral de Educación Dual como lo muestra la Figura 4, así como la Matriz de Evaluación por Competencias y el Instrumento de Evaluación de Competencias Genéricas para el PIED que se muestran en la Figura 5. Dichos instrumentos son diseñados para que los profesores asignados den el seguimiento a cada uno de los estudiantes que participante en el Programa de Educación Dual, realizando el llenado de dicho formato. Este proceso se realiza en conjunto con la representante de la empresa CONFETEX S.A. de C.V. la Gerente de Recursos Humanos y los profesores responsables de cada estudiante para dar por resultado un documento que sirva de guía y así mismo tener un documento soporte para las evaluaciones del programa.



Instrumentación para el Proyecto Integral de Educación Dual
Tecnológico Nacional de México
Instituto Tecnológico Superior de Teziutlán
Dirección Académica

Instrumento de evaluación de Competencias Específicas para Proyecto Integral de Educación Dual

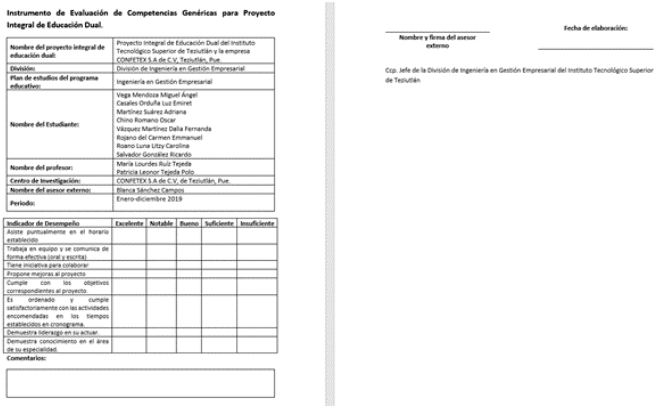
Nombre del proyecto integral de educación dual:	Proyecto Integral de Educación Dual del Instituto Tecnológico Superior de Teziutlán y la empresa CONFETEX S.A de C.V, Teziutlán, Pue.
División:	División de Ingeniería en Gestión Empresarial
Plan de estudios del programa educativo:	Ingeniería en Gestión Empresarial
Nombre del Estudiante:	Vega Mendoza Miguel Ángel Casales Ordúña Luz Emiret Martínez Suárez Adriana Chino Romano Oscar Vázquez Martínez Dalia Fernanda Rojano del Carmen Emmanuel Roano Luna Litzy Carolina Salvador González Ricardo
Nombre del profesor:	María Lourdes Ruiz Tejeda Patricia Leonor Tejeda Polo
Centro de Investigación:	CONFETEX S.A de C.V, de Teziutlán, Pue.
Nombre del asesor externo:	Blanca Sánchez Campos
Periodo:	Enero-diciembre 2019

1. Descripción del proyecto

Obtener el distintivo ESR para la Empresa CONFETEX, S. A. de C.V. con la finalidad de diferenciarla de su competencia y propiciar su desarrollo de la misma, así como el de la sociedad en la que se desenvuelve.

2. Descripción de las actividades generales a desarrollar en el proyecto

Figura 4. Instrumentación para el PIED del ITST y la empresa CONFETEX, S.A. de C.V.



Instrumento de Evaluación de Competencias Genéricas para Proyecto Integral de Educación Dual.

Nombre del proyecto integral de educación dual:	Proyecto Integral de Educación Dual del Instituto Tecnológico Superior de Teziutlán y la empresa CONFETEX S.A de C.V, Teziutlán, Pue.
División:	División de Ingeniería en Gestión Empresarial
Plan de estudios del programa educativo:	Ingeniería en Gestión Empresarial
Nombre del Estudiante:	Vega Mendoza Miguel Ángel Casales Ordúña Luz Emiret Martínez Suárez Adriana Chino Romano Oscar Vázquez Martínez Dalia Fernanda Rojano del Carmen Emmanuel Roano Luna Litzy Carolina Salvador González Ricardo
Nombre del profesor:	María Lourdes Ruiz Tejeda Patricia Leonor Tejeda Polo
Centro de Investigación:	CONFETEX S.A de C.V, de Teziutlán, Pue.
Nombre del asesor externo:	Blanca Sánchez Campos
Periodo:	Enero-diciembre 2019

Indicador de Desempeño	Excelente	Notable	Bueno	Suficiente	Insuficiente
Asiste puntualmente en el horario establecido					
Trabaja en equipo y se comunica de forma efectiva (oral y escrita).					
Tiene iniciativa para colaborar					
Propone mejoras al proyecto					
Cumple con los objetivos correspondientes al proyecto.					
Es ordenado y cumple satisfactoriamente con las actividades encomendadas en los tiempos establecidos en cronograma.					
Demuestra liderazgo en su actuar.					
Demuestra conocimiento en el área de su especialidad.					

Comentarios:

Nombre y firma del asesor externo

Fecha de elaboración:

Cop. Jefe de la División de Ingeniería en Gestión Empresarial del Instituto Tecnológico Superior de Teziutlán

Figura 5. Matriz de Evaluación por Competencias e Instrumento de Evaluación de Competencias Genéricas para el PIED del ITST y la empresa CONFETEX, S.A. de C.V.

Fase 5: Criterio de selección de los participantes

Para la ejecución de la presente etapa el ITST establece como criterios mínimos en los estudiantes candidatos a participar los siguientes: Haber acreditado la estructura genérica, actividades complementarias y servicio social del programa educativo de IGE, ser estudiante regular del programa educativo, tener la disposición de tiempo completo para cursar la especialidad, además de asumir el compromiso de cursar y concluir el programa educativo de educación dual dentro de la empresa, así como estar inscrito como estudiante regular durante todo el proceso de la educación dual.

Atendiendo los requisitos fueron 36 los alumnos postulados que cubrieron lo solicitado, específicamente de Sexto Semestre de la Carrera, mismos que fueron preseleccionados por parte de la Gerente de Recursos Humanos de la Empresa CONFETEX, S.A. de C.V. basándose en una lista de cotejo integrada por variables: Experiencia laboral, Participación en Congresos/Cursos, Practica de algún deporte, Participación en proyectos escolares, Conocimiento y manejo de software aplicables al área administrativa, Promedio general. Para lo cual se seleccionaron a 8 estudiantes como lo muestran las Figuras 6, toda vez que solo es la cantidad que la empresa demandó para llevar a cabo las actividades derivadas del proyecto y los que mejor cumplieron los requisitos establecidos.



Figura 6. Estudiantes participantes del PIED del ITST y la empresa CONFETEX, S.A. de C.V.

Fase 6: Selección de profesores

Se establecen los requerimientos mínimos para la determinación de los criterios del perfil de los profesores que acompañarían y darían seguimiento al cumplimiento del programa, los cuales cubrirían como mínimo las siguientes especificaciones: Disponibilidad horas de descarga para acudir a la empresa a las prácticas de campo, estar interesado en participar en el PIED, contar con experiencia en la docencia y elaboración de proyectos de investigación, responsabilidad y ética profesional mostrada en su quehacer docente y compromiso institucional. Resultando seleccionados los siguientes docentes que se muestran en la Figura 7:

Profesores candidatos del Institutos para participar en la formación profesional dual.

Nombre	Categoria / Horas	Grado de estudios	SNI	Área de especialización	Experiencia docente (años)
VIÑAS MEZA LUISA ANGÉLICA	TC-A 40	Maestría en Ciencias Pedagogicas	No	Periodismo y comunicación	14 años
TEJEDA POLO PATRIACIA LEONOR	TC-A 40	Maestría en Tecnología Educativa	No	Negocios Internacionales	16 años
MILLÁN TINOCO VICTOR	PA-B 31	Maestría en Gestión de Calidad	No	Calidad	6 años
RUIZ TEJEDA MARIA DE LOURDES	TC-B 40	Maestría en Administración	No	Docencia Mercadotecnia	20 años
ALDAZABA JACOME GABRIELA	PA-B 30	Maestría en educación	No	Ing. En Producción Industrial	18 años

Se determinó entre ambas instituciones que la estrategia para la educación dual debería estar integrada con los siguientes aspectos:

- La formación profesional dual estará dirigida solo a estudiantes inscritos en el Programa de la carrera de Ingeniería en Gestión Empresarial.
- Se considerará el proyecto de Residencia Profesional con el desarrollo de un proyecto en la empresa CONFETEX S.A. de C.V Teziutlán, Puebla.
- Los estudiantes asistirían de tiempo completo durante un año a la empresa CONFETEX S.A de C.V, Teziutlán, Puebla y administrativamente, en el Instituto Tecnológico Superior de Teziutlán se les acreditarán las materias de especialidad referidas en la matriz de competencias, así como la Residencia Profesional.

Figura 7. Docentes participantes del PIED del ITST y la empresa CONFETEX, S.A. de C.V.

Fase 7: Selección de asesores externos

Fue responsabilidad de la empresa seleccionar y asignar a los asesores externos de acuerdo a las necesidades y requerimientos del PIED. El asesor externo en la empresa se selecciona y designa por la misma, en donde la representante ocupa un mando medio, para el caso la Lic. Blanca Sánchez Gerente de Recursos Humanos de la empresa CONFETEX, S.A. de C.V. y encargada de proyectos de la empresa. Cabe mencionar que el asesor externo brinda la atención necesaria y oportuna a los 8 estudiantes designados para la operación del PIED.

 ISSN 2007-8102

Fase 8: Plan de capacitación para el PIED

Una vez seleccionados los estudiantes, profesores y asesor externo por parte del ITST y la empresa CONFETEX, S.A. de C.V se lleva a cabo la planificación y el desarrollo del plan de capacitación para el PIED. En esta etapa el ITST plantea expectativas y necesidades técnicas propias y de la empresa que buscan ser ejecutadas de manera efectiva durante el plazo programado para el programa integral de educación dual. El plan de capacitación es dirigido a estudiantes, profesores y asesor externo.

Fase 9: Gestión del Convenio. En la gestión se realizan una serie de actividades con la finalidad de generar y sustentar la necesidad del PIED y el logro de la confianza por parte de la empresa CONFETEX S.A. de C.V para la efectiva ejecución del Proyecto. Entre las actividades surgen la presentación de los objetivos de la Educación Dual e identificación de las áreas de oportunidad por parte de la empresa, mismas que deben estar alineadas a los requisitos formativos del perfil de egreso del Programa Educativo de IGE.

Fase 10: Evaluación del proceso de educación dual

Se lleva a cabo la realización de 4 reportes trimestrales en los que se presentan las evaluaciones de las actividades realizadas por los 8 estudiantes que participaron a lo largo de un año cubriendo el total de 1000 horas. Algunas de las actividades aparecen en la Figura 9 reflejando el cumplimiento de objetivos planteados por la empresa para la realización del PIED Diagnóstico de indicadores CEMEFI y obtención del Distintivo como Empresa Socialmente Responsable para la empresa CONFETEX, S. A. de C.V. de Teziutlán, Puebla.

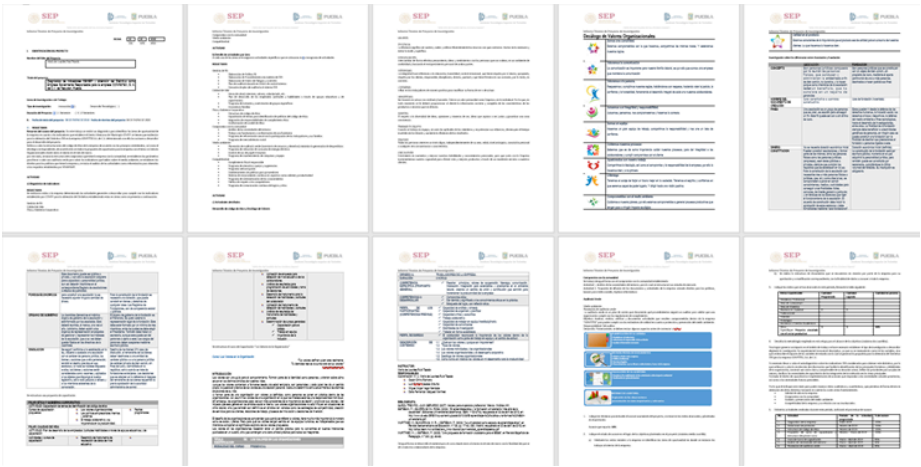


Figura 8. Actividades del PIED del ITST y la empresa CONFETEX, S.A. de C.V. en el Diagnóstico de indicadores CEMEFI y obtención del Distintivo como Empresa Socialmente Responsable.

Resultados y discusión

Desarrollo del PIED

Como primer punto fortalece la vinculación existente entre CONFETEX S.A. de C.V. y el ITST gracias al desarrollo del proyecto, obteniendo la confianza por parte de la empresa al capital humano del ITST, dando apertura a más estudiantes para operar el Programa Dual en la empresa, no tan solo de la Carrera de IGE, sino del resto de carreras ofertadas por el ITST.

Dichas acciones van en sentido de atender la misión del ITST que es “formar profesionales que se constituyan como agentes de cambio y promuevan el desarrollo integral de la sociedad mediante la implementación de procesos académicos de calidad” [5]

De acuerdo al modelo PIED, se realiza una evaluación de las competencias alcanzadas o aplicadas por los alumnos en el desempeño de sus actividades de acuerdo con la tabla 1, dicha evaluación es realizada por el Gerente de Recursos Humanos de la empresa, lo cual resulta favorable para valorar el impacto del PIED en la formación de los alumnos y al funcionamiento adecuado del mismo programa.

Indicador de desempeño	Excelente	Notable	Bueno	Suficiente	Insuficiente
Asiste puntualmente en el horario establecido	X				
Trabaja en equipo y se comunica de forma efectiva (oral y escrita)	X				
Tiene iniciativa para colaborar	X				
Propone mejoras al proyecto	X				
Cumple con los objetivos correspondientes al proyecto	X				
Es ordenado y cumple satisfactoriamente con las actividades encomendadas en los tiempos establecidos.	X				
Demuestra liderazgo	X				
Demuestra conocimiento en su área de especialidad.	X				
Se desempeña con la ética y valores .	X				

Tabla 1. Evaluación de Competencias aplicadas o desarrolladas por el alumno en el PIED

Estudiantes de la Carrera de IGE interesados en el programa

Los estudiantes de la Carrera de IGE de los distintos semestres solicitan al jefe de división les brinde la oportunidad para poder desarrollar proyectos al amparo del Programa de Formación Dual del ITST.

Adecuada operación del Programa de Educación Dual del ITST para la Carrera de IGE

En relación a la metodología empleada en el proyecto resulta adecuada en la operación del Programa de Educación Dual del ITST para la Carrera de IGE, llevando al estudiante al conocimiento y descubrimiento de su entorno, la indagación de problemas susceptibles de áreas de oportunidad y trabajo, el diseño de estructuras de solución, el desarrollo de estrategias estrechamente relacionadas al perfil de egreso, fortaleciendo al futuro ingeniero en su capacidad para desarrollar sistemas estratégicos de negocios optimizando recursos con ética y responsabilidad social.

Distintivo ESR Empresa CONFETEX S.A. DE C.V.

La empresa CONFETEX S.A. de C.V. documenta de manera correcta los requerimientos para tramitar ante el CEMEFI el Distintivo ESR y llegar a ser más competitiva, resaltando el trabajo en materia al interior y al exterior de la empresa, tal como lo muestra la Figura 9, ganando mayor mercado en el extranjero con la marca Ariat, siendo mejores las condiciones de capacitación y conocimientos en relación al tema, gracias al trabajo en conjunto desarrollado al amparo del PIED.



Figura 9. Difusión al exterior de las actividades en materia de Responsabilidad Social de la Empresa CONFETEX S.A. de C.V.

Conclusiones

El desarrollo del PIED y la vinculación que se trabaja entre la empresa CONFETEX S.A. de C.V. y el ITST contribuyen de manera significativa en la formación de los futuros IGE potenciando sus capacidades, siendo la Responsabilidad Empresarial el área de oportunidad a trabajar que presenta la empresa al margen del convenio de colaboración. El estudiante en su práctica se beneficia por la vinculación entre el sector empresarial de la región y el ITST, ya que le llevan a adquirir la experiencia laboral temprana, permitiéndole minimizar e incluso eliminar los obstáculos que cualquier egresado sufre en la búsqueda de su primer trabajo, siendo candidato a obtener un mejor salario, lo que se traduce en una ventaja competitiva para el futuro ingeniero frente a la formación tradicional de enseñanza. Así mismo, el estudiante lleva a cabo el desarrollo de competencias profesionales gracias al ambiente de aprendizaje académico-laboral generado por la empresa, que se traduce en beneficio al aplicar sus conocimientos teóricos a la práctica y realidad.

El cambio es eminente en el estudiante y funge como agente de cambio que se nota motivado, inspirado, seguro, maduro y reflejando amor por lo que hace. El estudiante ha cambiado su apatía por el conocimiento, evade temores, expone frente al público de manera abierta y clara, es competitivo en el desarrollo de proyectos y el impacto de su trabajo es el reflejo de sus capacidades y el valor como parte de su naturaleza.

La búsqueda de la operación del modelo dual con los alumnos de IGE y la empresa Confetex S.A. de C.V. conlleva a alcanzar el logro de la formación integral y el alcance que las competencias de estudio demandan, abatiendo uno de los más grandes retos de la enseñanza como lo establecen Rubio-Hernández & Salgado [7], dando como resultado que el estudiante de IGE obtenga experiencia, además de capacidad y talento, lo que lleva a proyectar seres distintos, formados de manera integral, capacitados, con diferentes maneras de actuar y expresarse, que muestran la madurez y la experiencia requerida para poder enfrentar escenarios laborales. Todo lo anterior motiva a la empresa CONFETEX S.A. de C.V. a brindar la oportunidad laboral a 4 estudiantes por su destacada labor en el desarrollo del PIED.

Referencias

[1] J. Carrillo, «La maquiladora en datos: resultados de una encuesta sobre tecnología y aprendizaje,» *Colegio de la Frontera Norte,* vol. 1, pp. 1-267, 2004.

[2] C. Rojas, «La educación tecnológica apuesta por la innovación,» *Campus Milenio,* pp. 1-8, 16 Febrero 2014.

[3] J. Alemán, «El sistema dual de formación profesional alemán: escuela y empresa,» *Revista Educação e Pesquisa,* vol. 41, pp. 495-511, 2015.

[4] Alarcón, E., Castro. M. y Torres, E., «Resultados obtenidos en el sector empresarial del modelo de educación dual de la COPARMEX-EDOMEX-OTE,» *ANFEI Digital,* vol. 4, pp. 1-9, 2016.

[5] ITST, «Misión,» 3 Febrero 2020. [En línea]. Available: http://www.itst.edu.mx/Conocenos/Nosotros/Mision.html.

[6] I. Araya, «La formación dual y su fundamentación curricular,» *Educación,* vol. 32, pp. 45-61, 2008.

[7] Rubio, L. y Salgado, M., «Formación de capital humano en la educación superior y proceso de transición: licenciatura en Economía en una universidad pública del Estado de México,» *COFACTOR,* vol. 8, pp. 133-160, 2013.

Análisis del examen diagnóstico de álgebra a primer semestre, ciclo escolar 2019-2020. Caso: Fracciones

M.M. García Arroyo[1], H.Cuevas Rivera[2], L.U. Badillo Pichardo[3]*
[1,2,3] Academia de Física y Matemáticas, Instituto Politécnico Nacional, Carretera Pachuca-Actopan km 1+500 Col. San Agustín Tlaxiaca, C.P. 42162, Hidalgo, México

mmgarciaa0607@gmail.com

***Área de participación**: Investigación Educativa*

Resumen

Las fracciones como todo conocimiento previo adquirido desde la educación básica, ha sido un factor que ha determinado el alto índice de reprobación en la unidad de aprendizaje de álgebra, además de mostrar la misma deficiencia en los semestres continuos; se realizó un examen diagnóstico aplicado en el periodo 2019-2020 a los alumnos de primer semestre de bachillerato y ha sido motivo de un estudio cuantitativo para reconocer la problemática en el proceso aritmético, es decir: la aplicación de las leyes de los exponentes, las propiedades de los números reales y la jerarquía de operaciones para resolver de forma apropiada las operaciones básicas con los números racionales; este suceso ha sido repetitivo en semestres anteriores, mostrando un escenario con resultados iterativos en los grupos que recursaron la unidad de aprendizaje. Alumnos que reprueban tienen la oportunidad de reforzar y mejorar su conocimiento con actividades específicas y con ejercicios afines.

***Palabras clave**: Fracciones, diagnóstico, jerarquía de operaciones, operaciones básicas*

Abstract

Fractions, like any prior knowledge acquired since basic education, has been a factor that has determined the high rate of disapproval in the algebra learning unit, in addition to showing the same deficiency in continuous semesters; a diagnostic examination applied in the period 2019-2020 was carried out on first semester students of high school and has been the subject of a quantitative study to recognize the problem in the arithmetic process, i.e.: the application of the laws of exponents, the properties of real numbers and the hierarchy of operations to properly solve basic operations with rational numbers; this event has been repetitive in previous semesters, showing a scenario with iterative results in the groups that recursed the learning unit. Students who disapprove have the opportunity to strengthen and improve their knowledge with specific activities and related exercises.

***Key words**: Fraction, diagnostics, operations hierarchy, basic operations*

Introducción

Desde que el plantel escolar de Hidalgo de nivel medio superior perteneciente al Instituto Politécnico Nacional inicio sus labores escolares en el año 2012, en repetidas generaciones por comentarios, experiencias y resultados de exámenes diagnósticos, ordinarios, extraordinarios y a título de suficiencias en los seis semestres, se visualiza en estos, una falta en los conocimientos previos básicos, en especial las llamadas “fracciones”.

El origen de las fracciones y su invención puede distinguirse por dos motivos principales: el primero de ellos fue la existencia de divisiones inexactas y el segundo resultó de la aplicación de unidades de medida de longitud; mientras los egipcios resolvían problemas de la vida diaria mediante

operaciones con fracciones, entre ellas el sistema de construcción de pirámides y las medidas utilizadas para estudiar la tierra, donde surge un contexto de medida y de reparto; los babilonios y griegos fueron quienes usaron por primera vez las fracciones, debido a la necesidad de poder contar, medir y repartir diferentes cosas; y a medida que las Matemáticas han ido evolucionando se han convertido en un lenguaje universal y sumamente eficaz, que sigue desarrollándose con la resolución de problemas prácticos.

Fazio [1], menciona que “los estudiantes de todo el mundo tienen dificultades en el aprendizaje de fracciones. En muchos países el estudiante promedio jamás obtiene un conocimiento conceptual de fracciones”, es evidente que el concepto de fracción, como una parte divida o separada de un todo, representa un problema en su idea; saber concebir que cualquier cosa puede ser una unidad y que esta unidad puede ser dividida en tantas partes se requiera y de esas partes divididas tomar solo algunas.

En Matemáticas, los conceptos requieren necesariamente algún modo de representación pertinente, es decir, que permita mostrar adecuadamente y con cierta simplicidad el concepto y sus propiedades, así como las posibles operaciones y transformaciones a las que puede someterse posteriormente [2].

Las fracciones vienen siendo una expresión para demostrar la relación entre dos números, es la expresión numérica de la relación entre una parte y el todo y en la actualidad la identificamos como la expresión que hace referencia a una división de 2 números que se conocen como numerador y denominador, los cuales están separados por una línea divisoria.

Adquirir conocimientos matemáticos supone no sólo llegar a conseguir resultados finales y concretos, sino dominar todo el proceso seguido hasta obtenerlos. Las Matemáticas tienen un valor formativo que trasciende su propio ámbito: fomentan en el alumnado la creatividad, los hábitos de indagación, la visión amplia de la realidad o la capacidad de enfrentarse a situaciones desconocidas e imprevistas.

Aun así, debe de conocerse la descripción de los conceptos de acuerdo con lo siguiente:

Fracciones, Una fracción se representa matemáticamente por números que están escritos uno sobre otro y que se hallan separados por una línea recta horizontal llamada raya fraccionaria. La fracción está formada por dos términos: el numerador y el denominador. El numerador es el número que está sobre la raya fraccionaria y el denominador es el que está bajo la raya fraccionaria. El numerador es el número de partes que se considera de la unidad o total. El denominador es el número de partes iguales en que se ha dividido la unidad o total [3].

Jerarquía de operaciones. El orden en el que deben realizarse las operaciones aritméticas básicas (jerarquía de las operaciones, prioridad de las operaciones) [4]. Siendo el orden el siguiente: Paréntesis, exponentes o radicales, Divisiones, Multiplicaciones, Sumas Restas)

Operaciones básicas. Una operación es un conjunto de reglas que permiten obtener otras cantidades o expresiones, siendo las operaciones básicas de la aritmética las siguientes: Suma, Resta, Multiplicación, División, Potenciación, Base, Exponente, Radicación, Cuadrados Perfectos y logaritmación [5].

Metodología

La investigación realizada tiene un enfoque cuantitativo donde se recaban y analizan datos numéricos y la relación con las variables, este tipo de investigaciones estudia la relación entre todos los datos cuantificados, para conseguir una interpretación precisa de los resultados correspondientes

(E.nquest, 2018); este estudio fue aplicado en una cohorte a los alumnos de primer semestre, describiendo los resultados del examen diagnóstico en el área de matemáticas al ingresar al bachillerato, es decir, aquellos que después del examen de admisión quedaron aceptados en el ciclo escolar 2019-2020.

La premisa de este estudio consiste en lo siguiente: en el ciclo escolar 2018-2019 al término del primer semestre el índice de reprobación de la Unidad de Aprendizaje (UA) de álgebra fue del 65% aproximadamente y al término del segundo periodo de Examen a Título de Suficiencia (ETS) la cifra no tuvo mucha variación, por lo que se propusieron cuatro grupos focales donde los alumnos recursaron la materia, de los cuales se dio seguimiento mediante realización de examen diagnóstico, evaluaciones parciales y examen final observando en los mismos alumnos un fenómeno repetitivo de fallas en la jerarquía de operaciones, leyes de los signos, fracciones, eliminación de paréntesis, entre otros errores.

Los alumnos que ingresan al bachillerato en el politécnico son elegidos después del examen de selección, más no da un indicativo de sus competencias en matemáticas, además de sus conocimientos previos que traen desde la educación básica primaria o secundaria; sin embargo, el realizar el examen diagnóstico nos permite visualizar el nivel de habilidad en el desarrollo de ejercicios de acuerdo con su contexto.

Se aplicó un examen escrito con cuatro preguntas, que consistió en lo siguiente: pregunta uno, obtener el mínimo común múltiplo y el máximo común divisor; pregunta dos, jerarquía de operaciones con números enteros y eliminación de paréntesis; pregunta tres, operaciones básicas con números racionales (fracciones) y pregunta cuatro, signos de agrupación y reducción de términos semejantes; que son conocimientos mínimos que se requieren para cursar la unidad de aprendizaje de álgebra.

Dicha evaluación escrita, fue elaborada por los profesores que integran la academia de física-matemáticas y que además impartieron la UA en ese periodo, cuyo objetivo fue analizar lo respectivo a las fracciones, esto es, la etimología viene del latín fractio, fractionis (porción, pedazo roto) o del verbo frangere (romper, quebrar, partir); que es un conocimiento impartido desde la educación primaria que busca desarrollar en el niño nociones lógico matemática, de fracción, proporcionalidad entre otros; cuyo objetivo de la Secretaría de Educación Pública está plasmado en los programas de estudio, donde los contenidos se estructuran jerárquicamente facilitando su aprendizaje.

Este tema fue elegido ya que analizando exámenes de diferentes generaciones y los que están cursando semestres adelantados (trigonometría hasta cálculo) ha sido repetido el mismo fenómeno, las operaciones básicas con los números raciónales, se aplican en la simplificación de expresiones algebraicas, factorización, solución de ecuaciones lineales que son conocimientos de la UA de álgebra y son previos a los siguientes semestres.

La prueba escrita se aplicó en la semana del doce al dieciséis del mes de agosto del 2019, con una muestra de 533 alumnos de primer semestre, cuyas edades oscilan entre los catorce y diecisiete años; los educandos analizados llegan de escuelas públicas y/o privadas, los cuales se incorporan al bachillerato bivalente, pero en tronco común (no tienen carrera técnica hasta tercer semestre) este periodo es de adaptación y de conocimiento de la forma de trabajo. Cabe hacer mención que el Centro de Estudios Científicos y Tecnológicos No. 16 “Hidalgo” es multidisciplinar con las tres áreas del conocimiento y 7 carreras terminales, el plan de estudios para los diez y ocho grupos de cuarenta alumnos que ingresan, tienen que cursar nueve UA entre ellas álgebra que contempla 4 unidades en el plan de estudios: Unidad 1, aritmética; unidad 2, operaciones básicas con polinomios; unidad 3, factorización y simplificación de expresiones algebraicas y unidad 4, ecuaciones; en cada unidad se utilizan operaciones con fracciones por lo que los conocimientos previos son de importancia para las competencias que se construyen en primer semestre.

 ISSN 2007-8102

Resultados y discusión

Ejercicio aplicado

El reactivo que se tomó en consideración se muestra en la figura 1, dónde el ejemplo es un ejercicio de números racionales que incluye operaciones básicas, jerarquía de operaciones y cuyo análisis indica que el alumno puede abordar su solución por diferentes rutas, el grado de dificultad que presenta, la forma de indicar el procedimiento y/o el resultado, o la denotación usada en decimales; indica una variedad en las posibles soluciones que van de acuerdo con la competencia adquirida, pero ¿qué pasa?, cuando no está desarrollada en el alumno que egresa de nivel secundaria.

3. Simplifica la expresión $\frac{\left[\frac{2}{15}-\frac{1}{6}+\frac{1}{8}\right]\frac{6}{5}}{\left[\frac{5}{12}-2+\frac{1}{18}\right]\frac{3}{20}}$, a su mínima expresión aplicando las propiedades y jerarquía correspondiente.

Figura 1. Ejercicio requerido en la prueba escrita con la instrucción.

De acuerdo con el subsistema que egresan los alumnos pueden ser de secundaria: técnica, general, telesecundaria, instituto, o colegio, también se registraron sin tipo o sin dato (figura 2) y de los resultados que muestran de los 533 alumnos de la población escolar analizada, 305 alumnos realizaron el ejercicio (57.22%), 221 no lo realizaron (41.46%) y 7 lo intentaron, es decir, al menos hubo un bosquejo de una operación (1.31%). Lo cual representaría una cifra aceptable por estar arriba del 50% de la población analizada. Estos resultados incluyen a hombres y mujeres.

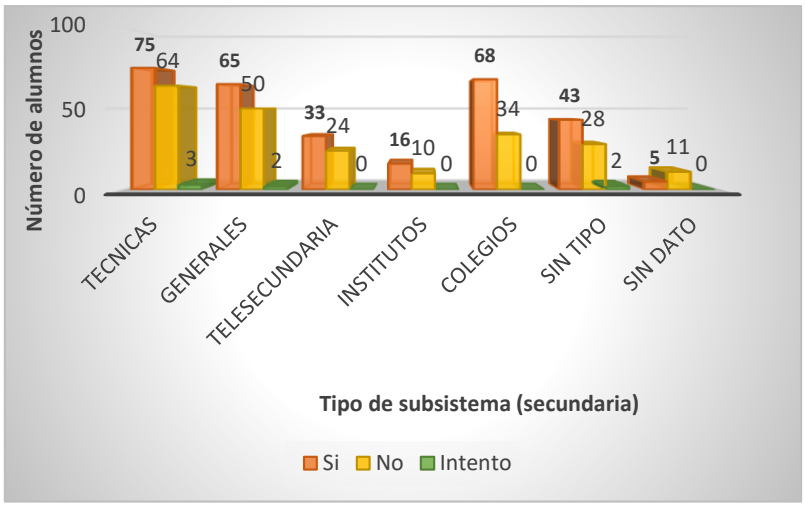


Figura 2. Número de alumnos que presentaron la prueba escrita de acuerdo con el subsistema de egreso.

Además, se observa que los alumnos que ingresan al CECyT 16, son de diferentes subsistemas sin tener preferencia hacia ciertas escuelas, ya que la aceptación de un escolar depende del número de aciertos que obtienen en el examen de admisión sin importar su escuela de procedencia. En este caso los alumnos de las secundarias técnicas son los que encabezan el estudio, aunque no hay mucha diferencia entre las escuelas generales y las particulares (colegio o instituto) por el número

 ISSN 2007-8102

de alumnos que realizaron el ejercicio, todos tienen el mismo examen y las mismas oportunidades para la solución del ejercicio.

Lo primero que realizó

Conforme a los alumnos, que sí realizaron la operación son 312, de este dato se partirá para el análisis. La figura 1, muestra el ejercicio del examen diagnóstico y de acuerdo con este, se determinó la primera operación o el paso que concibieron al comenzar la resolución; por lo que se clasificó de la siguiente manera (figura 3): *Suma/Resta* representa la mayoría con 263 alumnos que realizaron como primera opción o la primera intención (84.29%); *Vacío*, 20 alumnos, es decir no muestran las operaciones pero hay un resultado (6.4%); *Desorden*, 6 alumnos, no hay una secuencia en las operaciones que realizó (1.92%); *Otra cosa*, 18 alumnos, se refiere hay varias operaciones que no son parte del ejercicio 5.77%); *Multiplicación*, 4 alumnos, efectuando como primera opción (1.28%) y *División, 1 alumno* realizó como primera opción la división (0.32%).

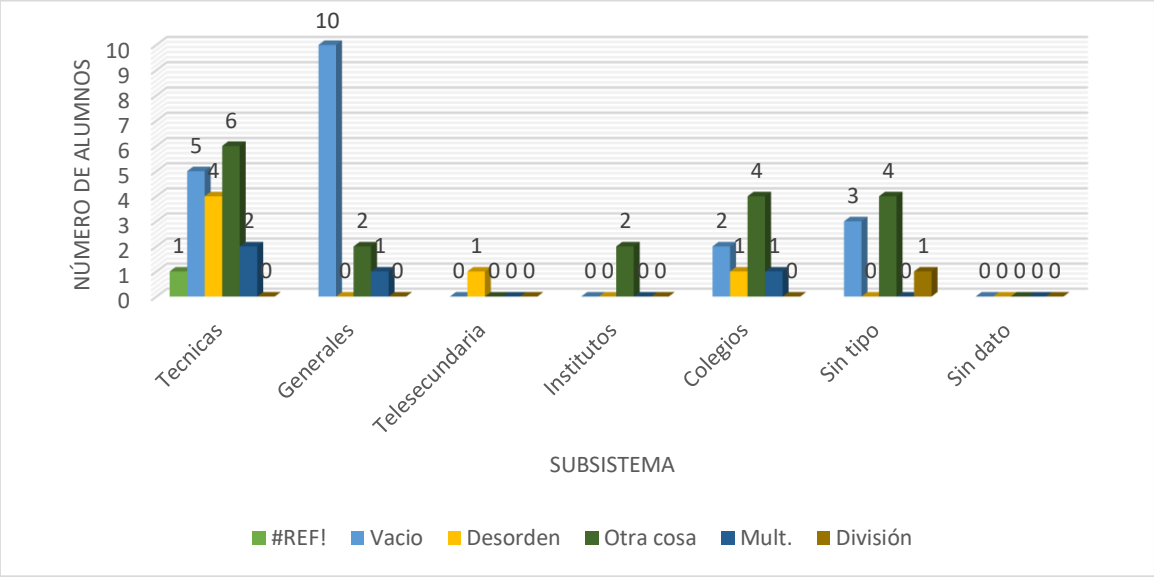


Figura 3. La primera operación que realizó el alumno

Es evidente que cada alumno muestra una solución diferente, su proceso de análisis es diferente, ya que los conocimientos previamente adquiridos son insuficientes aunado que posiblemente sea la primera vez que realizan un ejercicio de este tipo conjuntando todas las operaciones básicas y utilizando fracciones; la bibliografía de nivel secundaria muestra ejercicios, pero lineales. La figura 3 muestra claramente que se tiene la noción de comenzar lo que está dentro del paréntesis por jerarquía de operaciones que en este caso en la suma y/o resta de fracciones. Pero surge la pregunta de investigación ¿Los alumnos realizan las operaciones básicas en las fracciones, aplicando las propiedades de los números reales?.

Leyes de Signos

En primer año de secundaria se enseñan las leyes de los signos y que se van rectificando a lo largo de los siguientes años, y que se tienen presentes en los conocimientos que van adquiriendo, sin embargo, aún hay carencia en la aplicación de estos, existe confusión cuando se suman/restan, cuando se multiplican o dividen. En la figura 4, se muestra la problemática, en dónde los alumnos

 ISSN 2007-8102

que sí hicieron el ejercicio que fueron 312, 178 de estos en sus signos están mal, es decir las leyes de los signos y las propiedades de los números reales, son conocimientos que son involucrados en la solución de fracciones, pero no están aplicadas de forma adecuada y esto representa el 57.05%, mientras que los que no tuvieron error en las leyes fueron 115, lo que supone el 36.86% y 19 alumnos de forma regular, es decir, que manejaron algunos conocimientos bien y otros no (6.09%).

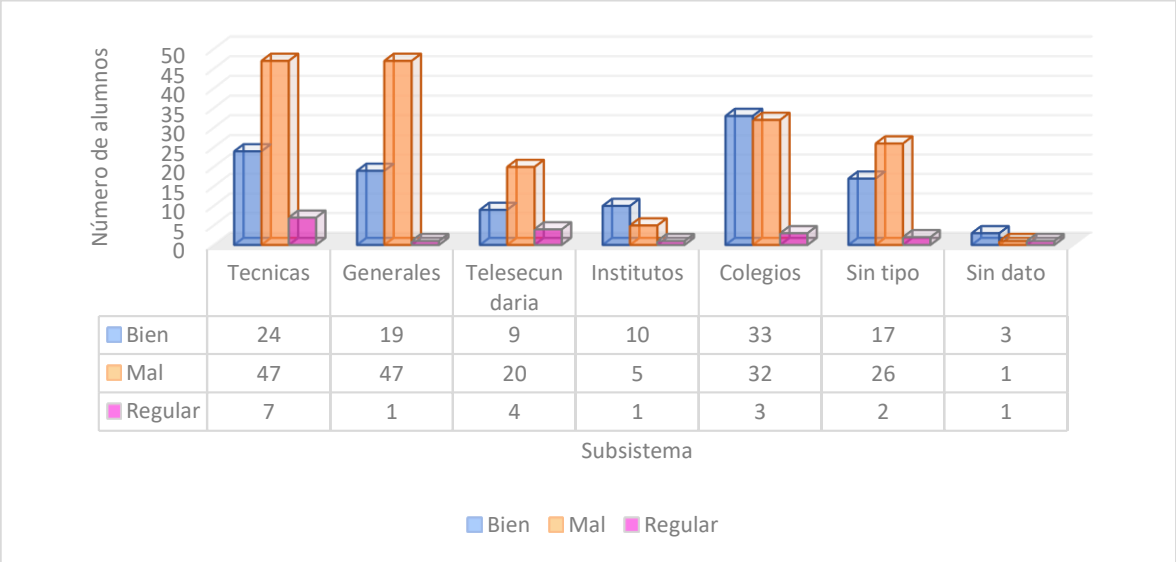


Figura 4. Aplicación de las leyes de los signos

Estos datos representan que las escuelas particulares son mejores en la aplicación de las leyes de los exponentes, siguiendo las escuelas secundarias técnicas, generales y por último las telesecundarias, esto expone que en este subsistema se necesita una intervención apropiada en la enseñanza de las leyes. Aun así, el que las escuelas privadas salieron mejor, no quiere decir, que no tengan errores; esto nos lleva a poner atención en que las escuelas sin importar su procedencia se debe de retomar este conocimiento.

El resultado final

Se pensaría que más del 50% realizó el ejercicio, que la primera operación en la suma/resta, que están aplicados de forma correcta los signos y… ¿qué pasó?... los resultados muestran un área de oportunidad en mejorar lo concerniente a este tema, que depende de los números reales, como son los números racionales, mejor conocidos cómo fracciones. Con estos resultados es evidente que se necesita de alguna forma intervenir en esta área de conocimiento.

Los resultados (figura 5) fueron que de los 312 alumnos que sí realizaron el ejercicio sólo 8 de ellos efectuaron la solución correcta (2.56%); 228 alumnos la elaboraron mal (73.08%) y 76 alumnos no terminaron de realizarla (24.36%), esto indica que debe de darse alguna propuesta de solución para aminorar el problema y sea consecuencia de reprobación en las unidades del programa de estudios.

 ISSN 2007-8102

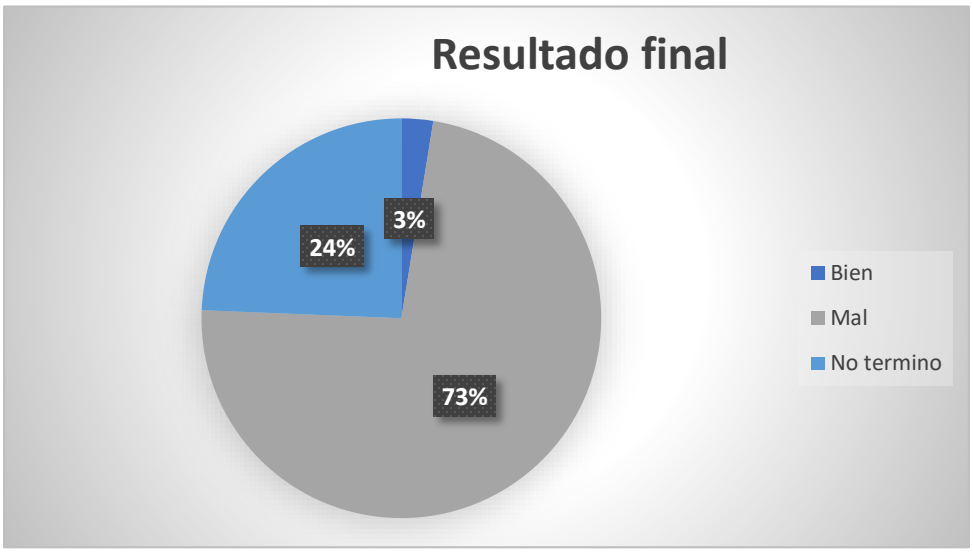


Figura 5. Resultado final de los que realizaron bien el ejercicio.

De los ocho alumnos que hicieron bien la operación con fracciones son: 3 son de escuelas públicas (Técnica 40, Técnica 49 y General Rafael Ramírez Castañeda), 4 de escuelas privadas (Instituto Moisés Sáenz Garza, Colegio Cervantes, Colegio Elise Freinet y Vicente Guerrero) y 1 sin dato; por género son 2 mujeres (una de escuela pública y una de escuela privada) y 6 hombres.

Este resultado ostenta la importancia de ocuparse en mejorar y reforzar el conocimiento con respecto a las fracciones, leyes de los signos, jerarquía de operaciones y las propiedades de los números reales, recta numérica, leyes de los exponentes, radicación, mcm, mcd, y otros más.

Trabajo a futuro

Con los resultados de las evaluaciones se ha determinado realizar diferentes actividades lúdicas y en línea para intervenir durante el semestre de septiembre a febrero 20-21 el tema de fracciones con la nueva generación que entra en primer semestre, se realizará el examen diagnóstico y comparando los resultados con la generación 19-20. Las actividades llevarán una secuencia desde los números primos, obtención del mínimo común múltiplo, concepto de fracción, suma y resta, multiplicación y división de fracciones. Además de considerar en las actividades los tres tipos de aprendizaje: visual, auditivo y kinestésico. Se tomará el apoyo del departamento de Orientación Juvenil para aplicar un test de tipo de aprendizaje y puedan elegir los alumnos las actividades que se adecuen a su aprendizaje. Las actividades serán puestas en línea bajo la plataforma de teams y al final del periodo de aplicación se volverá a realizar una evaluación para mejorar y poder aplicarlas a todos los semestres al inicio de cada ciclo escolar.

Conclusiones

El ejercicio aplicado a toda la población es parte de los conocimientos previos que los alumnos deben de tener desde educación básica, sin embargo, se reconoce que la forma de enseñanza que reciben es diferente, además, se enseñan las operaciones básicas por separado o a lo más suma y restas

juntas. Esto permite analizar la problemática en donde queda más que claro que los alumnos no importando de que escuela que provengan ni de que extracto social son, presentan deficiencias cognitivas en la solución de las operaciones con números racionales, los conceptos de jerarquía de operaciones, leyes de signos, entre otros; las cuales afectaran el desempeño del alumno dentro del CECyT 16, y en muchos casos les generarán problemas a futuro viéndose reflejado en la reprobación de la unidad de aprendizaje y pueden provocar que los alumnos no valoren a las matemáticas. Estos ejercicios junto con otros son parte de la Unidad I: Números Reales (aritmética) que se enseña al iniciar el bachillerato bivalente en el IPN.

La mayoría de los alumnos identificó que la primera operación es comenzar por el numerador, continuar con la jerarquía de operaciones, es decir, realizar la suma y resta que se encuentra entre paréntesis, pero de aquí partimos cómo es que comprende el alumno el concepto de fracción: ¿cómo una parte de un todo?, ¿cómo una razón?, ¿un valor arriba y uno abajo?, ¿fracción equivalente?, todas estas formas son parte de concebir el algoritmo de fracciones y dependen de la forma cómo se enseñó desde la educación básica, para la solución de la misma.

Las leyes de los signos pareciera que es un conocimiento sencillo pero llega a mostrarse que hay error cuando se está sumando o restando (recta numérica), cuando se están multiplicando o dividiendo y de aquí también partimos que los errores en los diferentes exámenes que los alumnos presentan son en la aplicación de las propiedades de los números enteros.

Las competencias que se adquieren en la educación básica, demuestra un déficit o carencia en estos; aunado con la forma en que los profesores imparten el conocimiento desde kínder y con estos antecedentes se buscan varias formas para intervenir en esa área de mejora.

Los profesores del CECyT del área de física y matemáticas, proponen que las nuevas generaciones inicien el semestre, donde se imparta un curso propedéutico en aritmética, recordando los contenidos vistos previamente; este programa se llevaba a cabo cada año a partir del 2013, pero en el 2019 se suspendió y se reflejó en las calificaciones, aumentando el índice de reprobación; el resultado fue que se abrieron 5 grupos de 45 alumnos que recursaron la unidad de aprendizaje en el semestre febrero – julio.

Las fracciones se utilizan en diferentes momentos en álgebra: Unidad II, operaciones con polinomios y factorización; Unidad III, ecuaciones lineales en la solución de problemas; Unidad IV, ecuaciones cuadráticas en la solución de problemas, por lo que se considera importante se logre que en cualquier situación o momento se realice de forma eficaz y eficiente los ejercicios. En el semestre 21-1 que inicia en septiembre y por acuerdo de academia, que a la letra dice: En el caso de Algebra la primera unidad (Números Reales) se desglosa en actividades de auto aprendizaje ya diseñadas y que se realizarán a lo largo del semestre en actividades semanales, es decir, se aplicarán transversales al curso de álgebra, reforzando así, lo que aún está por aprender en cada alumno.

Referencias

[1] L. Fazio, R. Siegler, “Enseñanza de las fracciones”, *International Academy of Education”,* col. 22, pp1-27, 2013

[2] G. León, “Unidad didáctica:Fracciones”, Trabajo fin de máster, Universidad de Granada, España. 2011.

[3] Portal educativo. (2020, 16 agosto). ¿Qué es un fracción? [Online]. Available: https://www.portaleducativo.net/quinto-basico/531/Que-es-una-fraccion

[4] TodaMateria. (2020, 29 junio). Jerarquía de operaciones. [Online]. Available: https://www.todamateria.com/jerarquia-de-operaciones/

[5] Superprof diccionario. (2020, 22 agosto). Qué significa operaciones en matemáticas. [Online]. Available: https://www.superprof.es/diccionario/matematicas/aritmetica/operaciones.html

Dificultad de Aprendizaje en Matemáticas, la relación con el desempeño en materias de Ingeniería

M. E. Carreón Romero[1], L. Carreón Romero[2], J. Rivera Flores[3]*
[1]Cuerpo Académico Calidad y Mejora Continua en Servicios Tecnológicos, Academia de Ingeniería en Sistemas Computacionales, Instituto Tecnológico Superior de Teziutlán, Sección I y II S/N Aire Libre C.P. 73960, Teziutlán, Puebla, México.
[2]Academia de Ciencias Básicas, Instituto Tecnológico Superior de Teziutlán, Sección I y II S/N Aire Libre C.P. 73960, Teziutlán, Puebla, México.
[3]Cuerpo Académico Calidad y Mejora Continua en Servicios Tecnológicos, Academia de Ingeniería Industrial, Instituto Tecnológico Superior de Teziutlán, Sección I y II S/N Aire Libre C.P. 73960, Teziutlán, Puebla, México.
**maria.cr@teziutlan.tecnm.mx*

Área de participación: *Investigación Educativa*

Resumen

Un gran porcentaje de estudiantes de nivel superior presentan problemas de aprovechamiento en las materias relacionadas con matemáticas; la Dificultad de Aprendizaje de las Matemáticas (DAM) es una característica que afecta alrededor 7% de la población mundial, presentándose como desventaja para los estudiantes que la padecen debido al desconocimiento del tema por parte de la comunidad docente. En este trabajo se realizó un estudio cuantitativo de alcance descriptivo con la finalidad de Identificar la población de estudiantes de 6º y 8º semestre de la carrera de Sistemas Computacionales del ITST con DAM. Se observó que alrededor del 9% de la población estudiada presenta un nivel significativo de DAM. Además, después de analizar datos académicos se demostró que un alto porcentaje de estudiantes que presentan nivel III de DAM muestran bajo desempeño académico en las materias cursadas.

Palabras clave*: matemáticas, dificultad, estudiantes, desempeño.*

Abstract

A large percentage of upper-level students have achievement problems in math-related subjects; The Learning Difficulty of Mathematics (DAM) is a characteristic that affects around 7% of the world population, presenting itself as a disadvantage for students who suffer from it due to the lack of knowledge of the subject by the teaching community. In this work, a quantitative study with a descriptive scope was carried out in order to identify the population of 6th and 8th semester students of the ITST Computer Systems career with DAM. It was observed that around 9% of the studied population presents a significant level of DAM. In addition, after analyzing academic data, it was shown that a high percentage of students who present DAM level III show low academic performance in the subjects taken.

Key words*: math, difficulty, students, performance.*

Introducción

Las instituciones de educación superior tienen como meta formar profesionales competentes, con el compromiso de conseguir una inserción efectiva de todos sus estudiantes dentro de las aulas de clases, siguiendo los principios de no discriminación, igualdad de oportunidades, inclusión y

normalización. De esta forma, Comes [7] sugiere una actitud positiva y el conocimiento básico sobre cómo actuar ante determinadas situaciones.
Como lo expresa Orrantia [8] los problemas de aprendizaje juegan un papel importante en el desarrollo de los estudiantes, pues no se trata solo del rendimiento académico, sino de su crecimiento personal. Quinteño [1] argumenta que dentro de las aulas donde se imparten materias del área de ingeniería, la mayoría de los docentes se enfocan en mostrar la ejecución correcta de procedimientos, así un estudiante deberá ser capaz de recordar símbolos, fórmulas y procedimientos matemáticos con diferente nivel de complejidad; por su parte Pérez [6] señala que la comprensión de la lógica subyacente de procedimientos y algoritmos es fundamental para su recuperación y uso.

En las materias con enfoque matemático existe un problema que limita a los estudiantes a desarrollarse eficientemente, dicha situación de aprendizaje se conoce como **Dificultad de Aprendizaje de las Matemáticas (DAM)**; Fernández [3] aclara que dicha particularidad no tiene relación con un déficit de atención, mala instrucción o un problema intelectual; sin embargo, el hecho de no reconocer las características de este padecimiento, puede ser tan grave como otros problemas de aprendizaje. De acuerdo a estudios presentados por Goikoetxea [5] se estima que entre un 4% y 8% de la población mundial padece DAM, estas personas presentan entre otros problemas dificultad para reconocer símbolos matemáticos y/o números, ejecutar procedimientos, seguir secuencias y resolver problemas matemáticos. Por su parte Pérez [6] argumenta que presentar características de DAM origina en los estudiantes problemas para diseñar y aplicar algoritmos matemáticos.

Un gran porcentaje de estudiantes de nivel superior que cursan materias relacionadas con matemáticas presentan problemas de aprovechamiento, debido principalmente a la dificultad para dominar cada uno de los tópicos presentados, y como consecuencia, muestran un bajo rendimiento académico. En este sentido, las posibles causas que originan la dificultad presentada por cada estudiante es desconocida por el docente; investigar situaciones particulares no es una tarea fácil. De acuerdo a investigaciones realizadas por Galán [4] se estima que alrededor del 7% de la población estudiantil presenta DAM, particularidad que muchos docentes desconocen y que pone en desventaja a estudiantes con esta condición, debido principalmente a las características que presentan. Mucho se dice del bajo rendimiento académico de los estudiantes en al área de las matemáticas, dando pie a la implementación de estrategias dirigidas a remediar el problema mediante soluciones que funcionan bien en estudiantes que no presentan DAM, dejando vulnerable al grupo que si la padece. Por ello, es primordial señalar que sin importar la condición de cada estudiante se requiere brindar igualdad de oportunidades.

De acuerdo con Fernández [3] las Dificultades de Aprendizaje en Matemáticas pueden ser una de las causas de fracaso escolar y, en ocasiones, pueden llevar al aislamiento de los estudiantes en su entorno educativo e incluso al abandono escolar. Uno de los factores que ayuda a mejorar el proceso enseñanza-aprendizaje es conocer a los estudiantes, atendiendo sus particularidades como: ritmo de aprendizaje y forma de aprender. Escobar [9] menciona que la misión de cada docente es partir de la diversidad de sus estudiantes e implementar estrategias que le permitan conocer sus capacidades para manejarlas adecuadamente y poder desarrollar su máximo potencial. Por su parte Quiñones [1] señala que una característica que distingue a los estudiantes con DAM es la velocidad con la realizan sus actividades, en muchos casos solo se requiere brindar más tiempo en la realización de actividades, además de una manera singular de repasar notas o apuntes.

Partiendo del problema de aprendizaje en las matemáticas por presentar DAM, Escobar [9] señala que el hecho de que un estudiante presente bajo desempeño académico, no implica que posea bajo intelecto; más bien, se requiere que el docente utilice una manera diferente de enseñar. Identificar a tiempo estudiantes con DAM, permitirá a los docentes de nivel superior aplicar estrategias que ayuden a mejorar su desempeño académico y como consecuencia, mitigar situaciones que ponen en desventaja a esta población.

Objetivo general. Identificar la población de estudiantes de 6º y 8º semestre de la carrera de Ingeniería en Sistemas Computacionales (ISC) del ITST con Dificultad de Aprendizaje en Matemáticas para evaluar la relación con el desempeño académico en materias de principios matemáticos con base a registros académicos del ciclo escolar 2019-2020.

Objetivos específicos.

- Investigar características y señales para identificar personas con DAM.
- Diseñar instrumento para identificar estudiantes con algún nivel de DAM.
- Identificar población a estudiar y seleccionar los elementos muestrales.
- Diseñar plan para aplicar instrumento.
- Clasificar niveles de DAM en la población identificada.
- Investigar la situación académica de cada estudiante identificado con DAM.

Como pregunta de investigación se plantea conocer lo siguiente ¿Los estudiantes de 6o y 8º semestre de la carrera de ISC identificados con DAM presentan bajo desempeño académico en las materias relacionadas con matemáticas?

Metodología

El método de investigación utilizado en este trabajo fue cuantitativo de tipo transversal con enfoque descriptivo. En el estudio se utilizó una muestra organizada en 4 estratos que corresponden a los cuatro grupos de estudiantes de sexto y octavo semestre de la carrera de ISC del ITST. Los instrumentos de recolección de datos usados en el estudio fueron dos tipos de encuestas, las cuales fueron diseñadas como lo sugiere Ruiz [2] a partir de la revisión de documentos enfocados a identificar estudiantes con DAM, así como, la medición del desempeño academico de los estudiantes.

1. Lugar donde se desarrollará el estudio. Instituto Tecnológico Superior de Teziutlán.
2. Población a estudiar. Estudiantes de 6º y 8º semestre de la Carrera de Sistemas Computacionales modalidad escolarizada inscrita en el periodo enero-junio del 2020.
Para determinar la población de estudio de los estudiantes 6º y 8º semestre de la carrera de Sistemas Computacionales del ITST registrados en el periodo indicado, se obtuvo una muestra probabilística, utilizando para ello la fórmula estadística para muestras poblacionales finitas:

$$n = \frac{N \times Z_a^2 \times p \times q}{d^2 \times (N-1) + Z_a^2 \times p \times q}$$

Donde:

N = Población total → **100 estudiantes**
Z_a =Nivel de Confianza = 95% → **1.96**
p = proporción esperada del 50% → **0.5**
q = 1 – p = **0.5**
d= margen de error 5% **= 0.05**

$$n = \frac{100 \times (1.96)^2 \times 0.5 \times 0.5}{(0.05)^2 \times (100-1) + (1.96)^2\, 0.5 \times 0.5} = 80$$

Tabla 1. Estratos de Estudiantes de semestre de la carrera de Sistemas

Estratos por semestres	Identificación del semestre de la carrera	Total población Fracción constante 0.8	Muestra
1	Estudiantes Sexto semestre grupos A.	27	21
2	Estudiantes Sexto semestre grupos B.	26	21
3	Estudiantes Octavo semestre grupos A.	12	10
4	Estudiantes Octavo semestre grupos B.	35	28
		100	**80**

El tipo de muestra utilizada fue probabilística estratificada, lo que requirió segmentar la muestra en función a los grupos de estudio, lugar donde se ubican los estudiantes, ver Tabla 1. Donde ksh representa la desviación estándar de cada estrato o grupo. $ksh = \frac{nh}{Nh} = \frac{80}{100} = 0.8$

En relación a las unidades muestrales, cada estudiante se eligió aleatoriamente, para ello se utilizó el procedimiento de selección sistemática, lo que implicó elegir dentro de una población de tamaño N, un número n de elementos a partir de un intervalo K. Este intervalo se determinó por el tamaño de la población y el tamaño de la muestra, donde: $K = \frac{N}{n} = \frac{100}{80} = 1.25$

De esta forma, la selección de estudiantes de cada grupo se realizó a partir de la lista proporcionada por un docente que imparte alguna de sus materias, seleccionando de manera consecutiva cada cuatro estudiantes y eliminado el quinto hasta finalizar la lista.

3. **Técnicas e instrumentos para la recolección de datos**, fueron utilizados cuestionarios de preguntas cerradas, así como entrevistas personales y bitácoras para el registro de datos; como herramienta de apoyo para aplicar el instrumento se empleó el uso de formularios en Google. En relación al diseño del instrumento para identificar estudiantes con DAM, el cuestionario se elaboró con un total de **25** ítems, empleando para ello categorías enfocadas a medir escalas de valoración de Likert, codificando cada respuesta con valores ordinales de 0-4, que indicaron el valor de las características de estudiantes con algún nivel de DAM.

Para el instrumento enfocado a conocer el desempeño académico de los estudiantes identificados con DAM se diseño un instrumento enfocado evaluar dicha variable en las dimensiones: calificaciones, responsabilidad, complejidad, laboriosidad, apoyo académico y aprendizaje autónomo. El instrumento incluyó 10 items con respuestas codificadas con niveles de medición en una escala de 0-4 en relación a la experiencia de cada estudiante. Con respecto a los tópicos de matemáticas y las materias cursadas de los alumnos de 6º y 8º semestre de la carrera de Sistemas Computacionales se realizó un análisis basado en temas y principios matemáticos, el resultado se muestra en la Tabla 2.

Tabla 2. Materias cursadas por estudiantes de 6 y 8 semestre de la carrera de Sist. Computacionales.

SEM	MATERIA	APLICAR FÓRMULAS	EJECUTAR PROCEDIMENTOS	DISEÑAR ALGORITMOS	REALIZAR ANÁLISIS.	RELACIÓN
6	Administración de Bases de datos	0	1	0	1	2
6	Sistemas Programables	1	1	1	1	3
6	Programación Web	1	1	1	1	4
6	Ingeniería del Software	0	1	0	1	2
6	Lenguajes y Autómatas II	1	1	1	1	4
6	Redes de Computadoras.	0	1	0	1	2
8	Taller de Sistemas Operativos	0	1	1	1	3
8	Negocios Electrónicos.	0	1	0	1	2
8	Gestión de Proyectos de Software	0	1	0	1	2
8	Administración de Redes	0	1	1	1	3
8	Taller de Investigación II	0	1	0	1	2
8	Aplicaciones Móviles.	1	1	1	1	3
						32

 ISSN 2007-8102

La tabla 2 muestra la relación de la materias de sexto y octavo semestre de ISC con temas de matemáticas. Donde se obtuvo que un 67% de temas matemáticos están presentes en las materias cursadas por los estudiantes. Además, es importante señalar que todas las materias presentan al menos un 50% de temas matemáticos.

$$\frac{32}{12} = 2.7 \ = 67\% \ \cong 70\%$$

4) Procedimiento

a. Se aplicó el instrumento denominado “Identificación de DAM” a la muestra determinada, mediante un formulario en drive y el envío de invitaciones a través de redes sociales.
b. Se descargaron y organizaron los datos obtenidos en hojas de cálculo.
c. Se realizó el procesamiento de los datos, mediante el uso de las fórmulas estadísticas de media, mediana, moda, varianza, desviación estándar, etc.
d. Se agruparon y clasificaron los datos para generar información e identificar el nivel de DAM de la población estudiada.
e. Se aplicó el instrumento denominado “Desempeño Académico” a la población identificada con nivel 2 o mayor de DAM.
f. Posteriormente se determinó la relación de estudiantes con DAM y desempeño académico de las materias cursadas.
g. Finalmente se realizó el análisis de resultados y poder conocer la respuesta a la pregunta de investigación.

Resultados y Discusión

Tabla 3. Resultados generados con el instrumento de medición diseñado para identificar estudiantes con algún grado de DAM.

No.	ID	PUNTAJE ESCALA 100	No.	ID	PUNTAJE ESCALA 100	No.	ID	PUNTAJE ESCALA 100	No.	ID	PUNTAJE ESCALA 100
1	35	**58**	*21*	45	**46**	*41*	58	**38**	*61*	69	**29**
2	1	**57**	*22*	11	**45**	*42*	59	**38**	*62*	70	**29**
3	36	**56**	*23*	46	**45**	*43*	18	**37**	*63*	27	**28**
4	2	**55**	*24*	12	**44**	*44*	19	**37**	*64*	28	**28**
5	37	**55**	*25*	47	**44**	*45*	20	**37**	*65*	71	**28**
6	3	**51**	*26*	48	**43**	*46*	60	**37**	*66*	72	**28**
7	38	**51**	*27*	49	**43**	*47*	61	**37**	*67*	29	**27**
8	4	**50**	*28*	50	**42**	*48*	62	**37**	*68*	73	**27**
9	5	**50**	*29*	51	**42**	*49*	21	**36**	*69*	30	**26**
10	6	**50**	*30*	13	**41**	*50*	22	**36**	*70*	74	**26**
11	39	**50**	*31*	14	**41**	*51*	23	**36**	*71*	75	**26**
12	40	**50**	*32*	15	**41**	*52*	63	**36**	*72*	31	**24**
13	41	**50**	*33*	52	**41**	*53*	64	**36**	*73*	32	**24**
14	7	**49**	*34*	53	**41**	*54*	24	**32**	*74*	76	**24**
15	42	**49**	*35*	54	**41**	*55*	25	**32**	*75*	77	**24**
16	8	**48**	*21*	45	**46**	*56*	65	**32**	*76*	33	**19**
17	43	**48**	*22*	11	**45**	*57*	66	**32**	*77*	78	**19**
18	9	**47**	*23*	46	**45**	*58*	67	**31**	*78*	79	**16**
19	44	**47**	*24*	12	**44**	*59*	68	**30**	*79*	34	**15**
20	10	**46**	*25*	47	**44**	*60*	26	**29**	*80*	80	**15**

La Tabla 3 muestra los resultados del instrumento aplicado a los 80 estudiantes de 6º y 8º semestre de la carrera de ISC. En la tabla se observan 3 columnas, la primera denominada “**No**.” indica el **numero de estudiante**, la segunda contiene el “**ID”** etiqueta utilizada **para identificar a cada estudiante encuestado**, y la etiqueta “**puntaje escala 100”** que indica el **puntaje acumulado de cada estudiante** con base al instrumento de medición utilizado.

 ISSN 2007-8102

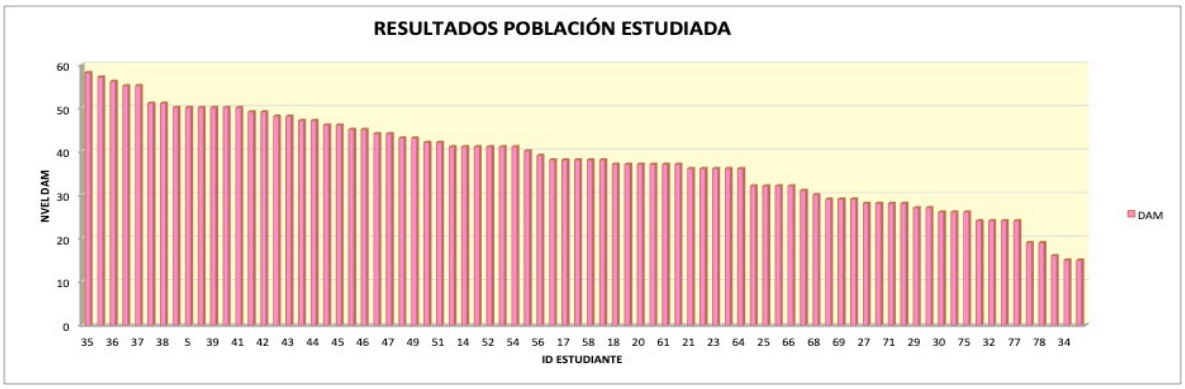


Figura 1. Resultados de instrumento, donde se observa grado o nivel de DAM de la población.

En la Figura 1 se muestra la gráfica que representa los resultados de la población estudiada, donde el eje ***x*** representa los "ID" de todos los estudiantes, mientras en el eje ***y*** muestra el puntaje obtenido por cada uno de ellos. De acuerdo al tipo de estudio y uso de la estadística descriptiva se obtuvieron los siguientes datos:

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^{n} x_i}{n} = 38$$

$$\delta^2 = \frac{\sum_{i=1}^{n} (x_i - \bar{x})^2}{n} = 108.28$$

$$\delta = \sqrt{108.3} = 10.4$$

Por lo tanto:

$$\bar{x} + \delta = 48.4$$

$$\bar{x} - \delta = 27.6$$

Los intervalos estándar de DAM de la población analizada se observan en el grafico de la figura 2.

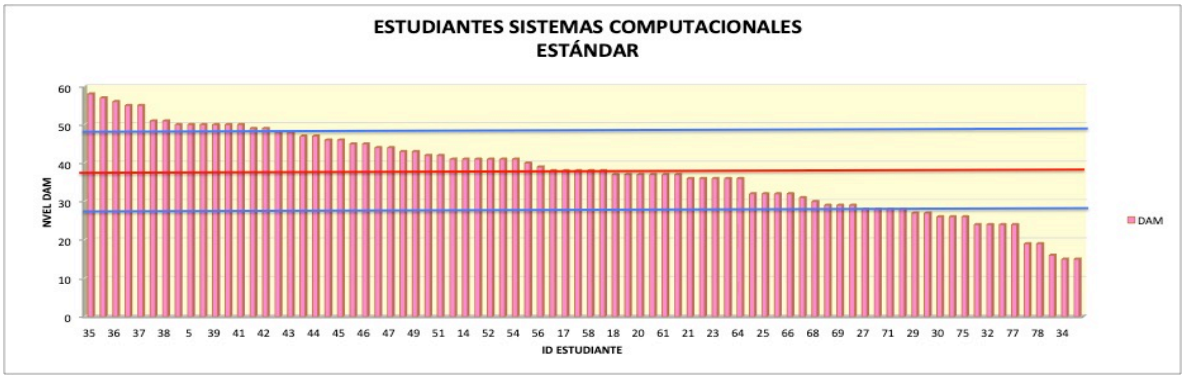


Figura 2. Representación de intervalos estándar de DAM de la población estudiada.

La estadística descriptiva aplicada en los datos obtenidos permitió conocer el total de alumnos que se encuentran dentro del estándar de la media (líneas azules), con un total de 45 estudiantes entre los 48.4 y 27.6 puntos con respecto al resultado del instrumento utilizado, también se pudo saber que del total de estudiantes analizados 18 no presentan problemas en las materias cursadas; sin embargo, se identificaron 17 estudiantes fuera del rango normal estándar con respecto a los grupos estudiados, es decir, un 21% de la población presentó un nivel significativo de DAM.

Tabla 4. Información que revela el grupo estudiantes estándar de la población estudiada.

Grupo	Rango Normal	Total Estudiantes	Porcentaje
1	Por encima del estándar (problema significativo de DAM)	17	21%
2	Dentro del estándar	45	56%
3	Por debajo del estándar	18	23%

 ISSN 2007-8102

Los datos mostrados en la figura 2 se representan resumidos en Tabla 4. En este sentido y de acuerdo al instrumento diseñado, los resultados se clasificaron en 4 grupos etiquetados con las letras A, B, C y D, con los rangos establecidos de la siguientes forma: A=1-25, B= 26-50, C= 51-75, D= 76-100. Dichos grupos se muestran en la figura 3.

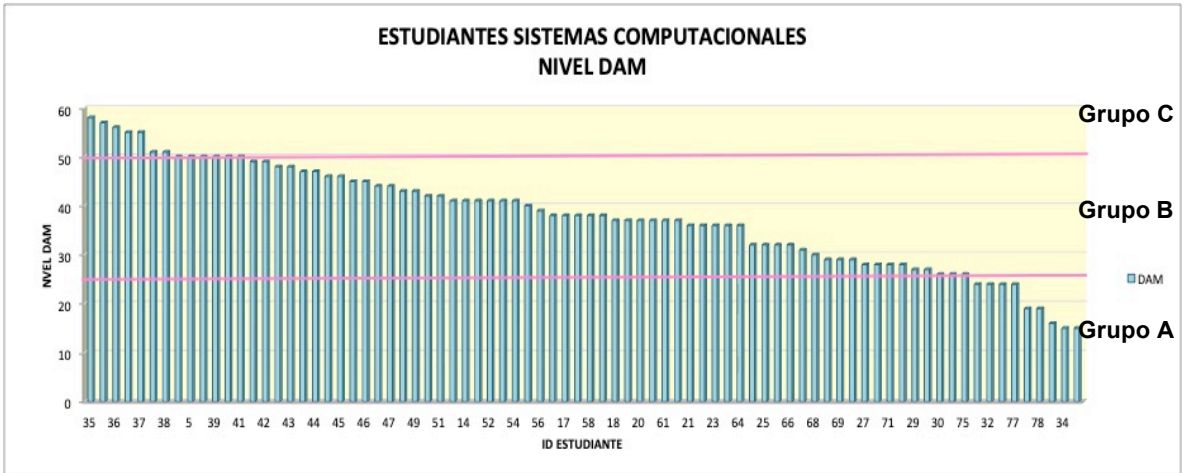


Figura 3. Representación de grupos A, B y C para identificar nivel de DAM.

En la figura 3 se observa la ausencia del grupo D, es decir, estudiantes con alto nivel de DAM, de igual forma se nota una cantidad considerable de elementos del grupo C, lo que implica la existencia de estudiantes con un significativo nivel de DAM; mientras los grupos A y B concentran a la mayoría de los estudiantes, los cuales no presentan problemas importantes de DAM, dicha información se muestra de forma organizada en la tabla 5.

Tabla 5. Clasificación de grupos por nivel de DAM

Nivel	Rango	Grupo	Cantidad Estudiantes	Porcentaje
I	1-25	A	9	11.25
II	26-50	B	64	80
III	**51-75**	**C**	**7**	**8.75**
IV	76-100	D	0	0
			80	**100%**

La clasificación de grupos y datos registrados permitieron identificar a los 7 estudiantes que conformaron el grupo C, con los ID: ***35, 1, 56, 2, 37 , 3 y 38***. Para analizar el desempeño se procedió a emplear el instrumento denominado "Evaluación del Desempeño Académico", el resultado obtenido se clasificó para fines de análisis de la siguiente manera: Bajo 25-32, Regular 17-24, Bueno 9-16, Alto 1-8. Dicha información se observa en la Tabla 6.

Tabla 6. Resultados de aplicación de instrumento "Evaluación Desempeño Académico"

	NUMERO DE ITEM									
ID	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	Total	Clasificación Desempeño
35	1	1	1	2	2	2	2	2	13	Bueno
1	4	4	3	4	4	4	4	4	31	Bajo
56	4	4	3	3	4	4	4	4	30	Bajo
2	4	4	4	4	4	4	4	4	32	Bajo
37	3	4	4	4	4	4	3	3	29	Bajo
3	3	3	3	4	4	4	3	3	27	Bajo
38	4	4	4	4	4	3	4	4	31	Bajo

Con respecto al desempeño académico de los estudiantes de 6º y 8º semestre de ISC, se pudo observar que 17 de ellos están por debajo del rendimiento académico estándar de sus compañeros, 7 de los cuales se identificaron con un nivel significativo de DAM; resultado que llevó al análisis del grupo para conocer su desempeño académico, identificándose un total de 6 estudiantes con bajo rendimiento académico, es decir, el 86% de estudiantes del grupo C presentaron dificultades en las materias cursadas.

Conclusiones

En el estudio se demostró la existencia de estudiantes disléxicos dentro de la carrera de ISC, señalando que no existen casos graves, es decir, estudiantes con nivel IV de DAM; sin embargo, se detectó un 8.75% de estudiantes con nivel III o moderado, situación que propició un grupo de la población con bajo rendimiento académico y que debió ser identificada en su momento para brindales el apoyo, pues se demostró que el 86% de ellos presentaron dificultades en las materias cursadas.

También se logró conocer que del total de la población analizada 17 estudiantes muestran un rendimiento académico menor con respecto al nivel estándar de sus compañeros, 7 de los cuales presentaron un nivel significativo de DAM. Otro resultado importante fue conocer que del total de materias cursadas por los estudiantes 6º y 8º semestre de ISC el 100% contienen un alto porcentaje de principios matemáticos.

Los datos obtenidos en el estudio muestran claramente que existen estudiantes en la carrera de Sistemas Computacionales con Dificultad en el Aprendizaje de las Matemáticas, que en silencio esperan que maestros y/o asesores les brinden atención y apoyo para desarrollarse eficientemente dentro del aula y no solo mejoren su desempeño académico, sino también su calidad de vida.

Referencias

[1] A. Quinteño and G.M. Vanegas, “Estrategias metodológicas de enseñanza para el manejo de discalculia”, Anuario de Investigación, vol. 6, pp. 74-80, 2017.
[2] C. Ruiz, J. Salvador, and M. Trejo, “Escala para Identificación de Indicadores de Dislexia en Adolescentes de Educación Media y Media Superior”, RESPYN-Salud Publica y Nutrición, vol.11, no. 3, pp. 1-10, 2010.
[3] C. Fernández, “Principales dificultades en el aprendizaje de las Matemáticas”, UNIR, vol. 1, pp. 22-27, 2013.
[4] I.Galán, “En México 7% de los niños sufre alteraciones del lenguaje”, Gaceta UNAM, pp.134, 2018.
[5] E. Goikoetxea, “Las Dificultades Específicas Del Aprendizaje”, Revista Electrónica de Investigación y Evaluación Educativa, vol.18, no.1, pp. 2-10, 2012.
[6] E. Pérez, N. Dorta, and I. Bermudez, “La Discalculia como uno de los trastornos específico del aprendizaje”. Revista Conrado, vol.12, no. 52, pp. 130-138, 2016.
[7] G. Comes, B. Parera, G. Vedriel, and M. Vives, “La inclusión del alumnado con discapacidad en la universidad: la opinión del profesorado”, Innovación Educativa, vol.21, pp. 173-183, 2011.
[8] J. Orrantia, “Dificultades en el aprendizaje de las matemáticas: una perspectiva evolutiva”, Revista Psicopedagogia, vol. 23, no. 71, pp. 158-178, 2016.
[9] M. Escobar, “Influencia de la interacción alumno-docente en el proceso enseñanza-aprendizaje”, Revista de Tecnología y Sociedad, vol. 5, no. 8, pp. 1-6, 2016.
[10] N. Zygouris, F. Vlachos, N. Dadaliaris, P. Oikonomou, I. Stamoulis, D. Vavougios, and A. Striftou, “Neuropsychological approach of developmental dyscalculia and a screening test via a web application”, vol. 7, no. 4, pp. 51-62, 2017.

Análisis del panorama actual de las prácticas profesionales en la UAdeC: Escuela de Sistemas

M. I. Ojeda Núñez[1], A. C. Meléndez Gurrola[1], J. E. Lugo Castro[1], L. E. Jurado Bichir[1], C. A. Guajardo Hernández[1],*

[1]Universidad Autónoma de Coahuila, Escuela de Sistemas, Unidad Torreón, Blvd. Torreón-Matamoros Km. 7.5 C.P. 27276, Torreón, Coah., México
**m.ojeda@uadec.edu.mx*

***Área de participación**: Investigación Educativa*

Resumen

La investigación tuvo como objetivo conocer el desarrollo de la práctica profesional de los tres programas educativos que ofrece la Escuela de Sistemas, Unidad Torreón de la Universidad Autónoma de Coahuila ante la contingencia sanitaria COVID-19. El análisis permite identificar cuáles fueron las acciones que llevaron a cabo las diferentes organizaciones para lograr que los estudiantes concluyeran su practica profesional. La investigación consistió en un estudio no experimental de diseño transversal para los estudiantes de octavo semestre que se encontraban realizando sus prácticas profesionales en el semestre enero-junio 2020. Los resultados muestran que ante esta contingencia las organizaciones se ven en la necesidad de implementar medidas de prevención hacia los practicantes como lo son: la suspensión de actividades, trabajar de manera remota (Home Office) y la asistencia solo de algunos días a la empresa, con esto se logra que el practicante finalice el proyecto asignado por la organización.

***Palabras clave**: Prácticas Profesionales, Estudiantes, Organización, Vinculación*

Abstract

The objective of the research was to find out the development of professional practice in the three educational programs offered by the School of Systems, Torreón Unit of the Autonomous University of Coahuila in the face of the health contingency COVID-19. The analysis allows us to identify what were the actions carried out by the different organizations to ensure that the students concluded their professional practice. The research consisted of a non-experimental cross-sectional study for the eighth semester students who were doing their professional practices in the semester of January-June 2020. The results show that in the face of this contingency, organizations see the need to implement measures of prevention towards practitioners such as: the suspension of activities, working remotely (Home Office) and the assistance of only a few days to the company, with this it is possible for the practitioner to finish the project assigned by the organization.

***Key words**: Professional Practices, Students, Organization, Collaboration*

Introducción

La práctica profesional de un estudiante universitario permite complementar su formación profesional con la práctica en un ambiente afín a su profesión, el desarrollo se realiza en escenarios reales y naturales de trabajo que son una oportunidad para seguir aprendiendo [1].

Las prácticas profesionales se desarrollan solamente dentro del ámbito escolar y otorga un valor agregado al currículo [2]. Además, durante estas prácticas los estudiantes utilizan herramientas, metodologías y técnicas estudiadas en las diferentes materias de clases [3].

Las prácticas profesionales son las actividades teórico-práctico que realiza el estudiante, consisten en la aplicación de los conocimientos y destrezas que apoyan las necesidades de los sectores de producción de bienes y servicios, tanto públicas como privadas [4].

El estudiante que realice la practica profesional estará obligado a: cumplir con un horario establecido, cumplir con las reglas de higiene y seguridad, así como las normas de calidad y presentación personal que la organización establezca, resguardar la información confidencial que la organización comparta con él, entregar reportes de

actividades tanto a la organización como ala escuela, ser evaluado por el jefe inmediato del proyecto de la empresa [4].

En dicha práctica los estudiantes de la Escuela de Sistemas realizan un proyecto dentro de una empresa en un departamento en específico de acuerdo con la carrera en la que se encuentran inscritos; las carreras que ofrece la Escuela de Sistemas de la Universidad Autónoma de Coahuila son: Ingeniero en Tecnologías de la Información y Comunicaciones (ITIC), Ingeniero Industrial y de Sistemas (IIS) y Licenciado en Sistemas Computacionales Administrativos (LSCA) ,la duración de las prácticas son de 480 horas, mismas que deben de ser cubiertas en un periodo de 6 meses [5].

Estudios indican que un 55 % de las pymes dicen estar gravemente afectadas por la crisis sanitaria y económica [6]. La situación que se presenta actualmente es completamente diferente a semestres y años anteriores en el desarrollo de la prestación de las prácticas profesionales de los estudiantes dentro de las organizaciones, según el registro en el semestre de enero-junio 2019 el 50% de los estudiantes ya se encontraban realizando sus prácticas profesionales en su mayoría pymes de la región [7].

Metodología

La investigación que se presenta es de tipo descriptiva y exploratoria, cuyo propósito es identificar las acciones que implementaron las empresas para que los estudiantes lograran concluir las practicas profesionales en el periodo correspondiente.

Diseño de la Investigación

El estudio que se presenta es una investigación no experimental de diseño transversal que mide las variables de estudio en un momento transitorio, la obtención de los datos se realiza una sola vez al momento de que los estudiantes finalicen la práctica profesional, se utilizó un solo instrumento de recolección de datos, y fue aplicado a cada estudiante inscrito en la materia de práctica profesional.

Población

La población objeto de estudio fue aplicada a 32 estudiantes de la Escuela de Sistemas de las licenciaturas: Ingeniero en Tecnologías de la Información y Comunicaciones, Ingeniero Industrial y de Sistemas y Licenciado en Sistemas Computacionales Administrativos que cursaban las prácticas profesionales.

Obtención de la información

El instrumento que se utilizó para obtener los datos fue la aplicación de una encuesta en donde los estudiantes contestaban las diferentes preguntas diseñadas.

Instrumento de Investigación

Se utilizó una encuesta, diseñada y validada por el departamento de prácticas profesionales de la propia Escuela, la cual fue piloteada por 2 estudiantes de cada carrera, la encuesta está estructurada por 3 secciones y fue elaborada con la herramienta de Microsoft Forms, la aplicación se realizó principalmente mediante el correo electrónico y vía telefónica para los que no atendieron el llamado durante la primera semana. Los datos que se obtuvieron fueron analizados, procesados y almacenados en la base de datos del departamento de prácticas profesionales.

Resultados y discusión

Los resultados que se presentan a continuación han sido recabados de las 3 secciones de la que se compone el instrumento (encuesta), estas son: datos generales, medidas aplicadas por la empresa y opiniones de los estudiantes.

Sección. Datos generales

El propósito de la sección de datos generales es recabar información general como la carrera en donde estudia el estudiante, así como el sector al que pertenece la empresa en donde realizaron las prácticas profesionales, la figura 1 muestra la población de los estudiantes de las licenciaturas a los que se les aplicó la encuesta, quedando agrupada de la forma siguiente manera: 6 estudiantes de la carrera de Ingeniero en Tecnologías de la Información

 ISSN 2007-8102

y Comunicaciones (ITIC), 14 estudiantes de la carrera de Ingeniero Industrial y de Sistemas (IIS) y 12 estudiantes de la carrera de Licenciado en Sistemas Computacionales Administrativos (LSCA).

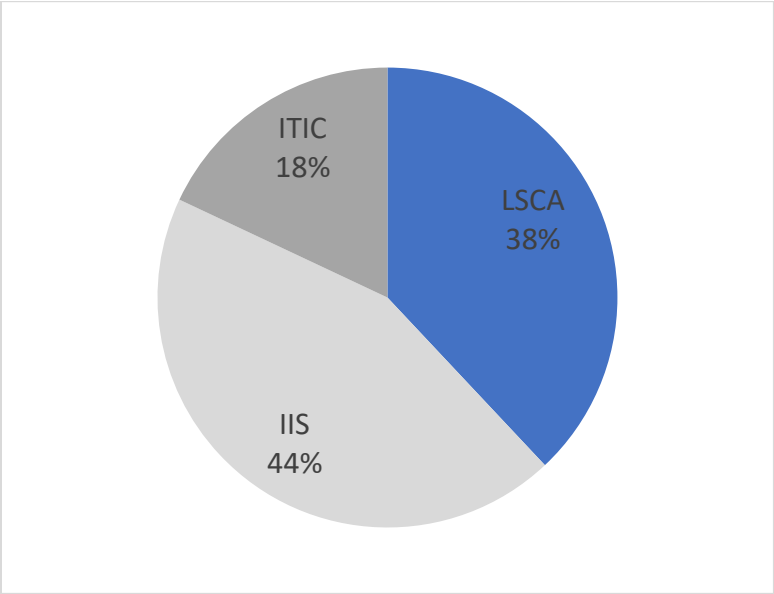


Figura 1. Proporción de estudiantes por licenciatura que realizan prácticas profesionales.

En la figura 2 se muestra el sector donde los estudiantes realizan sus prácticas profesionales, se observa que 15 estudiantes se encuentran en el sector de servicios con un 46.87% siendo la mayor parte, mientras que 17 estudiantes se encuentran distribuidos en los sectores agrícola, fabricación, industrial, comercial y automotriz con un 53.13%.

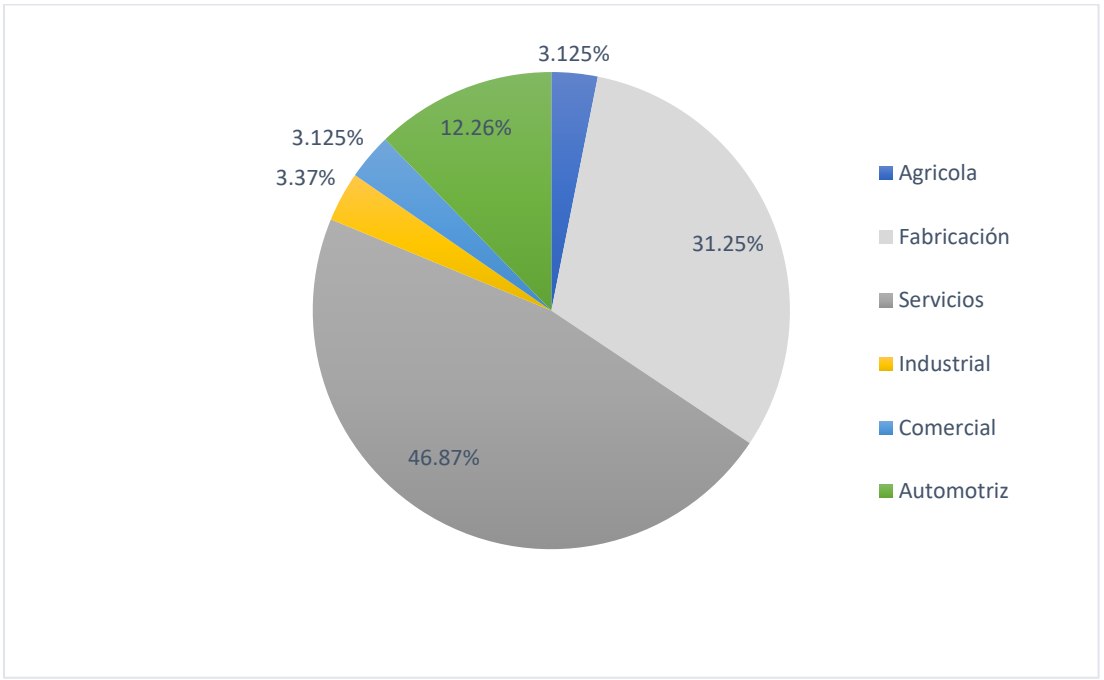


Figura 2. Sector de las empresas, en donde los estudiantes realizan las prácticas profesionales.

 ISSN 2007-8102

Sección. Medidas aplicadas por la empresa

La sección de medidas aplicadas por la empresa se orientó principalmente en recabar la información de como las empresas implementaron planes de acciones dirigidos a los practicantes para que éstos concluyeran de manera satisfactoria la práctica profesional ante la situación sanitaria presentada, en a figura 3 se observa que desde el mes de marzo el 40.625% de las empresas interrumpieron las actividades, el 31.25% la suspendió en el mes de abril, el 3.125% en mayo y el 25% no interrumpieron actividades.

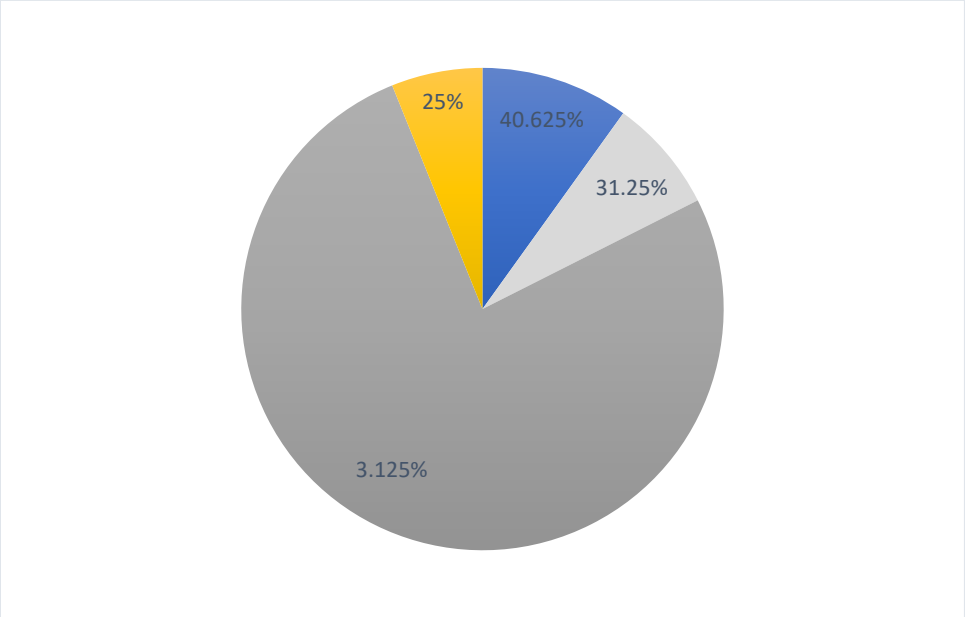


Figura 3. Interrupción de actividades en la empresa.

En la figura 4 se muestra que ante la contingencia presentada el 40.625% de los estudiantes fueron suspendidos de sus labores por más de tres semanas, mientras que el 59.375% de las empresas decidió aplicar diversas modalidades de trabajo como el trabajo desde casa (home office) con un 34.375% por más de tres semanas, el 15.625% trabajó algunos días en la empresa y otros desde su domicilio y solamente el 9.375% de las empresas no interrumpieron sus actividades.

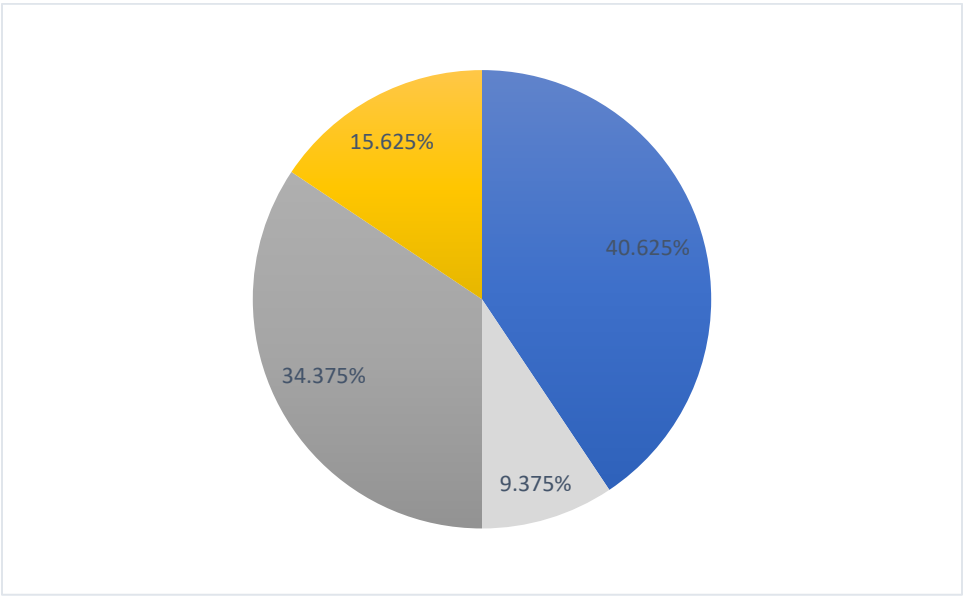


Figura 4. Reacción y forma de trabajo de las empresas durante la contingencia.

 ISSN 2007-8102

En la tabla 1 se muestra la frecuencia con la que se presentan las diferentes acciones tomadas por las diferentes organizaciones siendo en su totalidad del estado de Coahuila.

Acciones	Frecuencia
Suspendido	13
Trabajo desde casa (Home Office)	11
Trabajo algunos días en la empresa y otros en casa	5
No se vieron afectadas (siguió trabajando de manera habitual, con medidas de salud)	3

Tabla 1. Frecuencia de las acciones por parte de las empresas.

Sección. Opiniones de los estudiantes

La finalidad de la sección de opiniones es conocer la apreciación que los estudiantes tienen sobre el aprendizaje de la práctica en su formación profesional; de manera que 12 de ellos que representan el 37.5% indicaron que el nivel de aprendizaje es excelente, 14 estudiantes representando el 43.75% consideran que es muy bueno y 6 estudiantes manifiestan que es bueno, representado por 18.75%, como se aprecia en la figura 5.

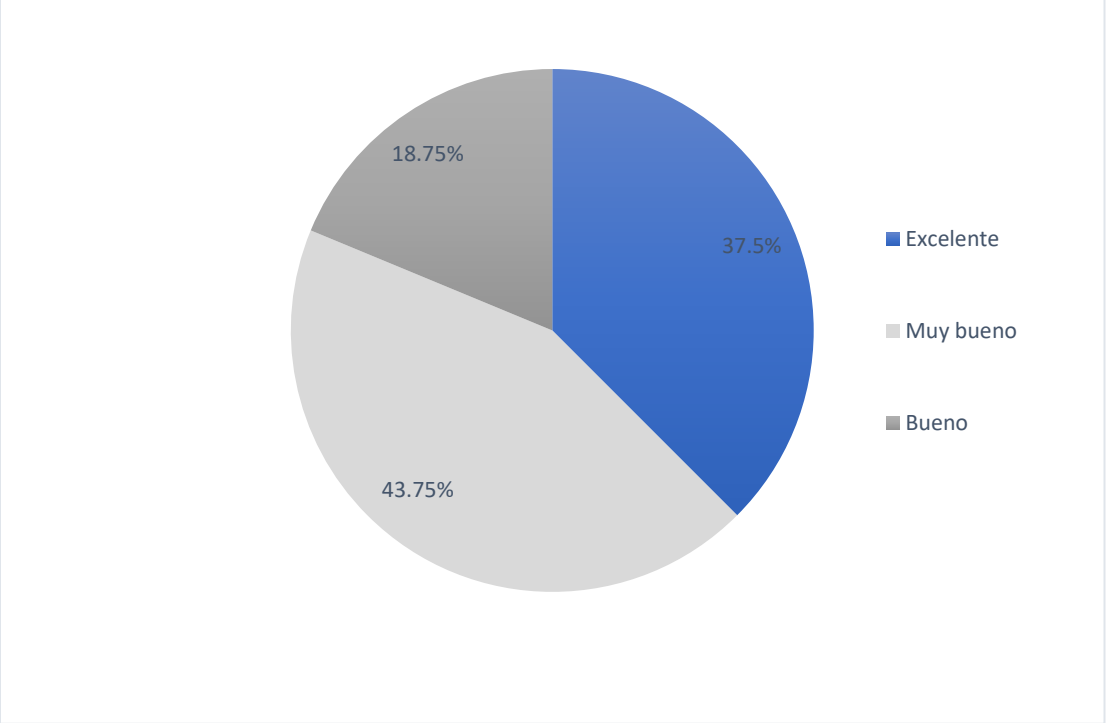


Figura 5. Nivel de aprendizaje de la práctica en la formación profesional.

Por último, en la figura 6, se muestran los resultados de los estudiantes con respecto a la interrogante, si están dispuestos a realizar nuevamente sus prácticas profesionales, el 53.125% de los estudiantes opinaron que sí están dispuestos, el 31.25% comentan que no y el 15.625% menciona que probablemente.

 ISSN 2007-8102

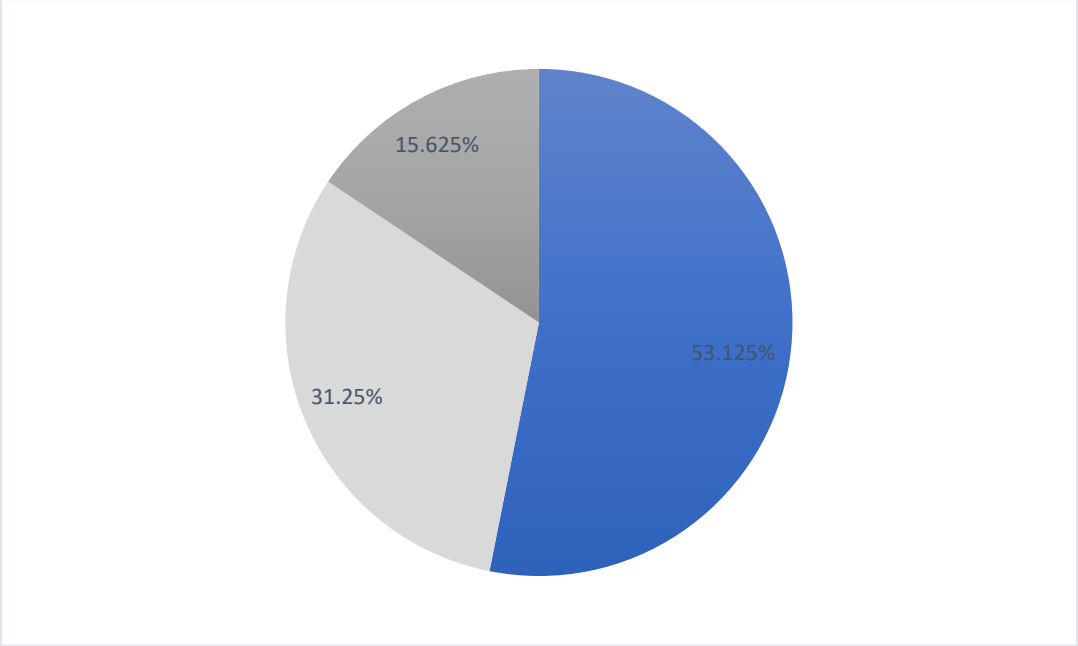


Figura 6. Disponibilidad de la realización de las practicas profesionales nuevamente dentro de otra empresa.

Trabajo a futuro

Los resultados obtenidos en esta investigación servirán de base para iniciar un estudio que muestre la forma de trabajo de las organizaciones en relación con el desarrollo de los proyectos en las practicas profesionales de los estudiantes universitarios en los semestres futuros.

Conclusiones

Los estudiantes conocen el nivel de importancia de las prácticas profesionales en su formación profesional, el principal motivo de la realización de éstas es que forma parte del plan de estudios de cada carrera, sin embargo, cada día que transcurre consideran que el aprendizaje que se obtiene en el desarrollo de éstas es primordial para el futuro profesional de cada uno de ellos. En los resultados obtenidos se puede apreciar que la adquisición de conocimientos ha sido beneficiosa con respecto al aprendizaje esperado, a pesar de las circunstancias que presentan las diferentes empresas de la comarca lagunera principalmente del estado de Coahuila.

En el desarrollo de la práctica profesional el objetivo principal es la realización de un proyecto relacionado con el área de formación del plan de estudios, como resultado de las opiniones de los estudiantes, la mayor parte de las empresas decidieron que los practicantes continuaran realizando el trabajo normal de la práctica profesional hasta la conclusión de las horas o proyecto asignado al inicio del semestre. Otras de las empresas se vieron mayormente afectadas y decidieron interrumpir las actividades por dos o tres semanas según la situación que se presentaba en cada una de ellas.

Agradecimientos

En primer lugar, agradezco al departamento de practicas profesionales de la Escuela de Sistemas por la realización del instrumento para la recolección de datos, además de proporcionar los datos para su análisis posterior. Finalmente quisiera agradecer a los 32 estudiantes que respondieron la encuesta, así como a los entrevistados.

Referencias

[1] M. Á. P. Reynoso, «Revista Educarnos,» 3 abril 2015. [En línea]. Available: https://revistaeducarnos.com/la-importancia-de-la-practica-profesional-para-los-estudiantes-en-educacion/. [Último acceso: 15 junio 2020].

[2] U. México, «Prácticas y estadías profesionales en México: análisis del panorama actual,» 6 noviembre 2019. [En línea]. Available: https://cc.bingj.com/cache.aspx?q=practicas+profesionales+en+mexico&d=4765236187828934&mkt=es-MX&setlang=es-ES&w=LtKvBDd0Ceh2-tVYXh_H5mSB1_i45GU4. [Último acceso: 1 agosto 2020].

[3] S. d. E. Pública, «Dirección General de Educación Superior para Profesionales de la Educación,» SEP, sf. [En línea]. Available: https://www.dgespe.sep.gob.mx/reforma_curricular/planes/lepri/plan_de_estudios/practicas_profesionales. [Último acceso: 22 junio 2020].

[4] U. A. d. Coahuila, «LINEAMIENTOS PARA LA PRÁCTICA PROFESIONAL DE LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE COAHUILA,» [En línea]. Available: http://www.practicas.uadec.mx/lineamientos.pdf. [Último acceso: 14 julio 2020].

[5] M. A. H. Villegas, Interviewee, Extensión de reglamento interno de la Escula de Sistemas, Unidad, Torreón. [Entrevista]. 23 junio 2020.

[6] E. S. d. Torreón, «Pymes, en riesgo de bancarrota,» 23 junio 2020. [En línea]. Available: https://www.elsiglodetorreon.com.mx/noticia/1714675.pymes-en-riesgo-de-bancarrota.html. [Último acceso: 25 junio 2020].

[7] D. d. P. Pofesionales, Interviewee, Porcentaje de empresas solicitando practicantes. [Entrevista]. 29 mayo 2020.

Factores que influyen en la disminución de titulación en el Instituto Tecnológico de Cuautla

D. Y. Solares Ortiz[1]*
[1] Estudiante de la Maestría en Ingeniería Administrativa, Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico de Cuautla, Libramiento Cuautla-Oaxaca, s/n, Juan Morales, 62745, Yecapixtla, Morelos, México.

**m19680005@cuautla.tecnm.mx*

***Área de participación**: Investigación Educativa*

Resumen

La educación superior en México pretende que todos los profesionistas estén listos para un mercado laboral competitivo. Se realizó el presente estudio explicativo y descriptivo en el Instituto Tecnológico de Cuautla, para conocer los factores que impiden que los egresados concluyan el proceso de titulación dentro del ITC; puesto que, a pesar de que se ofrecen distintas opciones, los datos reflejan que no todos los egresados han obtenido el grado de licenciatura. Para lograrlo, se aplicaron encuestas a 120 egresados no titulados de todas las carreras y de distintos planes de estudios; donde el 26.6% es por falta de disponibilidad de tiempo, 23.3% porque el proceso se encuentra detenido en algún departamento en el ITC, el 18.3% trabajan fuera del estado, el 9.17% por la economía, el 8.3% porque la empresa no lo solicita, así como que no es del interés del egresado y el 8.55% por su estado civil.

***Palabras clave**: Procesos administrativos, Título profesional, egresados, educación superior.*

Abstract

Higher education in Mexico aims for all professionals to be ready for a competitive job market. The present explanatory and descriptive study was carried out at the Technological Institute of Cuautla, to know the factors that prevent graduates from completing the degree process within the ITC; since, although different options are offered, the data show that not all graduates have obtained a bachelor's degree. To achieve this, surveys were applied to 120 undergraduate graduates from all majors and from different study plans; where 26.6% is due to lack of time availability, 23.3% because the process is stopped in a department at ITC, 18.3% work outside the state, 9.17% because of the economy, 8.3% because the company does not requests, as well as that it is not of interest to the graduate and 8.55% for their marital status.

***Key words**: Administratrive process, professional degree, graduates, higher education.*

Introducción

El título profesional universitario representa, además de haber concluido un ciclo académico, la posibilidad de encontrar un mejor puesto de trabajo. Es uno de los mejores logros en la vida profesional de los egresados de cualquier institución de educación superior, y culminar con el proceso de titulación deseado, se ha tornado una situación complicada.

El director comercial de ManPowerGroup, Héctor Márquez, ha manifestado que para acceder a una gerencia para la región México, Centroamérica y el Caribe, es indispensable un nivel académico de Licenciatura [1]. Derivado de esto, se indaga literatura relacionada con el tema, encontrando escasa información, por lo que se ingresa a los registros de los Anuarios Estadísticos de Educación Superior donde a partir de 2010 a la fecha, muestra la cantidad de matriculados, egresados y titulados del Instituto Tecnológico de Cuautla [2], donde dan a conocer el total de matriculados, egresados y

titulados de cada institución de educación superior en México. Según (Addy Rodríguez Betanzos), "Solo dos de cada diez jóvenes mexicanos tienen acceso a la educación terciaria, sin embargo, tres de cada diez, no logran titularse; y es que si bien hay suficientes estudios sobre seguimiento de egresados, no lo es sobre el tema de por qué los egresados no llegan a titularse" [3].

Los elementos esenciales en casi todas las instituciones superiores de nuestro país, son los siguientes: Realizar un trabajo llamado "tesis" y defenderlo ante sinodales. Esta práctica se encuentra sustentada en el artículo 5° de la constitución de los Estados Unidos Mexicanos, el que establece que para el registro de las profesiones es necesario tener un título y especifica que la ley debe determinar tanto el cómo obtenerlo y expedirlo.
Más allá de ser un trámite administrativo cansado y costoso, el ser un egresado titulado y contar con el registro en el Padrón Nacional de Profesionistas, es una manera de demostrar que se ha concluido la etapa de estudiante universitario, que trae la satisfacción personal y profesional.

La Dra. Gloria Esther Trigos Reynoso, Directora General de Sistemas Administrativos de la Universidad Autónoma de Tamaulipas en su artículo llamado: "La importancia del Título y Cédula Profesional" menciona que: "Para el caso de México, la cédula profesional expedida por la Secretaría de Educación Pública, es el documento indispensable e idóneo para que un profesionista se ostente como es. Para obtener dicha licencia es necesario que el ciudadano haya cursado una carrera universitaria y haber aprobado los exámenes correspondientes, para posteriormente solicitar a la Dirección General de Profesiones el permiso que lo ampare como perito en la materia que pretende desempeñar y cumpliendo los requisitos de ley. La expedición de la cédula profesional es de vital importancia para la sociedad mexicana, por lo tanto es un tema de interés público que debe regularse con detalle". [4] Sin duda un tema que despertó el interés para realizar este estudio en el ITC.

El Instituto Tecnológico de Cuautla oferta seis programas educativos en ingeniería y uno en licenciatura, consta con un proceso de titulación que inicia después de que los alumnos cumplen con el requisito de Residencias Profesionales concluidas, marcadas en la retícula de cada carrera.
El interés de realizar esta investigación radica en detectar los factores que influyen en que un egresado del Instituto Tecnológico de Cuautla no inicie, continúe o concluya su trámite de titulación. Para esto, se toma una muestra de ciento veinte egresados, de todas las carreras, planes de estudios diversos y distintas generaciones que no están titulados, para la valoración de las causas y factores que han influido en que no logren obtener el grado de licenciatura, por la razón de proponer alguna solución a futuro para aumentar el índice de titulados; a la fecha aún no existe estudio u opciones para disminuir este problema y coadyuvar a los egresados profesionistas lograr el grado académico.

Metodología

Bajo el enfoque de **investigación explicativa**…"Que busca encontrar las razones o causas a ciertos fenómenos" [5] e i**nvestigación descriptiva,** donde…"Se centra en la observación y medición de variables para describirlas, su función es la de identificar las características que puedan ser útiles para comprender un fenómeno o suceso, como cuando se aplican encuestas de opinión" [6]

Para la realización de las encuestas, se contó con la participación y acceso a la información de los egresados en los departamentos del ITC que llevan a cabo proceso de titulación: División de estudios profesionales, Departamentos de carrera, Gestión Tecnológica y Vinculación, Servicios escolares, quienes son los responsables de gestionar los trámites de titulación. Así se logró hacer contacto con ellos.

La muestra tomada fueron ciento veinte egresados que se contactaron por medio de redes sociales, teléfono celular e email, que aún no inician, continúan o culminan su proceso de titulación, solicitándoles el apoyo e intervención en esta investigación y sean dados a conocer los factores por los que aún no obtienen el grado de Licenciatura. De manera escrita, verbal y por vía electrónica, participaron en esta actividad realizada durante los meses de febrero, marzo y abril del año en curso.

 ISSN 2007-8102

Posteriormente, ya teniendo la información recabada, se procede a realizar un análisis del proceso administrativo para lograr entender de manera más concreta dónde se posicionan los problemas a los que se enfrentan los encuestados.

Recolección de datos, diseño y aplicación de encuestas a los egresados

Al momento de tener contacto con el egresado se le solicitó expresar la situación en la que se encuentran, con base en ello, se diseñaron las encuestas a aplicar, lo que permitió conocer la situación académica en tema de conclusión al proceso de titulación, dentro del instituto Tecnológico de Cuautla.

Las variables identificadas fueron: Número de control, nombre, carrera, estado donde radica, plan de estudios, conclusión de residencias profesionales, situación laboral actual, situación del proceso de titulación si es que está iniciado, expresar si ha tenido problemas en el campo laboral por no tener un título universitario, factores que han influido en la culminación del proceso de titulación. Con estos registros, se procedió al análisis de los datos obtenidos, obteniendo un panorama real del fenómeno en cuestión.

Análisis del proceso administrativo de titulación de planes de estudio a partir del 2010, en el Instituto Tecnológico de Cuautla:

El análisis de la información se realizó al contactar a los egresados, en primer lugar se revisó el avance reticular de cada uno, dentro del (Sistema Integral de Información) para verificar que cumplieran con el requisito del 100% de conclusión de la retícula, incluidas las Residencia profesional para que sean aptos a aplicar al proceso de titulación; así como lo indica debidamente el sitio del departamento de División de Estudios Profesionales, utilizado como herramienta de información, como a continuación se indica

Se utilizaron los medios de comunicación del ITC, en el apartado del google site del Departamento de División de Estudios Profesionales [7] quien se encarga directamente del otorgamiento de las fechas de protocolos de iniciación y culminación del proceso en cuestión.
Sitio donde indica los pasos a seguir para lograr la fecha esperada de protocolo de toma de protesta.

Se realizó el análisis de datos y tabulación correspondientes a cada situación de los egresados. A continuación se muestran los resultados obtenidos.

Resultados y discusión

De acuerdo con la investigación realizada, en tabla 1, se observa la cantidad y porcentaje de las distintas carreras de los egresados; siendo Ingeniería en Gestión Empresarial con mayor porcentaje con 42.35% y de la carrera de administración la menor cantidad, teniendo en cuenta que esta carrera ya se encuentra descontinuada desde el año 2014, dentro de la oferta educativa del ITC, con el 1.1%

Carrera de la que egresó	Cantidad	Porcentaje
Ingeniería en Gestión Empresarial	42	42.35%
Ingeniería Industrial	31	31.26%
Ingeniería Mecatrónica	19	19.16%
Ingeniería en Sistemas	16	16.13%
Ingeniería en Electrónica	9	9.7%
Contador Público	2	2.2%
Licenciatura en Administración	1	1.1%

Tabla 1. Carrera de los egresados encuestados, cantidad y porcentaje.

 ISSN 2007-8102

A continuación en la figura 1, proyecta que 94 de los egresados encuestados pertenecen al plan de estudios 2010, 22 pertenecen al 2010 lineamiento 2015, 2 pertenecen al plan de estudios 2004 y 2 pertenecen al plan de estudios 93' (primer plan de estudios diseñado en el ITC).Esto repercute considerablemente en la tabulación de datos, siendo planes de estudios más rezagados, menos probabilidades hubo de contactar a esos egresados.



Figura 1. Plan de estudios al que pertenecen los egresados no titulados.

La siguiente figura muestra que de los 120 egresados encuestados, 91 sí tienen residencias profesionales concluidas de manera administrativa (SII), 23 no cuentan con la residencia concluida y 6 desconocían esta información. Lo que indica que los egresados desde que se encuentran en su etapa de Residencias Profesionales, no están informados de manera correcta del proceso correspondiente. Donde claramente se comprueba que existe una cantidad importante de la muestra, que no cumplen con el primer requisito para poder iniciar un proceso de titulación.

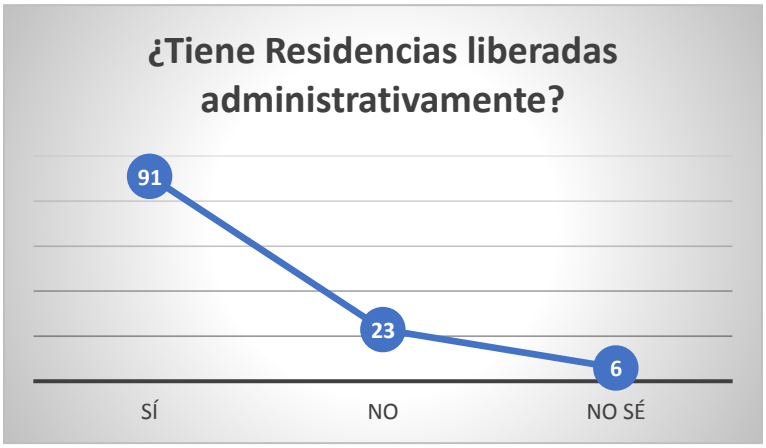


Figura 2. Número de egresados que cuentan con la Residencia profesional liberada

A continuación, se tabulan y registran en la siguiente figura que, 72 egresados aún no inician su proceso de titulación, 21 expresan que lo han iniciado pero está en fase inicial de revisión de proyecto y 27 ya están en un paso avanzado de liberación de proyecto.

Estas cifras dan un claro indicador que la mayoría de los egresados del ITC, ni siquiera han iniciado el proceso de titulación, tomando en cuenta que varios pertenecen a generaciones antiguas, lo que significa un rezago de años y provoca situaciones laborales y/o personales no deseadas en un futuro.

 ISSN 2007-8102

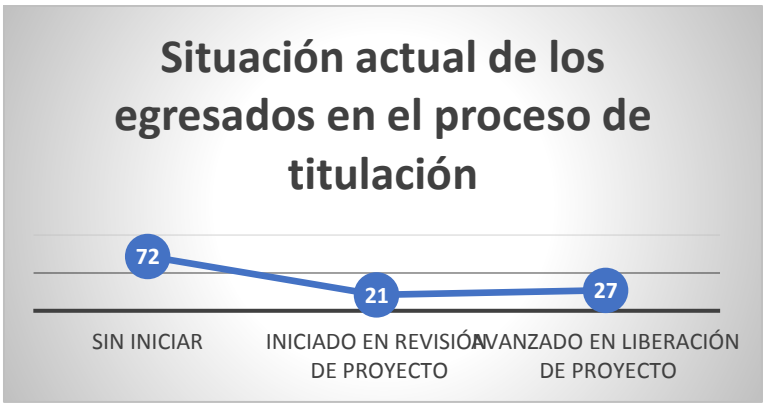


Figura 3. Situación en la que se encuentran los egresados en el proceso de titulación

En la figura 4, se indica que 98 de los egresados encuestados expresan que han tenido conflictos por no tener un título profesional y 22 no los han tenido.

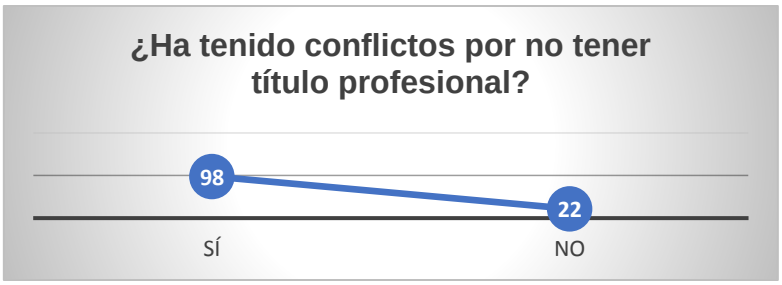


Figura 4. Número de egresados que han tenido conflicto por no ser titulados

Se realizó el registro de los factores que impiden a los egresados culminar sus procesos de titulación en el ITC, donde se encontró que 32 de ellos es por falta de disponibilidad de tiempo, 28 tienen el proceso detenido por algún trámite dentro de los departamentos del plantel, 22 expresaron que es porque trabajan fuera del estado, 11 de ellos por la economía, 10 de ellos expresan que las empresas no se los han solicitado, 10 no tienen interés por concluirlo y 7 expresan que es por su estado civil y eso ocasiona priorizar en otras cosas.



Figura 5. Factores que impiden que los egresados se titulen

Los datos arrojados en la investigación indicaron que, la mayoría de los egresados del Instituto Tecnológico de Cuautla, no cuentan con la disponibilidad de realizar los trámites administrativos para titularse; siendo del interés absoluto de ellos el poder lograr el grado y no continuar siendo pasantes.

Los estudios realizados que anteceden al presente, muestran que es un tema poco atendido pero además que es de suma importancia que México cuente con profesionistas titulados. Todas las instituciones de nivel superior trabajan para lograr profesionistas preparados y exhorto a que implementen estrategias no solo de seguimiento de egresados o el estatus de cada uno de ellos en tema laboral o de emprendimiento. Si no, que ofrezcan opciones para mejorar este problema, que es de todos.

El trabajo en equipo de todos los departamentos que participan en el proceso de titulación de los egresados en el ITC, sugiero debe ser realizado con la misma importancia que algún otro tema atendido de los que aún son alumnos. Mantener una actualización dentro de los cambios que se registren en el proceso y comunicarlo de manera clara a los interesados.

Trabajo a futuro

La investigación realizada, ha detectado los factores que impiden que los egresados del ITC concluyan sus trámites de titulación en el ITC; queda abierto a que se realicen futuras investigaciones de cómo disminuir el problema de rezago en los procesos de titulación para ofrecer una solución de manera externa a los egresados y coadyuvar a la disminución de factores y problemáticas que se originan por no tener el grado de licenciatura. Por medio de la creación de alguna consultoría externa que se enfoque en los problemas de los egresados no titulados.

Además que, realizar una investigación para determinar las diferencias en el campo laboral de los egresados titulados vs los no titulados y obtener claros resultados para resaltar la importancia de un título universitario. Para esto, se continuará monitoreando las bases de datos de la ANUIES para obtener información actualizada del tema.

Conclusiones

Se realizaron encuestas a ciento veinte egresados del Instituto Tecnológico de Cuautla, aplicables con interrogantes sobre la situación en la que se encuentran en tema de titulación.
Los estudios realizados sobre este tema en otras universidades, abrieron el panorama de que es un problema no solo de una institución, sino de todas, el que los egresados aún se encuentren en el campo laboral siendo pasantes.
La mayoría de los profesionistas tienen en mente la importancia que es que concluyan con su proceso y obtener el grado de licenciatura.
El principal factor que impide que se titulen es la disponibilidad de tiempo para atender los trámites administrativos que conlleva, puesto que a determinado tiempo el proceso sufre cambios, generando conflicto de documentación no actualizada, donde corren el riesgo de volver a iniciar su trámite.
La fluidez de la información entre los departamentos competentes para los trámites de titulación en el ITC, es prácticamente nula. Desde que un egresado se encuentra en Residencias Profesionales, desconoce el proceso que debe seguir para concluir su educación superior.

Se observó que hay posibilidad de ofrecer una solución externa a los egresados que agilicen sus trámites, creando la necesidad de realizar otra investigación, dando una propuesta para disminuir el rezago de obtención de título profesional, en el Instituto Tecnológico de Cuautla.

Referencias

[1] M. Calixto, «¿Por qué importan los títulos universitarios?,» *El Economista,* 23 04 2016.

[2] «ANUIES,» ANUIES, 2019. [En línea]. Available: http://www.anuies.mx/informacion-y-servicios/informacion-estadistica-de-educacion-superior/anuario-estadistico-de-educacion-superior. [Último acceso: 23 julio 2020].

[3] A. R. Betanzos, «Factores que dificultan titularse de una inversidad mexicana,» *Cuadernos de investigación educativa,* vol. 5, nº 20, p. 117, 11 06 2014.

[4] G. E. T. Reynoso, «"La importancia del Título y la Cédula Profesional",» *Campus Milenio,* vol. 1, p. 1, 08 diciembre 2016.

[5] R. H. Sampieri, «Metodología de la Investigación,» *El Economista,* vol. 1, p. 15, 2018.

[6] R. H. Sampieri, «Metodología de la Investigación,» vol. 1, S. M. Valencia, Ed., México D.F., Mc. Grall Hill , 2014, p. 16.

[7] Intituto Tecnológico de Cuautla, «División de Estudios Profesionales,» 2019. [En línea]. Available: https://sites.google.com/a/cuautla.tecnm.mx/division-de-estudios-profesionales/titulacion/titulacion-integral. [Último acceso: 10 agosto 2020].

 ISSN 2007-8102

El aprendizaje basado en proyectos, una metodología de enseñanza-aprendizaje para mejorar las competencias genéricas.

L. Carreón Romero[1], M.E. Carreón Romero[2], L.A. Viñas Meza*
[1]Departamento de Ciencias Básicas, Instituto Tecnológico Superior de Teziutlán, Fracción I y II S/N Aire Libre, C.P. 73960, Teziutlán, Puebla, México.
[2] Academia de Sistemas Computacionales, Instituto Tecnológico Superior de Teziutlán, 73960, Teziutlán, Puebla, México.
[3] Academia de Ingeniería en Gestión Empresarial, Instituto Tecnológico Superior de Teziutlán, 73960, Teziutlán, Puebla, México.
[*]laura.cr@teziutlan.tecnm.mx

***Área de participación**: Investigación Educativa.*

Resumen

La presente investigación tuvo como propósito indagar la efectividad del aprendizaje basado en proyectos (ABPr) como metodología de enseñanza-aprendizaje en las materias con enfoque de contabilidad y finanzas para mejorar las capacidades, habilidades actitudes y valores de los estudiantes de la carrera de Gestión Empresarial del Instituto Tecnológico Superior de Teziutlán, así como el rendimiento académico. Por tal razón se seleccionó un grupo de treinta estudiantes de sexto semestre de la carrera de Gestión Empresarial que además de haber cursado la materia de plan de negocios en el periodo de enero-junio de 2020 hubiesen sido evaluados con el desarrollo de un proyecto. Para evaluar las competencias genéricas desarrolladas con el ABPr, se aplicó un instrumento de quince ítems al grupo seleccionado, arrojando como resultado que del 100% de las competencias genéricas, un 83% son detonadas en los estudiantes, así como la obtención del 0% en los índices de reprobación.

***Palabras clave:** aprendizaje basado en proyectos, asignaturas, competencias*

Abstract

The purpose of this research was to investigate the effectiveness of project-based learning (ABPr) as a teaching-learning methodology in subjects with an accounting and finance approach to improve the capacities, skills, attitudes and values of the students of the Business Management career from the Higher Technological Institute of Teziutlán, as well as academic performance. For this reason, a group of thirty students from the sixth semester of the Business Management career was selected who, in addition to having studied the business plan in the period January-June 2020, had been evaluated with the development of a project. To evaluate the generic competences developed with the ABPr, an instrument of fifteen items was applied to the selected group, giving as a result that of 100% of the generic competences, 83% are triggered in students, as well as obtaining 0% in failure rates.

***Keywords:** project-based learning, subjects, competencies*

Introducción

Hoy en día, la sociedad demanda en los profesionistas saberes distintos a los tradicionales, es decir reclama nuevas competencias en ellos, las cuales requieren del dominio de destrezas y habilidades tanto específicas como genéricas. Por lo que los docentes requieren diseñar y crear ambientes de enseñanza-aprendizaje novedosos que estimulen y motiven a los estudiantes a participar de manera activa para que el aprendizaje sea significativo y al término de su formación profesional estén en condiciones de enfrentar el cambiante mundo laboral.

Precisamente por ésta situación, Fernández [1] comenta que muchas universidades en Europa han llevado a cabo la implementación de nuevas metodologías, entre ellas el Aprendizaje Basado en Proyectos (ABPr), y diferentes son las asignaturas en las que su puesta en práctica ha tenido resultados satisfactorios como en la materia de robótica, ingeniería de las telecomunicaciones, ingeniería agroalimentaria y educación.

Así también en países de Latinoamérica se menciona la aplicación ABPr en disciplinas como el derecho, la medicina, y en las enseñanzas técnicas. Maldonado [2]

Actualmente las metodologías de participación activa que se están empleando en la docencia universitaria, y en concreto en el área de la contabilidad, dice Carrasco [3] son el Método del Caso, Aprendizaje Basado en Actividades (ABA) y Aprendizaje Basado en Proyectos (ABPr). Estas metodologías han sido recomendadas desde la década de los 80 por la Organización de las Naciones Unidad para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO) y por Organismos Profesionales Contables.

El ABPr a diferencia de los métodos tradicionales, sirve como instrumento didáctico para el desarrollo de competencias no solo del saber sino del hacer, ya que en ésta estrategia de enseñanza se establece un modelo de instrucción original en el que los estudiantes evalúan proyectos que tienen aplicación en la realidad más allá del aula de clase, Maldonado [2], enfrentándolos a problemas reales que los obligan a plantear primero interrogantes que después se convierten en desafíos. Zepeda [4]

Pues bien, uno de los desafíos a los que se enfrentan muchos docentes de las Instituciones de Educación Superior es encontrar la metodología perfecta de enseñanza-aprendizaje para lograr el aprendizaje significativo en los alumnos. Los recientes avances de los conocimientos acerca del modo en el que los estudiantes adquieren autonomía y responsabilidad en su aprendizaje, plantean nuevas demandas al profesorado. Rodríguez [5]. Los docentes de hoy no solo deben conocer la materia que imparten, sino que también deberán conocer sobre la creación idónea de escenarios de enseñanza, así como de la utilización de estrategias originales que motiven el aprendizaje en ellos. Disla [6].

En el presente trabajo se propone implementar el aprendizaje basado en proyectos como metodología de enseñanza en las asignaturas con enfoque de contabilidad y finanzas, para mejorar no sólo las capacidades, habilidades, actitudes y valores, sino además el rendimiento académico de los estudiantes de la carrera en Gestión Empresarial del Instituto Tecnológico Superior de Teziutlán.

Metodología

El diseño de esta investigación es de carácter no experimental transversal descriptivo, en virtud de que se trata de identificar a un grupo de estudiantes de la carrera de Gestión Empresarial del ITST que hayan cursado alguna materia con enfoque de contabilidad y finanzas en los periodos de agosto-diciembre 2019 y enero-junio 2020, y además que el asesor o docente que les impartió la asignatura haya empleado como evidencia de aprendizaje el desarrollo de un proyecto; para que de esta forma

el grupo de estudiantes identificado pueda describir los beneficios desarrollados utilizando el ABPr, a través de la aplicación de un cuestionario, y con los resultados obtenidos se pueda dar respuesta a la pregunta de investigación, ¿El aprendizaje basado en proyectos aplicado en los cursos con enfoque de contabilidad y finanzas permite desarrollar integralmente capacidades, habilidades, actitudes y valores en los estudiantes de Gestión Empresarial?

Para la determinación del universo, se indago en la carrera de Gestión Empresarial si existía algún grupo de estudiantes que además de haber cursado una materia con enfoque de contabilidad o finanzas en los periodos agosto-diciembre 2019 y enero-junio 2020, el asesor o docente que les impartió la asignatura hubiese empleado como evidencia de aprendizaje el desarrollo de un proyecto e impartiera otras asignaturas con enfoque de contabilidad y finanzas en la misma carrera, dadas estas condiciones, se identificó a un grupo de treinta estudiantes de sexto semestre de la modalidad escolarizada de la carrera de Gestión Empresarial en el ITST que habían cursado la materia de plan de negocios, de los cuales el 67% fueron mujeres y 33% hombres. Cabe mencionar, que por el tipo de investigación que se pretende realizar se trata de un muestreo intencional debido a que la elección de los sujetos no es al azar. Cazao [7]

Para la elaboración del instrumento se tomaron en consideración quince ítems utilizando el escalamiento de Likert con cuatro opciones de respuesta 4: muy de acuerdo, 3: de acuerdo, 2: en desacuerdo y 1: muy en desacuerdo. Hernández [8]. Para la formulación de las afirmaciones contenidas en el cuestionario se tomaron en consideración algunos de los beneficios en cuanto a capacidades, habilidades, actitudes y valores que los estudiantes han desarrollado utilizando el ABPr, como por ejemplo relacionarse con otras disciplinas, seleccionar temas que les interesan, comprender la materia, hacer la conexión entre el aprendizaje en la escuela y la realidad, entre otros. Maldonado [2] Cabe mencionar también, que el cuestionario se elaboró, identificando y vinculando las afirmaciones (beneficios del ABPr) con las competencias genéricas: instrumentales, interpersonales y sistemáticas, que deben desarrollar los estudiantes para alcanzar un adecuado perfil profesional. Carrasco [3]

Procedimiento

Una vez que se elaboró el instrumento de medición, se aplicó al grupo de 30 estudiantes de la carrera de Gestión Empresarial que cursaron la asignatura de plan de negocios con ABPr en el periodo enero-junio de 2020, con la finalidad de conocer sus opiniones con respecto a los beneficios que proporciona el ABPr. Cabe mencionar que, para la interpretación de los datos, se aplicaron medidas estadísticas como la moda. A continuación, se detallan los resultados más significativos con respecto a las capacidades, habilidades, actitudes y valores desarrolladas por los estudiantes.

Con respecto a las respuestas que dieron los estudiantes de IGE que cursaron la asignatura de plan de negocios en el periodo de enero-junio de 2020 al instrumento de 15 ítems, el 100% de los encuestados respondió estar muy de acuerdo en el desarrollo de capacidades, habilidades, actitudes y valores del grupo de instrumentales, en virtud de que el desarrollo del proyecto en la materia les permitió relacionarse con otras disciplinas, capacidad para tomar decisiones de manera acertada, mayor motivación hacia la búsqueda y producción de conocimiento, aumentar el compromiso, aumentar las habilidades de comunicación y solución de problemas, así como también de organizar y planificar las actividades.

Así también, manifestaron estar muy de acuerdo y de acuerdo con las competencias genéricas del grupo de las interpersonales, pues el 100% respondió que el desarrollo del proyecto les permitió relacionarse de manera más positiva con los colaboradores del equipo, fomentar la responsabilidad individual y el trabajo colaborativo, generar un compromiso ético y a través del equipo ofrecer oportunidades para realizar contribuciones en la comunidad. Por último, el instrumento arrojó que el 100% de los encuestados respondieron estar muy de acuerdo y de acuerdo con el desarrollo de competencias genéricas del grupo de sistémicas, en virtud de que el desarrollo del proyecto les

 ISSN 2007-8102

permitió comprender la materia, fomentar la creatividad, experimentar las formas de interactuar que el mundo actual demanda, seleccionar temas que les interesan y que son importantes para sus vidas, aumentar la motivación posibilitando el alcance de logros, hacer la conexión entre el aprendizaje en la escuela y la realidad, y además obtener un mayor rendimiento académico, tal como se muestra en las Figuras 1 y 2.

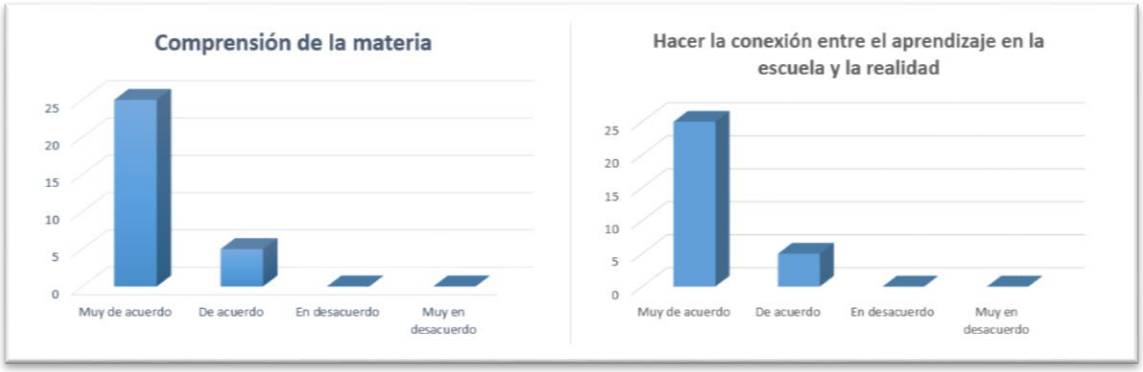


Figura 1. Beneficios del uso de ABP en compresión de la materia y conexión de la escuela con la realidad

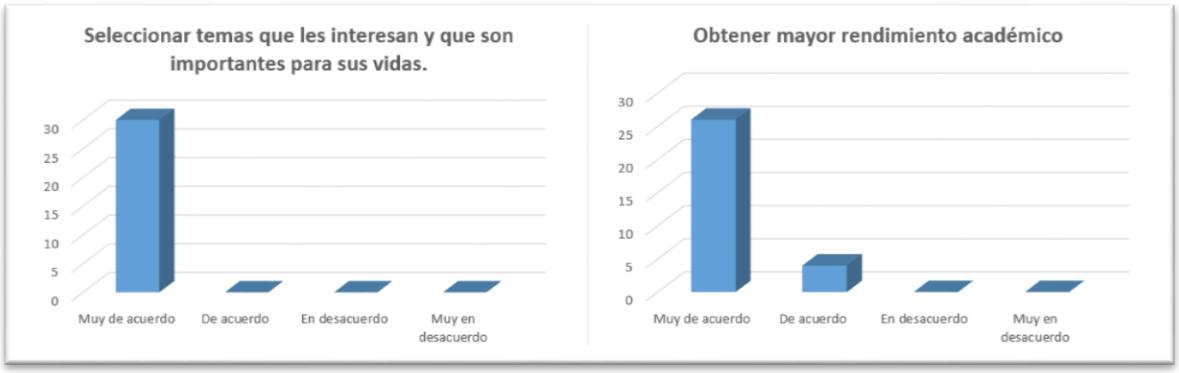


Figura 2. Beneficios del uso del ABP en selección de temas de interés y rendimiento académico.

Además de los beneficios reportados en el uso del ABPr para mejorar las capacidades, habilidades, actitudes y valores, los estudiantes comentaron también que tuvieron un mayor aprovechamiento académico. Para demostrar dicha aseveración, se realizó un comparativo de asignaturas con enfoque de contabilidad y finanzas impartidas por una muestra de docentes de la carrera de IGE en los periodos agosto-diciembre 2019 y enero-junio 2020, en el cual se muestra el número de estudiantes inscritos en los cursos, los acreditados, los no acreditados, el índice de reprobación y las competencias genéricas desarrolladas en los cursos de acuerdo a los temarios.

Resultados y Discusión

Así pues, de los resultados que llaman la atención de éste comparativo es que en el curso donde se aplicó el ABPr, el índice de reprobación es del 0%. Ver Tabla 1.

 ISSN 2007-8102

Tabla 1. Comparativo de cursos con enfoque de Contabilidad y finanzas

Periodo	Carrera	Asignatura	Evaluados con proyectos	Competencias genéricas plan de estudios	Inscritos	Acreditados	No acreditados	Índice de reprobación
Enero-junio 2020	IGE	Plan de negocios	Si	8	30	30	0	0%
Agosto-diciembre 2019	IGE	Finanzas en las organizaciones	No	11	20	17	3	15%
Agosto-diciembre 2019	IGE	Costos empresariales	No	10	103	93	10	10%
Enero-junio 2019	IGE	Contabilidad orientada a los negocios	No	4	30	27	3	10%

En la Tabla 1 además, se pueden apreciar las competencias genéricas [9] que se desarrollan en cada uno de los cursos, de acuerdo a la información revelada en los temarios de cada una de las asignaturas Tecnológico Nacional de México [10], resultando que la materia de plan de negocios, ocupa el tercer lugar en la generación de competencias genéricas en los estudiantes con respecto a las demás asignaturas. A continuación, se muestra el comparativo de competencias genéricas clasificadas en los tres grupos: instrumentales, interpersonales y sistémicas. Ver Tabla 2.

Tabla 2. Comparativo de competencias genéricas

Competencias genéricas	Plan de negocios	Finanzas en las organizaciones	Costos empresariales	Contabilidad orientada a los negocios
Instrumentales	10%	23%	17%	7%
Interpersonales	7%	7%	0%	0%
Sistémicas	10%	7%	17%	7%
Total	27%	37%	34%	14%

Posteriormente para verificar si la asignatura de plan de negocios aporta tan sólo el 27% de competencias genéricas en los estudiantes, se realizó un análisis con la finalidad de asociar las 30 competencias genéricas de los grupos instrumentales, interpersonales y sistémicas, a los beneficios que aporta el ABPr en la asignatura de plan de negocios (evaluados en él instrumento). Ver Tabla 3.

Tabla 3. Competencias genéricas con el ABPr

	Beneficios de ABPr	Instrumentales (10) 33%	Interpersonales (6) 20%	Sistémicas (14) 47%
1	Relacionarse con otras disciplinas	Conocimiento sobre el área de estudio y la profesión		
2	Tomar decisiones de manera acertada	Capacidad para tomar decisiones.	Capacidad crítica y autocrítica	
3	Comprensión de la materia			Capacidad para formular y gestionar proyectos. Capacidad de aprender y actualizarse permanentemente. Iniciativa y espíritu emprendedor.

4	Mayor motivación hacia la búsqueda y producción de conocimiento	Habilidades para buscar, procesar y analizar información procedente de fuentes diversas.		Capacidad de investigación
5	Relacionarse de manera más positiva con los colaboradores		Habilidades interpersonales (empatía con los demás)	
6	Fomentar la creatividad, la responsabilidad individual y el trabajo colaborativo		Capacidad de trabajo en equipo.	Capacidad creativa.
7	Experimentar las formas de interactuar que el mundo actual demanda.			Capacidad de actuar en nuevas situaciones.
8	Seleccionar temas que les interesan y que son importantes para sus vidas.			Capacidad de motivar y conducir hacia metas comunes.
9	Aumentar el compromiso y la motivación, posibilitando el alcance de logros.	Responsabilidad social y compromiso ciudadano.	Compromiso ético.	Motivación de logro. Compromiso con la calidad. Compromiso en la preservación del medio ambiente.
10	Hacer la conexión entre el aprendizaje en la escuela y la realidad			Capacidad de aplicar conocimientos en la práctica
11	Aumentar las habilidades sociales y de comunicación	Capacidad de comunicación oral y escrita. Habilidad en el uso de las Tic		
12	Acrecentar las habilidades para la solución de problemas	Capacidad para identificar, planear y resolver problemas.		
13	Ofrecer oportunidades para realizar contribuciones en la comunidad		Valoración y respeto por la diversidad y multiculturalidad.	Compromiso con su medio socio-cultural.
14	Organizar y planificar actividades	Capacidad para organizar y planificar el tiempo.		
15	Obtener un mayor rendimiento académico			Motivación de logro
	Total	8 competencias	5 competencias	12 competencias

Después de asociar los beneficios de la aplicación del ABPr con las 30 competencias genéricas, se determinó el número total de competencias desarrolladas en cada grupo, para que posteriormente se ponderarán contra el total de cada grupo, es decir las 8 competencias instrumentales resultantes, se dividieran entre 10 y posteriormente ese resultado se multiplicará por el 33%, (El porcentaje resulta de dividir el total de competencias instrumentales entre el total de competencias genéricas, [(10/30)*100]); y de ésta forma obtener el porcentaje para los otros 2 grupos. Ver Tabla 4.

Tabla 4. Competencias genéricas desarrolladas en la asignatura plan de negocios utilizando ABPr

Asignatura Plan de negocios	Competencias genéricas desarrolladas de acuerdo al plan de estudios	Competencias genéricas desarrolladas aplicando el aprendizaje basada en proyectos
Instrumentales	10%	26%
Interpersonales	7%	17%
Sistémicas	10%	40%
Total	27%	83%

Conclusión

Con los resultados obtenidos en la investigación, se confirma que el aprendizaje basado en proyectos aplicado en los cursos, brinda una experiencia de aprendizaje significativo, pues desarrolla de manera integral las capacidades, habilidades, actitudes y valores en los estudiantes y los acerca a una realidad en un ambiento académico a través de la realización de proyectos.

En cuanto a la satisfacción de los estudiantes, con la implementación de la metodología del ABPr se observó que su uso aumenta el interés en ellos y que no les resulta difícil llevarla a cabo. Además de que valoran positivamente la relación del contenido teórico con la realidad, así como también el trabajo en equipo y la mejora de sus calificaciones.

Por tanto, el empleo del ABPr aplicado en los cursos con enfoque de contabilidad y finanzas, permite mejorar las capacidades, habilidades, actitudes y valores en los estudiantes de la carrera de Gestión Empresarial del ITST, pues de acuerdo al estudio, del 100% de competencias genéricas un 83% de las competencias instrumentales, interpersonales y sistémicas son detonadas en los estudiantes, así como también se obtiene un 0% en los índices de reprobación en la asignatura que se trabajó con proyectos.

Es importante señalar que el uso de la metodología ABPr se recomienda para la impartición de materias en línea, porque independiente de las condiciones de los estudiantes, el aprendizaje basado en proyectos, generará en ellos, el desarrollo y mejora de las capacidades, habilidades, actitudes y valores.

Referencias

[1] M. Fernández Cabezas, “Aprendizaje Basado en Proyectos en el Ámbito Universitario” International Journal of Developmental and Educational Psychology, vol. 2, núm. 1, 2017, pp. 269-278. Disponible en http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=349853220027.

[2] M. Maldonado Pérez, “Aprendizaje Basado en Proyectos Colaborativos: Una experiencia en educación superior”, Laurus, vol. 14, núm. 28, septiembre-noviembre 2008, pp. 158-180. Disponible en: http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=76111716009.

[3] A. Carrasco Gallego, J. A. Donoso Anes, T. Duarte Atoche, J. J. Hernández Borreguero y R. López Gavira, “Diseño y validación de un cuestionario que mide la percepción de efectividad del uso de metodologías de participación activa (CEMPA). El caso del aprendizaje basado en proyecto (ABPrj) en la docencia de la contabilidad”, Revista de Ciencias Administrativas y Sociales, vol. 25, núm. 58, octubre-diciembre 2015. pp. 143-158. Disponible en: http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=81841166011.

[4] M. E. Zepeda Ortega, E. O. Cardoso Espinoza y C. Rey Benguría, “El desarrollo de habilidades blandas en la formación de ingenieros”, Científica, vol. 23, núm. 1, pp. 61-67, enero-junio 2019. Disponible en: http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=61458265007.

[5] E. Rodríguez Sandoval, E.M. Vargas Solano y J. Luna Cortés, “Evaluación de la estrategia, aprendizaje basado en proyectos” Educación y Educadores, vol. 13, núm. 1, abril, 2010, pp. 13-25. Disponible en: http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=83416264002.

[6] Y. I. Disla García, “Aprendizaje por proyecto: Incidencia de la Tecnología de la Información para Desarrollar la Competencia de Trabajo Colaborativo” Ciencia y Sociedad, vol. 38, núm. 4, diciembre-, 2013, pp. 691-717. Disponible en: http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=87029731004.

[7] P. Cazao, Introducción a la Investigación de las Ciencias Sociales, Buenos Aires, 2002.

[8] R. Hernández Sampieri, C. Fernández Collado y M. d. P. Baptista Lucio, Metodología de la Investigación, México: McGrawHill, 2014.

[9] P. Beneitone, C. Esquetini, J. González, M. Marty Maletá, G. Siufi y R. Wagenaar, Informe final –Proyecto Tunning- América Latina, Bilbao, España, 2007.

[10] Tecnológico Nacional de México, Tecnm, Julio 2020. Disponible en: https://www.tecnm.mx/pdf/reticula/Reticula%20Ingenieria%20en%20Gestion%20Empresarial.pdf.

"IMPACTO AMBIENTAL DE LOS ESTUDIANTES DE CONTADOR PÚBLICO EN EL INSTITUTO TECNOLÓGICO DE CHILPANCINGO."

D.M. Ramírez Niño[1], M. Peralta Hesiquio[1], P.A. Leyva Alarcón[2], E. Oropeza Bruno[3], M.E. Durán Figueroa[2].*

[1] Programa Educativo de Contador Público. Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico de Chilpancingo, Av. José Francisco Ruíz Massieu No. 5, Colonia Villa Moderna, C.P. 39090 Chilpancingo de los Bravo, Guerrero, México. rea
[2] Departamento de Ciencias Económico-Administrativas, Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico de Chilpancingo, Av. José Francisco Ruíz Massieu No. 5, Colonia Villa Moderna, C.P. 39090 Chilpancingo de los Bravo, Guerrero, México.
[3] Departamento de Ciencias Básicas, Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico de Chilpancingo, Av. José Francisco Ruíz Massieu No. 5, Colonia Villa Moderna, C.P. 39090 Chilpancingo de los Bravo, Guerrero, México.
[*] daniela.ramn@hotmail.com

***Área de participación**: Investigación Educativa.*

Resumen:

En este trabajo se presenta una investigación realizada por alumnos residentes y docentes del Instituto Tecnológico de Chilpancingo, con la finalidad de identificar el impacto que tienen las actividades de los estudiantes del programa educativo de Contador Público sobre el cuidado del medio ambiente, concientizando sobre la implementación de principios sustentables, considerando la situación que se está viviendo en el mundo actualmente, y el uso inconsciente de los recursos naturales teniendo como resultado graves consecuencias. Metodológicamente, el trabajo es una investigación documental y descriptiva, para ello, se realizó una encuesta a los estudiantes implicados en el tema, así como la organización de cuatro conferencias para crear concientización entre los alumnos.

***Palabras clave**: Impacto ambiental, Medio ambiente, Desarrollo sustentable, Estudiantes.*

Abstract:

The present work is an investigation carried out by resident students and teachers of the Technological Institute of Chilpancingo, in order to identify the impact that the activities of the Public Accountant educational program students have on caring for the environment, raising awareness of the implementation of sustainable principles, considering the current situation in the world, and the unconscious use of natural resources resulting in serious consequences. Methodologically, the work is a documentary and descriptive research. To this end, a survey was conducted to the students involved in the subject, as well as the organization of four conferences to create awareness among students.

***Key words:** Environmental impact, Environment, Sustainable development, Students.*

Introducción:

El presente proyecto se llevó a cabo en el Tecnológico Nacional de México campus Chilpancingo, ubicado en el estado de Guerrero, México, en donde se ofertan cinco carreras profesionales con una matrícula mayor a dos mil alumnos, la idea surge por la preocupante situación ambiental que atraviesa el mundo, enfocándose en la escasa cultura ambiental de los estudiantes de la carrera de Contador Público, debido a que el desarrollo de proyectos de investigación en materia de impacto ambiental en el ámbito de los espacios educativos de México ha sido mínimo, con base a las investigaciones que se han venido realizando en el desarrollo del mismo.

En la actualidad, el manejo preventivo de impactos ambientales en los centros de educación superior es una prioridad que debe tener atención inmediata. Con frecuencia los entornos adyacentes a éstos son sujetos a la influencia de factores ambientales, demográficos, económicos y socioculturales, los cuales de manera directa e indirecta influyen en el bienestar de los estudiantes y personal docente, administrativo y directivo de las instituciones educativas.

En 2019, solamente se exponen antecedentes de los instrumentos de la política ambiental en México [1]; las investigaciones en temas de impacto ambiental en el contexto de las universidades al menos para el sector gubernamental no han sido consideradas importantes, esto se comprueba con la ausencia de artículos científicos y de divulgación en revistas especializadas y multidisciplinarias.

Un impacto ambiental es la alteración de la calidad del medio ambiente producida por una actividad humana [2], el término impacto no siempre implica negatividad, ya que puede ser positivo o negativo [3]. "Existe impacto ambiental cuando una acción o actividad produce una alteración favorable o desfavorable en el ambiente o en alguno de sus componentes (aire, agua, suelo, rocas, relieve, paisaje, vegetación, animales)" [4].

Basándose en los conceptos anteriores, el objetivo principal es determinar el tipo de impacto ambiental que los estudiantes de la carrera de contador público están provocando en el Instituto, proponiendo soluciones viables y realizando campañas de concientización de acuerdo con los resultados.

Metodología:

Se realizó una investigación sobre el Impacto ambiental de los estudiantes de la carrera de Contador Público en el Instituto Tecnológico Nacional de México campus Chilpancingo, por lo cual se llevó a cabo el siguiente proceso que incluye investigación documental y de campo.

En primera instancia se investigaron los antecedentes sobre actividades que estudiantes y docentes habían realizado por el cuidado del medio ambiente en el instituto, así mismo se recurrió a diversas fuentes de información como son: libros, artículos científicos, informes técnicos y estadísticas oficiales con el fin de elaborar un estado del arte en materia de impacto ambiental relacionado con sustentabilidad e indicadores ambientales.

El segundo paso que se realizó fue investigar y analizar "¿Qué es el impacto ambiental y cómo está integrado el escenario natural?", para posteriormente diseñar la metodología de investigación, se decidió por implementar un método cuantitativo, utilizando como instrumento de investigación la encuesta, la cual fue aplicada en línea utilizando plataforma "Google Forms", lo anterior fue originado por motivos relacionados con la contingencia de salud pública mundial (COVID-19), se realizó utilizando el tipo de muestreo aleatorio estratificado; este método divide la población compuesta por "N" individuos, en "x" subpoblaciones o estratos, con base a variables importantes del estudio.

Población objeto de estudio

Arias [5] define población o población objetivo a: "un conjunto finito o infinito de elementos con características comunes para los cuales serán extensivas conclusiones de la investigación. Esta queda determinada por el problema y por los objetivos del estudio"

Para el desarrollo y aplicación de la encuesta, la población objeto de estudio estuvo representada por 675 estudiantes inscritos del programa educativo de Contador Público hasta el mes de Febrero del 2020 en el Instituto Tecnológico de Chilpancingo.

Tamaño de la muestra

Un muestreo apropiado probabilístico permite que se obtenga una pequeña parte de la población con una medida confiable de todo el conjunto. Como se está trabajando con una población finita, para determinar el tamaño de la muestra se utilizó la siguiente fórmula [6] considerando un nivel de confianza (Z) del 95 %, con un error de muestreo e del 5 %, como se muestra a continuación:

 ISSN 2007-8102

$$n = \frac{\sigma^2 \times N \times p \times q}{e^2 \times (N-1) + \sigma^2 \times p \times q}$$

σ= coeficiente de nivel de confianza = 1.96 para Z= 95%
e= error de estimación = 5%
p= probabilidad a favor = 50%
q=probabilidad en contra= 50%
N= universo o población
n= tamaño de la muestra
Sustituyendo los datos tenemos una muestra de:

$$n = \frac{1.96^2 \times 675 \times 0.5 \times 0.5}{0.05^2 \times (675-1) + 1.96^2 \times 0.5 \times 0.5} = 323.84 \qquad n = \frac{648.27}{1.685 \ + \ 0.9604} = 245.05$$

Como resultado final, según la formula, nuestro tamaño de la muestra es de 245 personas, a las cuales se tendrá que aplicar la encuesta para poder analizar e interpretar los resultados obtenidos.

Instrumento de investigación

Para el proyecto, el instrumento de investigación que se consideró más compatible y confiable para utilizar fue la encuesta, la cual se elaboró en el formato de 18 preguntas divididas en 7 secciones (Medio ambiente, Basura y plástico(PET), Reciclaje, Educación, Energía eléctrica, Agua potable y Recomendaciones, manejándose en las primeras seis secciones la escala de Likert en 5 puntos (Muy de acuerdo, De acuerdo, Ni de acuerdo ni en desacuerdo, En desacuerdo, Muy en desacuerdo), y la sección séptima fue una pregunta abierta sobre recomendaciones:

A continuación se presenta el link de acceso y una muestra de la encuesta [7]: Impacto ambiental de los estudiantes de Contador Público en el Instituto Tecnológico de Chilpancingo https://forms.gle/uaPTMpVErDgEKN8ZA . Ver figura 1.

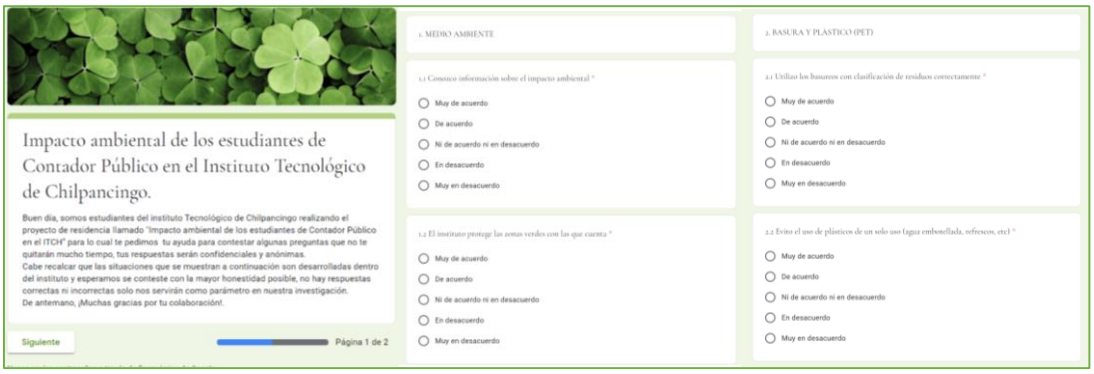


Figura 1. Muestra de encuesta mandada por redes sociales a alumnos. [7]
Fuente: Elaboración propia.

Confianza y Validez

Es necesario evaluar la confiabilidad y validez del instrumento de medición, sólo a través de eso se verificará que la investigación es seria y aporta resultados reales. Además de implicar la seriedad de la investigación, la confiabilidad y validez de un instrumento permiten que el estudio sea profesional y digno de consideración. La validez de contenido es de suma importancia cuando se aplica en los instrumentos que pretenden medir todo tipo de información, conocimientos, actitudes o habilidades. [8]
Para demostrar la validez del instrumento de esta investigación se realizó una prueba piloto a 42 estudiantes. Como resultado se modificó la estructura de la encuesta, dividiéndola en secciones o bloques para tener organización y coherencia en las preguntas, además de que se añadió una última

sección para recabar recomendaciones y puntos de vista sobre el tema en investigación para tener una causa en común y crear una campaña de concientización en el plantel.

La confiabilidad de un instrumento de medición se refiere al grado en qué su aplicación repetida al mismo sujeto u objeto produce iguales resultados [9]. Para poder estudiar la confiabilidad del instrumento utilizado, se aplicó la fórmula para obtener el Alfa de Cronbach, que relaciona las variables y establece la confiabilidad de cada sección de la encuesta. A partir de las varianzas, el Alfa de Cronbach se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$\alpha = \left[\frac{k}{k-1}\right]\left[1 - \frac{\sum_{i=1}^{k} S_i^2}{S_t^2}\right]$$

Donde:

- S_i^2 es la varianza del ítem i,
- S_t^2 es la varianza de los valores totales observados y
- k es el número de preguntas o ítems.

El índice de consistencia interna Alfa de Cronbach, establece que el valor a obtener luego de la aplicación del instrumento en la prueba piloto corresponderá a un valor entre 0 y 1, donde los valores cercanos a la unidad indican que el instrumento es fiable, con mediciones estables y consistentes. Por el contrario, si el valor está por debajo de 0,8 el instrumento que se está evaluando presenta una variabilidad heterogénea en sus ítems y puede llevar a conclusiones equivocadas [9].

Para la captura de datos sobre las respuestas de la encuesta y la ejecución de la fórmula se utilizó el programa Microsoft Excel, con el apoyo de la hoja de trabajo, se realizó el análisis de estadística descriptiva, obteniendo un Alfa de Cronbach de 0.98, coeficiente que fue verificado mediante el programa SPSS 10.0 (*Statistical Package for the Social Science*) para realizar el análisis de confiabilidad el cual se presenta a continuación: Ver Tabla 1 y Tabla 2.

Tabla 1. Resumen de procesamiento de casos

		N	%
Casos	Válido	42	100.0
	Excluidos	0	.0
	Total	42	100.0

Tabla 2. Estadísticas de fiabilidad

Alfa de Cronbach	Alfa de Cronbach basada en elementos estandarizados	N de elementos
.987	.989	18

Se llegó a la conclusión de que la encuesta nos indica un alto grado de confiabilidad, lo que otorgó seguridad y confianza para aplicarla a la muestra, ya que todo el proceso fue en línea se mandó el link por medio de redes sociales a los alumnos que cursan la carrera de Contador Público y se contempló una semana para llegar a la meta de la muestra (del 11 al 18 de Mayo), se aplicó a 245 alumnos en el Instituto Tecnológico Nacional de México campus Chilpancingo, de los cuales los encuestados fueron 165 (67%) personas correspondientes al sexo femenino y 80 (33%) personas al sexo masculino.

Análisis de datos y Resultados:

Se presenta un resumen del análisis de los resultados obtenidos de la aplicación de la encuesta. La figura utilizada para esta representación de datos fue la de barras, la cual es utilizada frecuentemente y adecuada para presentar resultados en un amplio número de situaciones. [10]. Los temas que aborda la investigación Impacto ambiental de los estudiantes de Contador Público en el Instituto Tecnológico de Chilpancingo se agrupan, de acuerdo con características similares, en seis categorías con temas relacionados a: medio ambiente, basura y plástico (PET), reciclaje, educación, energía eléctrica y agua potable; también se incluyó una sección final para recabar recomendaciones y lograr efecto positivo en el plantel, los cuales se detallan en la Tabla 3.

 ISSN 2007-8102

Tabla 3: Clasificación de categorías y temas de la encuesta.

Categoría	Temas
1. Medio ambiente	Aprecio por el cuidado de la naturaleza. Compromiso por el cuidado del medio ambiente. Cooperación para el cuidado de la naturaleza. Respeto a la naturaleza. Responsabilidad al medio ambiente. Reforestación de áreas verdes.
2. Basura y plástico (PET)	Limpieza. Responsabilidad ambiental. Cooperación. Acciones voluntarias. Campañas de concientización.
3. Reciclaje	Reciclaje. Reducción. Reúso. Separación de la basura.
4. Educación	Escuela incluyente. Escuela 100% libre de plástico. Docentes que cuidan el medio ambiente. Escuela socialmente responsable.
5. Energía eléctrica	Uso responsable de aparatos eléctricos.
6. Agua potable	Cuidado del agua.

Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo con los resultados de la encuesta los jóvenes cuya edad oscila entre 18 y 19 años fueron los que predominaron representando un 50% de la población, de 20 a 21 años un 30%, de 22 a 23 años un 14% más de 24 años un 6%. Además de que el 67% el total de encuestados fueron mujeres.

Para el primer bloque titulado **"Medio ambiente"** se integró por 6 preguntas, lo que representa una tercera parte de la encuesta, el enfoque de esta sección es descubrir si los estudiantes tenían conocimientos previos sobre el tema de medio ambiente y también, sobre el cuidado de las áreas verdes existentes en la institución. Se obtuvieron resultados positivos en virtud de que la mayoría de los alumnos comprende el tema y concuerda en que las áreas verdes tienen el cuidado adecuado para sus necesidades; sin embargo, los alumnos difieren en una pregunta relacionada a una escuela 100% libre de plástico, ya que en el Instituto se hace difusión y publicidad argumentando que cumple con los estándares, pero esto no es comprobable, porque en el área de servicio de cafetería se siguen utilizando y comercializando artículos de plástico desechables.

El segundo bloque se integró con dos preguntas relacionadas con la categoría de **"Basura y plástico (PET)"** en las cuales se enfocó en conocer si los alumnos estaban utilizando de manera adecuada los basureros con los que cuenta la institución debido a que éstos son pieza clave para comenzar a reciclar porque cuentan con clasificadores de basura, y afortunadamente, el 80% respondió que si eran usados correctamente. La segunda y última pregunta de esta sección, fue para conocer el uso de los plásticos, de manera específica, la frecuencia con la que se evita el uso de plástico. El 69% de los encuestados contestó que siempre lo evitaba, el 20% podemos decir que ocasionalmente lo hace, finalmente el 11% sigue usando plástico sin saber las consecuencias negativas que ocasiona al medio ambiente. En general se puede decir que el 75% de los alumnos utiliza correctamente los botes de basura y que el resultado es favorable, ya que los jóvenes se están dando cuenta de la importancia del cuidado del medio ambiente

En la categoría número tres denominada **"Reciclaje"** tuvo enfoque hacia el uso de las hojas recicladas; las respuestas en el planteamiento reflejaron que el 83% de los encuestados recicla sus hojas ya sea para apuntes, tareas o realizar un trabajo en clase, son este tipo de acciones las que

llevan a un verdadero impacto positivo en el medio ambiente, algunos beneficios del reúso de hojas recicladas son:

1. Ahorro de energía: La fabricación de papel a partir de papel reciclado supone un ahorro del 70% de la energía (más que en el vidrio) que se utilizaría si se fabricara a partir de madera o fibras vírgenes
2. Reducción de la materia prima consumida (árboles talados): Por cada tonelada de papel reciclado se ahorra en madera el equivalente a 12 árboles.
3. Ahorro de recursos: Reciclando, se podría abastecer a la industria del papel-cartón con casi el 69% de los recursos que se necesitan
4. Ahorro de agua: Reciclar el papel ahorra un 80% de agua con respecto a la producción a partir de fibra virgen
5. Mejora la calidad del aire y el agua: El reciclaje del papel supone una disminución del 74% de las emisiones de gases y una reducción del 35% de las emisiones contaminantes del agua. [11]

Respecto a la categoría número cuatro llamada “Educación”, se relacionaron los temas de uso de espacios de áreas verdes, campañas de concientización, materias existentes en la retícula relacionadas al medio ambiente y conocer las actitudes que tienen los docentes en materia de accesibilidad con el fin de ayudar al medio ambiente, en resumen los jóvenes prefieren mantener áreas verdes a preferir la construcción de un nuevo edificio dándole prioridad a la flora del instituto, en referencia a la retícula de la carrera un 73% de los estudiantes encuestados expresó estar de acuerdo que se deberían añadir materias relacionadas con ecología, medio ambiente, entre otras; ya que en el plan de estudios vigente de 9 semestres solo se cursa una materia específica sobre el tema denominada Desarrollo Sustentable, lo que resulta insuficiente para concientizar a los alumnos y despertar su interés en el cuidado del ambiente. Además, es importante que los docentes en sus materias promuevan el cuidado en el medio ambiente, como parte de las competencias generales de la materia.

En el apartado número cinco que incluyeron aspectos de la categoría titulada “Energía eléctrica”, se hicieron tres preguntas para investigar el uso que se le da a las instalaciones eléctricas, una de ellas se enfocó en la utilización del aire acondicionado ya que su uso en aulas contribuye en consumo de energía eléctrica y por ende, debe ser utilizado siempre que sea necesario e indispensable tal como lo dijo el 56% de la población encuestada; el 24% no tuvo una respuesta concreta y el 20% opina que el aire se utiliza de manera irresponsable. Asimismo, el 75% opina que los alumnos ocupan los contactos de energía eléctrica para su uso personal, lo que ocasiona un uso de energía no indispensable que al final de todo, afecta la economía de la institución. En conclusión, el 67% de la población estudiantil utiliza el aire acondicionado en el aula cada que es necesario, y considera que se deben tomar acciones en el reglamento institucional refiriéndose a la situación de la utilización de los contactos eléctricos para uso personal.

En la última categoría de preguntas de la encuesta denominada “Agua potable” se enfocó solamente en el uso del agua en los sanitarios de las diferentes áreas del Instituto; la institución diariamente recibe a más de 1500 alumnos de las distintas carreras que se ofertan, situación que genera una gran demanda en el consumo de agua diariamente; los resultados de la encuesta reflejaron que el 56% de los encuestados está satisfecho con el servicio, indicando que las instalaciones se encuentran en óptimas condiciones de uso. En este contexto, se pretende investigar qué tan eficiente es el sistema de sanitarios y drenajes para evitar fugas de agua. Ver figura 2.

 ISSN 2007-8102

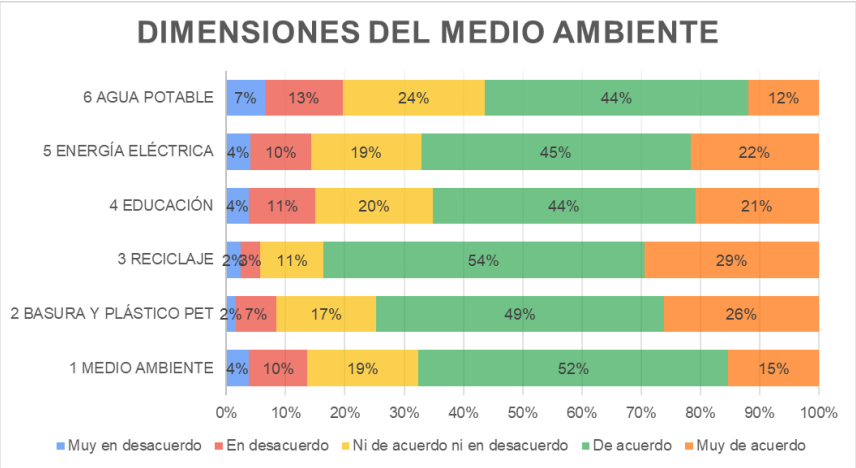


Figura 2: Resultados de cada dimensión del Medio Ambiente
Fuente: "Elaboración propia".

La apreciación de las autoridades educativas respecto a los datos presentados fue la siguiente [12]

> Desde la Subdirección académica es importante que los estudiantes del Instituto Tecnológico de Chilpancingo se formen de manera integral, en especial en el tema de impacto ambiental, y es prioritario que se fortalezca desde la asignatura de desarrollo sustentable una cultura sobre este tópico. Por lo anterior, el proyecto mencionado líneas arriba es de vital relevancia, en virtud de los resultados, ya que los jóvenes encuestados en su mayoría entienden el tema y están de acuerdo en que las áreas verdes de la Institución tienen mantenimiento, pero con relación a las prácticas de 100% libre de plástico, la difusión del programa existe, pero hace falta consolidar acciones con diferentes actores.
>
> Para la Institución los resultados de la encuesta representan una ventana de oportunidad para que se lleve a cabo un diagnóstico y ello permita reforzar la difusión, y que toda la comunidad desde su área de actuación genere actividades que impacten este programa, no solo en el tema de uso de plásticos, sino también en el uso de la energía eléctrica, y el ahorro del agua.
>
> Definitivamente estoy de acuerdo que se aplicara el mismo estudio análisis, a los estudiantes de las demás carreras profesionales que actualmente ofrece el Instituto Tecnológico de Chilpancingo, e insisto que con los resultados se haga un diagnóstico que permita construir un programa integral de acciones que fortalezcan el cambio de paradigma y el cambio de pensamiento hacia el ejercicio de una nueva cultura y práctica hacia el cuidado del medio ambiente.

Trabajo a futuro

La intención del presente trabajó se centró en identificar el impacto ambiental por diversas acciones de los estudiantes que cursan el programa educativo de Contador Público en el Tecnológico Nacional de México campus Chilpancingo, se espera que, al reanudar el ciclo escolar correspondiente al semestre Agosto-Diciembre 2020, se realice una campaña permanente del cuidado del medio ambiente, para todos los estudiantes de los cinco programas educativos que ofrece dicha institución educativa. Este trabajo, se puede ampliar para identificar el impacto ambiental de los estudiantes de todos programas educativos que ofrece la Institución referida. A continuación, en la tabla 3, se muestra un cuadro comparativo del antes y después del análisis, para un mejor estudio.

Tabla 3. Cuadro comparativo del antes y después del análisis.

Antes	Después
Se desconocían las opiniones de los alumnos de la carrera de Contador Público respecto a temas ambientales.	Interés por conocer las opiniones respecto al medio ambiente de los alumnos que cursan las demás carreras que se ofertan en el Instituto
Existe el programa Espacio100% libre de plástico de un solo uso.	Se están realizando residencias profesionales en apoyo al programa Espacio 100% libre de plástico de un solo uso, promoviendo el cuidado hacia el mismo.
Alto nivel de consumismo en la sociedad estudiantil.	Reactivación y monitoreo del programa "Escuela 100% libre de plástico" se lleve a cabo correctamente.

Fuente: Elaboración propia.

Conclusión

De acuerdo con los resultados obtenidos a través de la encuesta que se aplicó en el transcurso de la investigación, se concluye que en el Instituto existen factores que tienen un impacto ambiental positivo, por ejemplo: se cuenta con el mantenimiento y cuidados adecuados en las áreas verdes, además se tienen los recolectores de basura etiquetados por clasificaciones para hacer más fácil y eficaz el reciclaje de los residuos sólidos urbanos; sin embargo, también existe el impacto ambiental negativo en el área relacionada con el plástico y desechables, debido a que se continúa comercializando productos comestibles en artículos desechables de manera común aun cuando en el Instituto se promociona ser una escuela 100% libre de plástico. Analizando la situación referida, se espera que los directivos del Instituto tomen las medidas pertinentes para cumplir con el lema "Espacios 100% libre de plástico" y reducir el impacto negativo que el uso de desechables provoca.

Referencias

[1] Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, "*Informe de la Situación del Medio Ambiente en México" 18ª ed. Ciudad de México, México: SEMARNAT. 2019. pp. 63-81. Disponible en* https://apps1.semarnat.gob.mx:8443/dgeia/informe18/tema/pdf/Informe2018GMX_web.pdf

[2] A. Garmendia, A. Salvador, C. Crespo y L. Garmendia, Evaluación de Impacto Ambiental, 1ª ed. Madrid: Pearson Educación, 2005, p. 17.

[3] V. Conesa, *Guía metodológica para la evaluación del impacto ambiental, 4ª* ed. Madrid: Mundi-Prensa, 2009, p. 100.

[4] J. I. Juan Pérez, *Identificación y evaluación de impactos ambientales en el Campus Ciudad Universitaria, Universidad Autónoma del Estado de México, Cerro de Coatepec, Toluca México*, *Acta Universitaria,* vol. 27, nº 3, pp. 36-56, 2 Agosto 2017 Disponible en: http://www.actauniversitaria.ugto.mx/index.php/acta/article/view/1249

[5] F. G. Arias, *El proyecto de investigación,* 6ª ed. Caracas, Venezuela: Episteme, 2012, p. 81.

[6] M. Torrez, K. Paz y F. Salazar*, Tamaño de una muestra para una investigación de Mercado, Boletín electrónico 02, Facultad de Ingeniería, Universidad Rafael Landivar, Guatemala, nº 02, pp. 1-13, 2006.* Disponible en: http://www.fgsalazar.net/LANDIVAR/ING-PRIMERO/boletin02/URL_02_BAS02.pdf

[7] Encuesta: Impacto ambiental de los estudiantes de Contador Público en el Instituto Tecnológico de Chilpancingo (2020). [Internet] https://forms.gle/uaPTMpVErDgEKN8ZA.

[8] J. Hurtado de Barrera, *El proyecto de investigación*, 7ª ed. Caracas, Venezuela: Ediciones Quirón, 2012.

[9] R. Hernández Sampieri, C. Fernández Collado y M. Baptista Lucio, *Metodología de la Investigación*, México, D.F.: McGraw-Hill., 2014.

[10] C. McDaniel y R. Gates. *Investigación de mercados*, 10ª ed. México: Cengage Learning, 2016.

[11] A. Pascual, Stop Basura, *Los 7 beneficios de reciclar papel, 21 septiembre 2016*. [Internet]. Disponible en: https://stopbasura.com/2016/09/21/beneficios-reciclar-papel/[Último acceso: 20 Julio 2020].

[12] L. d. C. Santos Cuenca, *Opinion sobre proyecto impacto ambiental,* Chilpancingo: Instituto Tecnológico de Chilpancingo, 2020.

Taller sobre farmacia y cocina viviente en la Reserva de la Biosfera Sierra de Huautla

A. Ortiz-Sánchez[1] y A. Alemán Octaviano[1]*
[1]Universidad Autónoma del Estado de Morelos, Av. Universidad 1001, Col. Chamilpa, Cuernavaca, Morelos, México, C.P.62209
**amanda@uaem.mx*

Área de participación: *Investigación educativa*

Resumen

Se realizaron talleres con un grupo de mujeres para reconocer la biodiversidad local, se generó reflexión sobre causas que han originado la disminución de su uso. Se elaboró un botiquín a base de plantas, se incluyeron hortalizas en los huertos familiares, se hizo una muestra gastronómica con plantas locales y una galería fotográfica. Los resultados mostraron las plantas apreciadas con alto valor de uso. Se percibió la falta de tiempo, como una variable que interviene en la disminución del uso de las plantas útiles, por lo que tenerlas a la mano significa disponer de estos recursos. Se valoró la función del huerto familiar. Las mujeres reconocieron que saberes tradicionales no siempre son transmitidos a sus hijos y nietos. Expresaron que es tiempo actuar, para fortalecer el uso y cuidado de la conservación de la biodiversidad y del conocimiento tradicional en beneficio de sus familias.

Palabras clave: *conocimiento tradicional, plantas medicinales, plantas alimenticias*

Abstract

Worshops were held with a group of women to recognize the local biodiversity and a reflection was made about the causes that led to the reduction of its use. A plant-based first-aid-kit was elaborated, vegetables were included in family gardens, a gastronomic masterpiece with local plants was made and a photographic gallery was included. The results showed the plants appreciated with high use value. The lack of time was percieved as a variable that takes action in the use of useful plants, because having them on hand means having these resources. Home garden function was valued. The women recognized that traditional knowledge is not always passed on to their children and grandchildren. They expressed that they have time to act to strengthen the use and care of conserving biodiversity and traditional knowledge for the benefit of their families.

***Key words*:** *traditional knowledge, medicinal plants, food plants*

Introducción

El conocimiento tradicional entendido como conocimientos, creencias y prácticas sobre los recursos naturales, generado mediante procesos adaptativos y transmitido a través de generaciones [1, 2], está en invariable evolución, debido a que sus conocimientos y percepciones se construyen y modifican constantemente [3]. Si bien México es reconocido a nivel mundial, por la vasta experiencia etnobotánica que han generado diversas sociedades rurales, en su interacción con el entorno [4], también es uno de los países más importantes en cuanto a pérdida del conocimiento tradicional. Ante esta situación el compromiso social de la Universidad Autónoma del Estado de Morelos, a través del Centro de Investigación en Biodiversidad y Conservación (CIByC) busca contribuir a la conservación de la diversidad biológica y cultural del país, a través de la investigación científica, docencia y el trabajo comunitario, principalmente en las comunidades de la Reserva de la Biosfera Sierra de Huautla (REBIOSH).

Metodología

La presente investigación es descriptiva, ya que consiste en describir las actividades realizadas mediante talleres, durante un proyecto comunitario. Éstas forman parte de un proyecto más amplio que el CIByC ha venido realizando desde el año 2000, en diferentes comunidades de la REBIOSH. Los datos que ahora se presentan corresponden al trabajo realizado en la comunidad de Tilzapotla, Morelos, México. Se realizaron varias visitas a la localidad para informar a las autoridades locales sobre el proyecto y para contactar a la población participante. La cual estuvo formada por mujeres con quienes ya se habían realizado otras actividades en años anteriores. La edad de las participantes fue de 28-80 años.

Para el desarrollo del proyecto se presento a las participantes el contenido de los talleres o actividades:

1. Reconociendo los recursos naturales locales
2. Biodiversidad
    a) Riqueza de especies medicinales y alimenticias útiles
    b) Elaboración de un botiquín a base de plantas medicinales
    c) Presentación de una muestra gastronómica con plantas locales
3. Establecimiento de hortalizas para auto abasto
4. Galería fotográfica de los huertos familiares en la comunidad de Tilzapotla

1. Reconociendo los recursos naturales locales

Se utilizó la técnica de listado libre y para facilitar el modo de aprendizaje, se hicieron preguntas acerca de la frecuencia de uso y lugar de procedencia de las plantas. En esta actividad se les solicitó a cada una de las participantes que mencionaran las plantas más importantes y más utilizadas por ellas. Mediante esta práctica se obtuvo un listado de especies con diferentes usos, parte de la planta utilizada y lugar de colecta. El objetivo de esta actividad se orientó hacia recordar los usos e intercambiar el conocimiento que de estos recursos tienen. Las causas que originan dejar de usar algunas plantas fueron situadas como eje de reflexión, también se habló de los factores que intervienen en la transmisión del conocimiento tradicional, a las nuevas generaciones y sus efectos, para su posterior análisis de un modo crítico [5].

2. Biodiversidad

A través de pláticas se mostró que México se encuentra considerado como uno de los países que cuentan con la mayor riqueza biológica [6] y cultural en el mundo, con la cual las poblaciones han podido utilizar y manejar aproximadamente 7,000 especies vegetales [7], particularmente como medicina, alimento, construcción y cercas vivas, entre otros. La gran diversidad ambiental del estado de Morelos, ha dado lugar al establecimiento de varios tipos de vegetación. La Selva Baja Caducifolia es la que mayor número de plantas medicinales provee al mercado [8] como son, cuachalalate para cicatrizar heridas (*Amphipterygium adstringens* (Schltdl.) Standl.), prodigiosa para la bilis y como digestiva (*Brickellia*), paraca para diarrea y fiebre (*Senna skinneri* (Benth.) H.S. Irwin & Barneby), capitaneja para gastritis (*Verbesina crocata* (Cav.) Less.), cirian para problemas de vías respiratorias (*Crescentia alata* Kunth), cuaulote para el riñón (*Guazuma ulmifolia* Lam.) entre otras. [9]. De acuerdo con la OMS, las plantas medicinales son utilizadas por el 80% de la población a nivel mundial para atender sus necesidades de salud. Por otra parte el número de plantas alimenticias mexicanas de la base de datos (BADEPLAM) es mayor de 2000 especies [10]. Las cuales no siempre están disponibles para la población.

a) Riqueza de especies medicinales y alimenticias

Dentro de la actividad 1, para reconocer los recursos naturales locales, se profundizó en la importancia de las plantas medicinales y alimenticias. El uso de las plantas para atender diversos padecimientos y los saberes que articulan su uso, ha llegado hasta nuestros días debido a la persistencia de enfermedades y a la necesidad por atenderlas y gracias a la diversidad de recursos vegetales que existen en nuestro país. Sin embargo ha habido impactos que deterioran el conocimiento tradicional [11]. Por otro lado la salud de la población también se ha visto afectada por las modificaciones que cada individuo hace en la dieta diaria. Los motivos pueden ser diversos, uno de éstos es la falta de acceso a alimentos sanos. Razón por la cual es importante conocer los recursos locales, difundir sus usos y proponer estrategias educativas para su uso y conservación.

En el estado de Morelos se han documentado más de 800 especies medicinales. La población utiliza las plantas medicinales de distintas maneras. Una forma práctica y útil es en forma de preparados galénicos, estos son productos curativos elaborados a base de plantas medicinales sometidas a un procesamiento parcial de transformación, que contienen mezclas de los compuestos naturales [12].

b) Elaboración de un botiquín a base de plantas medicinales

El objetivo de esta actividad fue que la población participante conociera que hay distintas formas de elaboración con plantas. Las cuales son sencillas, económicas y las pueden tener disponibles a lo largo del tiempo. Las mujeres aprendieron la forma de elaborar tinturas con plantas de estafiate (*Artemisia ludoviciana (*Nutt.) D.D. Keck*),* de guayabo (*Psidum guajava* L.), de nim (*Azadirachta indica* A. Juss.*)*, pomada de árnica (*Heterotheca inuloides* Cass.*)*, jarabe para la tos (*Crescentia alata* Kunth, *Amphipterygium adstringens* (Schltdl.) Standl., *Heterotheca inuloides* y *Raphanus sativus* L.) y un jabón suavizante a base de avena (*Avena sativa* L.). Con estos productos cada asistente inició la formación de su botiquín básico. Los cuales podrán emplear para atender padecimientos de salud cotidianos como son afecciones digestivas, respiratorias y musculares.

c) Presentación de una muestra gastronómica con plantas locales

Para fortalecer la importancia de las plantas alimenticias de la localidad, dado que también juegan un papel básico en la salud de las familias. Se organizó la preparación de diversos alimentos y bebidas con plantas locales: guisados con (flor de calabaza, guajes, elote, verdolagas); ensaladas; aguas frescas de (capitaneja, tlachichinol); dulces (papaya); tamales (ciruela, calabaza); salsa (ciruela), entre otros. Los cuales fueron presentados en una sesión de convivencia.

3. Establecimiento de hortalizas para auto abasto

Esta actividad inició con una dinámica de lluvia de ideas, para elegir las especies para sembrar durante el taller. Las variables a considerar fueron, las condiciones ambientales del sitio y las plantas que usan frecuentemente en la elaboración de sus alimentos. El objetivo fue promover una técnica de cultivo que la gente puede combinar con sus prácticas tradicionales, así como incrementar la diversificación de elementos en la alimentación de la familia. Luego se organizaron equipos de trabajo e inició el taller sobre la instalación de hortalizas, con la preparación de las charolas de germinación y la respectiva siembra de semillas de jitomate (*Solanum lycopersicum* L), cilantro (*Eryngium foetidum* L.), perejil (*Coriandrum sativum* L.), zanahoria (*Daucus carota* L.), entre otras.

4. Galería fotográfica de los huertos familiares en la comunidad de Tilzapotla

Como una actividad complementaria en este proyecto, se propuso hacer una exposición con fotografías de la inserción de las hortalizas en los huertos familiares de las participantes. Con el objetivo de mostrar una prueba gráfica de la realidad de esos espacios que son un testimonio cultural. Además las fotografías también permitieron exhibir la creatividad de cada una de las mujeres participantes. Concretamente en la distribución espacial de las plantas, ya que en la actualidad, la reducción de los espacios físicos para el cultivo de plantas es una limitante. El potencial pedagógico de la fotografía fue utilizado para entusiasmar a las personas participantes en el taller. Así como para mostrar el trabajo colaborativo [13].

Resultados y discusión

El resultado de la actividad 1 de acuerdo a las preguntas sobre frecuencia de uso, parte de la planta utilizada y lugar de procedencia, fue una lista de especies que se puede observar en la Tabla 1. El número de plantas aumentaba mientras más platicaban las participantes y recordaban sus nombres y usos. Durante la convivencia y la reflexión reconocieron y recordaron plantas que han dejado de usar, plantas de uso frecuente, o aquellas especies que han escaseado y que difícilmente consiguen en la actualidad. Las participantes también hablaron con especial cuidado sobre las plantas preferidas, que por diversas razones mantienen en sus viviendas.

Algunas de las plantas apreciadas son: ciruela, nanche, mango, maíz, calabaza, entre otras. Estas son plantas que sus familiares migrantes valoran tanto que, las mujeres hacen uso de estrategias para conservarlas mediante congelación y/o secado, para usarlas al regreso de sus familiares. De acuerdo con Vallejo [14], son plantas significativas con alto valor de uso, no solo por su abundancia sino por la gente que se interesa en estas especies.

Respecto al recuento sobre nombres y usos de las plantas, que las participantes hicieron, el tema de los factores que perturban el acceso a los recursos vegetales útiles, fue el principal. Los motivos más señalados estuvieron relacionados con la falta de tiempo, para cocinar, para ir al campo a traer ciertas plantas y falta de interés por seguir usando las plantas de uso tradicional. También mencionaron que debido al poco uso de las plantas, ya no recordaban con claridad los nombres y formas de preparación de algunas de ellas. Y como consecuencia disminuye la intención de compartir dicho conocimiento. En este sentido, es mayor la relevancia el tener a la mano las plantas de uso cotidiano en un huerto familiar, ya que la frecuencia de uso de un recurso está relacionada con la disponibilidad de éste.

Las participantes también hicieron énfasis en el conocimiento que recibieron de sus padres y abuelos. Relacionaron la longevidad de ellos con su estilo de alimentación, lo cual fue un tema de gran valor como objetivo del taller. Las mujeres compartieron las recetas de cocina de ellos, agregando algunas anécdotas de su historia de vida. Y reconocieron que estos saberes no siempre han sido transmitidos a sus hijos y nietos. Esto es un indicador del deterioro del conocimiento tradicional [11].

Con base en la actividad uno (Reconociendo los recursos naturales locales) y actividad dos (Biodiversidad), mediante el análisis y la crítica, las participantes visualizaron un problema concreto [5]. El cual denominaron, falta de comunicación de las enseñanzas de padres a hijos. A partir de esto, ellas expresaron que es tiempo de retomar aquellas acciones que han dejado de hacer y de fortalecer aquellas que han

disminuido, para contribuir al uso y cuidado de la conservación de la biodiversidad y del conocimiento tradicional. Lo cual tradujeron en compromisos como dialogar más con la familia sobre estos temas y en difundir sus saberes tradicionales. Durante las dinámicas de los talleres se hizo notar que las participantes son quienes tienen la experiencia y práctica del conocimiento local. Un ejemplo palpable es el uso de las plantas medicinales, que son utilizadas principalmente por las mujeres, ya que son ellas quienes se han encargado a lo largo de la historia, del cuidado de la salud de la familia.

Tabla 1. Lista florística. Nombre científico y nombre común. Categorías de uso: O= Ornamental, A= Alimentaria, R= Religioso, M= Medicinal. Estructura botánica: H= hoja, Fl= flor, Fr= fruto, S= semilla, T= tallo; C= corteza. Lugar de colecta: HF= Huerto Familiar, C= Campo, M= Milpa.

Nombre científico	Categorías de uso	Estructura botánica utilizada	Lugar de procedencia
Disphania ambrosoides (L.) Mosyakin & Clemants. Epazote	A, M	H, T	HF
Verbesina crocata (Cav.) Less Capitaneja	A, M	H	HF, C
Citrus aurantifolia (Christm.) Swingle Limón	A, M	Fr, H	HF
Tournefortia hirsutissima L. Tlachichinol	A, M	H	HF, C
Cucurbita argyrosperma K. Koch Calabaza	A, R	Fl, Fr, S,	HF, M
Zea mays L. *Maíz*	A, R	H, Fl, Fr, S	HF, M,
Dieffenbachia Schott Gracena	O	Toda la planta	HF
Byrsonima crassifolia (L.) Kunth Nanche	A, M	Fr, C	HF, C
Aloe barbadensis Mill. Sábila	M, R	H, Fl	HF
Pereskia aculeata Mill. Uña de gato	M, A, R	H, Fl	HF
Mangifera indica L. Mango	A, M	Fr, H	HF, C
Spondias mombin L. Ciruela	A, R	Fr	HF
Artemisia ludoviciana subsp. *mexicana* (Willd. ex Spreng.)D.D.Keck. Estafiate	M, R	H, Toda la planta	HF
Porophyllum obtusifolium DC. Pápalo	A	H	HF, C
Senecio salignus DC. Jarilla	M, R	H	HF
Crescentia alata Kunth Cirian	M	Fr	HF, C
Mentha canadensis L. Hierbabuena	A, M	H	HF
Piper amalago L. *Cordoncillo*	M	H	HF
Guazuma ulmifolia Lam. Cuaulote	M	Fr	HF, C
Vitex mollis Kunth Cuayotomate	M	H	C
Portulaca oleracea L. Verdolaga	A	Toda la planta	HF, M
Musa paradisiaca L. Plátano	A	Fr	HF

La biodiversidad de plantas presente en el lugar de estudio motivó al grupo de mujeres participantes, para darle continuidad a las actividades realizadas durante los talleres. Las facilidades que tendrán para disponer de su botiquín, como se observa en la Figura 1, les beneficia de forma práctica y gratificante. Resulta oportuno atender las necesidades de salud familiar con los preparados galénicos. La gran ventaja de éstos es que se tienen disponibles siempre, aún cuando la planta no está presente en el medio natural, esta forma de preparación permite conservar los preparados por largos periodos de tiempo. Por otro lado, disfrutar de una hierba fresca de su hortaliza, aporta en la diversificación de la dieta, y también impacta positivamente en mejorar la nutrición.



Figura 1. Presentación del Botiquín elaborado por las participantes del taller.

Producto de la actividad 3 (Establecimiento de hortalizas para auto abasto) se pudo observar que se logró incrementar la diversificación de elementos disponibles para la alimentación de la familia por medio de los huertos familiares y, los participantes pudieron apreciar la creatividad de sus compañeros (Figura 2).



Figura 2. Cultivo de diversas especies aromáticas (a) y de plantas de chile (b).

El interés mostrado por los participantes, en lo que fue la muestra fotográfica (Figura 3) comprendida en la actividad 4, fue bastante enriquecedor entre el grupo y generó algunas ideas para implementar su propio huerto en casa.

Los talleres permitieron promover interés en las mujeres, sobre un cambio de actitud frente al uso de los recursos locales.



Figura 3. Recorrido en la galería fotográfica de los huertos familiares de acuerdo a la actividad 4.

Trabajo a futuro

Para contribuir a los vacíos en la investigación sobre trabajo comunitario, interesa profundizar en los procesos culturales y sociales que ahí se gestionan, como un acercamiento para entender la compleja red que en las comunidades existe. Es fundamental abrir las propuestas a otras áreas del conocimiento como la antropología, la pedagogía y la sociología, entre otras que nos permitan observar otros puntos de vista. De esta manera, los planteamientos sobre la conservación de la biodiversidad serán valorados y la población se apropiará de los proyectos, para darles continuidad y un efecto multiplicador. De esta manera los supuestos contarán con mayores posibilidades, la función de las plantas alimentarias y medicinales silvestres, podrán ser observadas en la vida diaria de los pobladores.

Es necesario recalcar que los proyectos consideren el conocimiento tradicional local, e incluirlo en las estrategias educativas comunitarias, para que éstas sean exitosas.

Conclusiones

Los diálogos durante los talleres sobre de la disponibilidad de los recursos florísticos, generaron reflexión sobre cuáles estrategias se pueden emplear para contar con dichos recursos. Se dieron cuenta del valor que tiene el huerto familiar, dada su función como sistema productivo que provee de forma práctica y accesible una gran cantidad de productos alimenticios y medicinales, y que pueden aportar beneficios incluso en la economía familiar. En este sentido, la presencia de hortalizas se convierte en un componente fundamental que contribuye de manera importante en los hogares. Esta investigación aporta elementos de base para continuar analizando con mayor profundidad en términos de lo que la gente cree, conoce y hace sobre estos recursos en su comunidad, es decir, en su conocimiento tradicional local. Las estrategias educativas implementadas con el grupo favorecieron la promoción del valor de uso que tiene la flora local. Los adultos deben tomar conciencia de la realidad social en que están inmersos y descubrir la necesidad de participación en la transformación de su entorno.

Agradecimientos

A la comunidad de Tilzapotla, Morelos, particularmente a todos y todas quienes aceptaron colaborar en este proyecto.
Al Centro de Investigación en Biodiversidad y Conservación (CIByC-UAEM).
A la Comisión Nacional Forestal (CONAFOR)

Referencias

[1] S. Pilgrim, D. Smith, and J. Pretty, “A cross-regional assessment of the factors affecting ecoliteracy: Implications for policy and practice,” *Ecological Applications, vol.* 17, no.6, pp. 1742-1751. 2007.
[2] J. Pretty, B. Adams, F. Berkes, S. Athayde, N. Dudley, E. Hunn, L. Maffi, K. Milton, D. Rapport, P. Robbins, E. Sterling, S. Stolton, A.Tsing, E. Vintinnerk, and S. Pilgrim, “The Intersections of Biological Diversity and Cultural Diversity: Towards Integration”, *Conservation & Society,* vol. 7 no. 2, pp.100-12. 2009.
[3] F. Berkes, *Sacred Ecology*, 2nd, Edition. Routledge, New York., USA, pp. 313, 2008.

[4] A. Camou-Guerrero, A. Casas, A. Moreno-Calles, J. Aguilera-Lara, D. Garrido-Rojas, S. Rangel-Landa, I. Torres, E. Pérez-Negrón, L. Solís, J. Blancas, S. Guillén, F. Parra, y E. Rivera-Lozoya, "*Ethnobotany in Mexico: History, Development, and Perspectives"* En: R., Lira, A., Casas y J., Blancas (eds.). *Ethnobotany of Mexico: Interactions of People and Plants in Mesoamerica*. Springer, New York, EE.UU. pp. 21-36. 2016.

[5] T. Groves, "Paulo Freire La educación de adultos y la renovación pedagógica (1970-1983)," *Tendencias pedagógicas*, no. 27, pp.161-176. 2016.

[6] V. Toledo, P. Alarcón-Chaires, P. Moguel, M. Olivo, A. Cabrera, E. Leyequien, A. Rodríguez-Aldabe, " El Atlas Etnoecológico de México y Centroamérica: Fundamentos, Métodos y Resultados, *Etnoecológica,* vol. 6, no. 8, pp. 7-41, 2001.

[7] A. Caballero y L. Cortés, "Percepción, uso y manejo tradicional de los recursos vegetales en México," Universidad Autónoma Metropolita, Secretaría del Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca, pp. 79-100, 2001.

[8] A. Argueta, "Atlas de las Plantas de la Medicina Tradicional Mexicana**,"** Tomo I, II y III. Instituto Nacional Indigenista, México, 1994.

[9] A. Ortiz-Sánchez, C. Monroy-Ortiz, A. Romero-Manzanares, M. Luna-Cavazos Mario and P. Castillo-España, "Multipurpose functions of home gardens for family subsistence," *Botanical Science*, vol. 93, no. 4, pp. 791-806, 2015.

[10] C. Mapes and F. Basurto, "Biodiversity and Edible Plants of Mexico," En: R., Lira, A., Casas y J., Blancas (eds.). *Ethnobotany of Mexico: Interactions of People and Plants in Mesoamerica*. Springer, New York, EE.UU, pp. 21-36. 2016.

[11] A. Saynes-Vásquez, H. Vibrans, F. Vergara-Silva, and J. Caballero, "Intracultural Differences in Local Botanical Knowledge and Knowledge Loss among the Mexican Isthmus Zapotecs**,"** *PloS One, vol.* 11 no. 3, 2016.

[12] B. Martínez, "Microdosis: Medicina para un nuevo milenio," Universidad Autónoma del Estado de Zacatecas, 2000.

[13] B.González, F. y A. Claro, "El potencial Educativo de la fotografía Cuaderno Pedagógico," Consejo Nacional de la Cultura y las Artes, Santiago de Chile, pp. 132, 2015.

[14] M. Vallejo, A. Casas, E. Pérez-Negrón, A. Moreno-Calles, A. Hernández-Ordoñez, O. Tellez, P. Dávila, "Agroforestry systems of the lowland alluvial valleys of the Tehuacan-Cuicatlan Biosphere Reserve: an evaluation of their biocultural capacity"**,** *Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine,* vol. 11, no. 8, pp. 1-18. 2015.

Diseño de AppNaku (Aplicación móvil de aprendizaje y enseñanza de la lengua Tutunaku)

E. Santiago Fuentes[1], E. Pérez Cruz[1], M. Cruz Luna[1]*, B. A. González Martínez[1], S. Cruz Luna[1],
[1]Departamento de Ingeniería Informática, Instituto Tecnológico Superior de Huachinango, Avenida Tecnológico No 80, 5 de octubre, C.P. 73173, Huauchinango Puebla, México
**k16313027@huauchinango.tecnm.mx*

***Área de participación**: Investigación Educativa*

Resumen

Existe una lengua de la derivación del náhuatl que actualmente ha ido disminuyendo debido a su poca pronunciación e implementación en los sectores interculturales de la sierra norte de Puebla y de algunas regiones del país; se trata de la lengua Tutunaku [6]. Para contribuir en su fortalecimiento, se presenta en el diseño mockup de una aplicación Android para el aprendizaje y enseñanza de la lengua Tutunaku, conformado por distintos módulos basados en tests, lecciones y procedimientos cortos y gratuitos al usuario, a la vez que estimula el avance de los niveles de la app mediante un plan de enseñanza de fácil acceso para su uso como medio y/o herramienta dentro de los sectores educativos indígenas e interculturales, sirviendo además para la apertura de medios turísticos en la sierra norte de Puebla y el rescate de uno de las lenguas más importantes de la riqueza cultural de México

***Palabras clave**: Interactividad, Diseño UX, Aplicación Educativa, Lenguas.*

Abstract

There is a language derived from Nahuatl that currently has been decreasing due to its poor pronunciation and implementation in the intercultural sectors of the northern highlands of Puebla and some regions of the country; it is the Tutunaku language [6]. To contribute to its strengthening, it is presented in the mockup design of an Android application for the learning and teaching of the Tutunaku dialect, made up of different modules based on tests, lessons and short and free procedures for the user, while stimulating the advancement of the levels of the app through an easily accessible teaching plan for use as a means and / or tool within the indigenous and intercultural educational sectors, also serving for the opening of tourist media in the northern sierra of Puebla and the rescue of one of the most important dialects of the cultural wealth of Mexico

***Key words**: Interactivity, UX Design, Educational Application, Languages.*

Introducción

El constante aumento del número de aplicaciones móviles de aprendizaje de lenguas, m-learning, así como la ausencia de estudios a gran escala al respecto, plantea cuestiones sobre su efectividad en el aprendizaje de aspectos gramaticales concretos [1], este proceso también se le denomina digitalización en el cual se encuentra inmerso nuestra sociedad actual, dando lugar a la aparición de aplicaciones para dispositivos móviles de muy diversa índole [4]. Dentro del ámbito educativo, el aprendizaje de idiomas ha visto surgir un sinfín de plataformas en los últimos años. Sin embargo, el número de aplicaciones móviles, denominadas en ingles *Mobile-learning o m-learning* para el aprendizaje de lenguas considera un avance interesante. Ante ello es importante plantearse que es lo que ofrecen estas aplicaciones que no ofrezcan los métodos de aprendizaje tradicionales [3].

En contraste a estas cuestiones, se consideró un caso especial en la sierra norte de Puebla, donde el modelo de enseñanza tradicional se sigue reflejando dentro de las aulas bilingües de nivel preescolar, primaria, secundaria y nivel medio superior con lapsos didácticos repetitivos [2]. El desarrollo de este proyecto conlleva a crear y designar una metodología de enseñanza interactiva mediante software didáctico para el aprendizaje de un idioma de raíces indígenas mexicanas: Tutunaku (tutu- tres, naku – corazón = "tres corazones") [5]. Por tanto, se consideró una evaluación de plataformas existentes que denotan una función similar orientados a ofrecer capsulas didácticas repetitivas basadas en cursos, algunos de ellos generando o promoviendo cierto grado de competencia entre sus usuarios [8]. En el proceso de diseño es importante abarcar determinantes y pronombres en base a la frecuencia del uso del idioma, así como abrir un enfoque al contenido didáctico basado en contenido multimedia y estructurado pedagógicamente (Gramática, Léxico, Sintaxis, Pronunciación) [2]. De tal manera que, si se enfoca al usuario en común, un niño desde los 4 años con manejo de algún dispositivo móvil o tableta electrónica podría aprender una lengua indígena o fortalecer su conocimiento en él, de la misma manera, el docente, el practicante y todo sector social y económico que así lo requiera.

Metodología

De acuerdo con Jesse James Garret y su modelo "Los elementos de la Experiencia de Usuario (The Elements of User Experience)", se tiene que la experiencia de usuario es la suma de todos los productos, pero en especial referencia a un sitio web, donde se dispone de poco tiempo y no se tienen de instrucciones especificas de uso, es decir el usuario es quien define sus propias instrucciones con base a su experiencia de navegación, por lo que tales sitios deben de proveer la estructura propia de facilidad en la indexación de información o datos[11].

La metodología utilizada para el diseño de la aplicación móvil se basa a partir de la implementación de los 5 niveles de Jesse James Garret para la construcción de un diseño final con los aspectos útiles e importantes de la usabilidad y experiencia de usuario en el marco referencial de aplicaciones móviles y web [10].

Esta metodología se fundamenta en la experiencia del usuario y el pensamiento de diseño (design thinking), como un modelaje orientado a la usabilidad de software educativo y las metodologías agiles [9].

Planos de Jesse James Garrett (Los planos de la usabilidad y la experiencia de usuario).

1.- **Plano de estrategia:** En este plano se desarrolló la investigación y las necesidades de la aplicación (historia del Tutunaku, objetivos finales, justificación y problemática), un pre de los requerimientos de la aplicación móvil, así como los datos necesarios para orientar la finalidad de nuestra aplicación AppNaku**.**

2.- **Plano de alcance:** En el plano de alcance se investigó, analizó y desarrolló todo lo relacionado a los requerimientos de software (funcionales, no funcionales, técnicos y de contenido), los casos de uso de la aplicación, la arquitectura UX/UI (tramo de interacción entre el usuario y el sistema), el diseño de usuarios, de personas, escenarios y un estudio de aplicaciones de aprendizaje y enseñanza bajo tecnología móvil existentes.

3.- **Plano de estructura:** La estructura conlleva en desarrollar toda la arquitectura de los datos, el establecer el orden de consulta de información en cada pantalla, así como un mapa de sitio con los elementos que integrarán cada una de las pantallas de la aplicación y la técnica CardSorting para el ordenamiento y secuencia de pantallas a través de tarjetas.

4.- **Plano de esqueleto:** En este plano a partir de los datos extraídos de los planos anteriores se construyó un wireframe (diseño a lápiz y papel) de baja y alta calidad, para observar el comportamiento que tendrá la aplicación una vez que llegue a manos de los usuarios finales, de

igual forma se estudió la tipografía, la lógica de contenido, dinámica de aprendizaje basada en módulos de competencias, paleta de colores y análisis del software para maquetación.

5.- **Plano de Superficie:** Se realizaron las interfaces finales sobre una plantilla de Android de 1080 x 720 pixeles, 390 ppi de densidad de colores con elementos propios del denominado “material design” que incluye iconos, ilustraciones, transiciones, etc. Además de ocupar las IDEs de diseño, propios de Adobe XD, Justin Mind Prototyper y Photoshop para la obtención del prototipo final.

Especificación de requerimientos de software para el diseño de AppNaku

En la Tabla 1. Se pueden ver especificaciones para el diseño de AppNaku.

Tabla 1 Especificación de requerimientos de software para el análisis y modelado de la arquitectura Front end y Back end en el diseño de AppNaku.

Requerimiento	No.	Nombre	Características	Prioridad
R. Funcional	RF1	Autentificación de usuario	Los usuarios deberán identificarse para acceder a cualquier parte de la aplicación como medida de acceso	Alta
	RF2	Consulta de datos	Los usuarios podrán acceder a los elementos de interacción con la aplicación para su consulta como parte de las interfaces	Alta
	RF3	Gestión de elementos virtuales	El administrador podrá determinar el tipo de elementos virtuales de fácil acceso.	Alta
	RF4	Actualización de datos didácticos	El administrador debe de mantener una actualización, así como un mantenimiento de las tendencias en la usabilidad de la aplicación	Alta
	RF5	Integración de componentes	Integración de servicios útiles con sesión y gestión de datos	Alta
	RF6	Actualizaciones de sistemas	Actualización y mejora a través del testeo de la aplicación en la plataforma PlayStore y correo electrónico	Alta
	RF7	Notificaciones	Los usuarios podrán recibir de notificaciones de avance, perdida, o nuevos restos dentro de la aplicación	Alta
	RF8	Comparación de datos de progreso	Establecer un ranking de competencia dentro de las sesiones con los puntajes más altos	Alta
	RF9	Compras integradas	Los usuarios podrán realizar compras de elementos para subir de nivel dentro de la plataforma	Alta

Comparativa de aplicaciones móviles existentes

Lo que se busca con el estudio de estas aplicaciones es obtener una noción más del diseño de AppNaku (Aplicación para el aprendizaje y enseñanza de la lengua Tutunaku), que implementara un esquema semántico de datos para su visualización interactiva misma con el usuario, de manera que pueda aprender una lengua más en poco tiempo y al mismo tiempo conservar la practica nativa en su contexto, como resultado se puede ver la tabla 2. La investigación se sustenta en uno de sus primeros ejes: el análisis de aplicaciones m-learning disponibles para tecnología móvil, con el fin de establecer comparaciones entre cada una de ellas [7].

 ISSN 2007-8102

Tabla 2 Comparativa de aplicaciones móviles de objetivo similar, tomando en cuenta los parámetros de la valoración de los usuarios, el costo por descarga y el tipo de conexión que facilite el acceso al contenido además de la plataforma móvil disponible.

Nombre App	Tamaño	Plataforma	Valoración	Versión	Precio	Conexión
Duolingo	141 MB	Android y IOS	4.7 Estrellas	4.37.1	Gratis con compras integradas	Online y Offline
Babbel	66 MB	Android y IOS	4.5 Estrellas	20.36	Gratis con compras integradas	Online y Offline
Yalam	35 MB	Android	4.5 Estrellas	1.3	Gratis	Offline
Vamos a Aprender Nahuatl	93 MB	Android	4.5 Estrellas	1.2	Gratis	Offline
ZapotecApp	9.1 MB	Android	4.5 Estrellas	2.0	Gratis	Offline
DidXaZapp	3.2 MB	Android	4.2 Estrellas	14.0	Gratis	Online
Totonaco de Papantla (Biblia)	10.72 MB	Android	4.5 Estrellas	6.0.2	Gratis	Offline
Cuentos en Nuestra Lengua Vol. 1 y 2	61.58 MB	Android	5.0 Estrellas	1.4	Gratis	Offline

Usuarios y Escenarios

Se realizo el estudio de cada uno de los perfíles de usuarios que harán uso de la aplicación movil, tomando en cuenta detalles propios como ocupaciones, el manejo de un dispositivo movil, tipo de material que regularmente usan y su perfil laboral a la que pertenecen, como se ve en la figura 1. En los escenarios se realizó el estudio aplicando las actividades principales de ejecutan los usuarios finales como una situacion que ellos enfrentan de manera real para determinar si la aplicación cumple con cada una de sus necesidades y si obtiene algún beneficio adicional con el uso de la aplicación, un ejemplo de ello en la figura 2. .

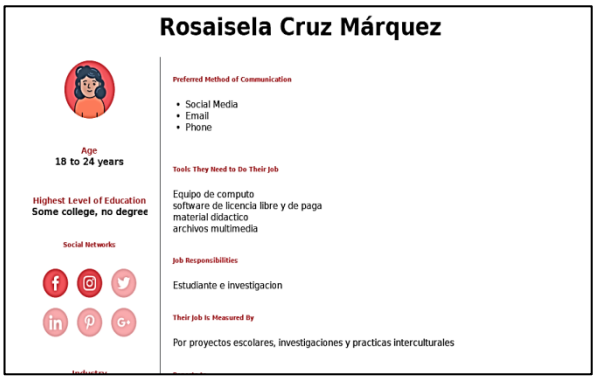


Figura 1 Definición de posibles usuarios que accedan al uso de la aplicación a partir del análisis de los requerimientos contenidos.



Figura 2 Modelo de Escenario en donde se tendrá un impacto de uso para la aplicación, así como las principales ventajas de uso por parte de cada

Resultados y discusión

Interfaces de acceso y registro de usuarios: como se observa en las figuras 3 y 4, la aplicación una vez ejecutada tendrá un acceso rápido mediante credenciales de acceso manuales, validadas con redes sociales y como invitado en todo caso que el usuario omita las opciones anteriores. En la figura 5 y 6 se consideran los módulos y lecciones que se incluirán en AppNaku.

 ISSN 2007-8102

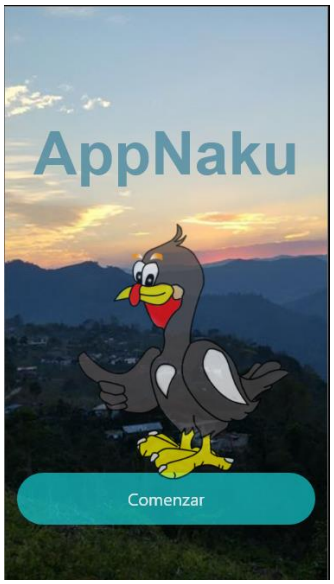


Figura 3 Diseño de interfaz para acceso rápido a la aplicación con fondo de la región de la Sierra Norte de Puebla

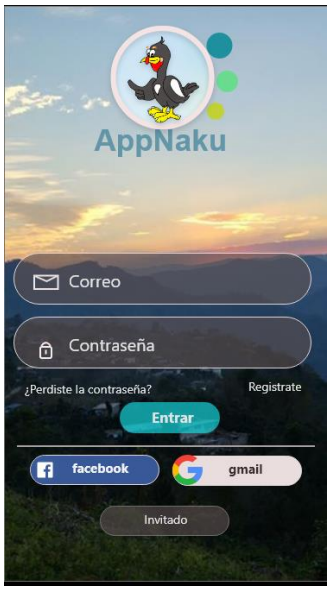


Figura 4 Diseño de interfaz para sección de registro mediante usuario y contraseña, con redes sociales e invitado.

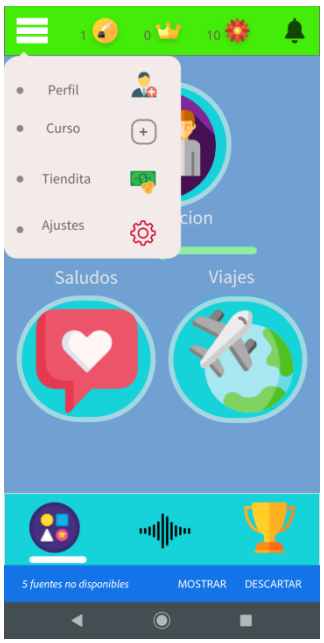


Figura 5 Diseño de interfaz home con los módulos y lecciones que se incluirán en AppNaku



Figura 6 Diseño de interfaz del submenú con los accesos principales al usuario

Apartado de logros e invitación a nuevos usuarios: en la figura 7 y 8 se puede ver que la app tendrá un apartado llamativo para poder ver cada una de nuestras recompensas como parte de los

 ISSN 2007-8102

logros obtenidos, así como las opciones de invitación a nuevos usuarios para competir en el ranking de lecciones de la lengua Tutunaku, así mismo se demuestra el modo de las lecciones interactivas con las que contará la aplicación y que al completarlas el usuario pasará de nivel hasta completar cinco de ellos para pasar al siguiente módulo con nuevas lecciones.

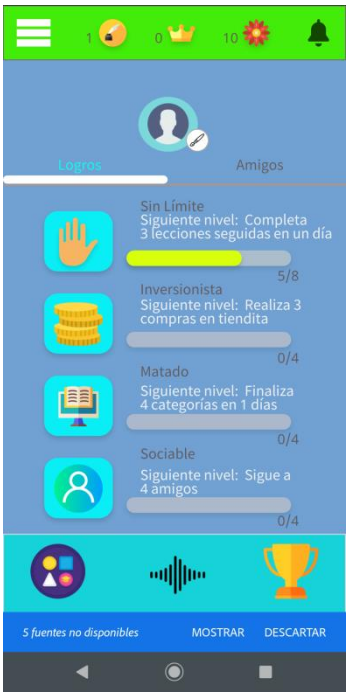


Figura 7 Diseño de interfaz de apartado de logros del usuario conforme avanza en cada una de las lecciones de la aplicación.

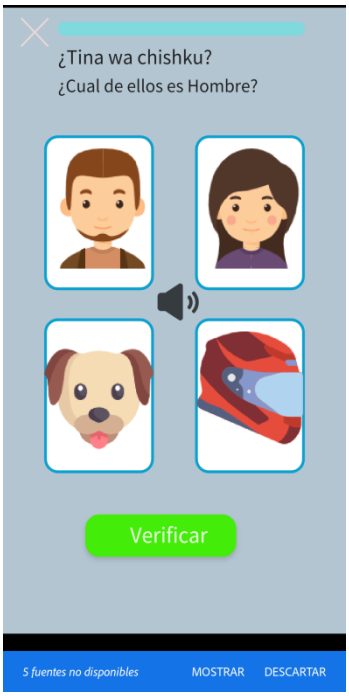


Figura 8 Diseño de interfaz de un ejemplo de lección, conforme se responde la barra de progreso avanza a un ejemplo de la lección distinta.

Trabajo a futuro

La finalidad de este proyecto aún contempla su construcción a partir de la codificación, la inserción de una base de datos, la implementación y sobre todo el testeo, de donde partirá la evaluación final de los usuarios y así medir los resultados para un análisis en esquema de mejora mediante actualizaciones de software. Sin embargo, el desarrollo de la aplicación abrirá la posibilidad de realizar un seguimiento de investigación en nuevos métodos de aprendizaje y enseñanza sin la necesidad de contar con la presencia docente.

Conclusiones

El trabajo de desarrollo en el diseño de AppNaku, nos ha permitido introducirnos al entorno en conjunto de la usabilidad y le experiencia de usuario, mayor aun en la comprensión del tema del pensamiento del diseño (Design Thinking), evaluando las necesidades del usuario y así extraer el comportamiento de este sobre la aplicación, es decir la facilidad con la que nuestro usuario se mueve de principio a fin. La aplicación tendrá la finalidad de comportarse como un sistema bilingüe que refuerce el rescate de la escritura y la pronunciación de la lengua totonaca, ayudando tanto a

quienes tengan un poco de noción en el manejo de la lengua como a quienes no han tenido experiencia en ella.
AppNaku fortalece en gran manera el sector educativo como recurso digital ya que implementa una forma de aprendizaje cómoda, divertida y dinámica sin la necesidad de recurrir a tradicionales métodos enseñanza basados en el uso de lápiz y papel. Sin embargo, es vital darle importancia al desarrollo de la aplicación y que albergue un extenso campo de impacto, llegando a cientos de usuarios interesados en el rescate de nuestra lengua totonaca

Agradecimientos

Agradecemos la oportunidad que se nos brinda de poder publicar y mostrar un avance de este ambicioso proyecto, mismo que nos fortalece en la preservación de nuestras raíces indígenas y que se nos permita con ello llegar a muchos usuarios contando con la experiencia final de cada uno de ellos para la mejora de este proyecto. De la misma forma a nuestra casa de estudios el Instituto Tecnológico Superior de Huauchinango quien hace posible la gestión de este tipo de proyectos informáticos con miras a mejorar nuestro entorno natural, la preservación cultural y el desarrollo social y económico en el estado.
Agradecemos también a nuestras familias y amigos por ser parte esencial en la motivación para el desarrollo del presente trabajo y avances a futuro.

Referencias

[1] D. A. Martinez, «Efectividad de las Metodologias m-learning de Repeticion para el Aprendizaje del Nominativo y Acusativo Aleman,» *Master en Letras Digitales: Estudios Avanzados en Textualidades Electronicas,* pp. 4-15, 2017.

[2] O. J. L. Cruz Reyes, G. Contreras Vega y C. A. Ochoa Rivera, «Aplicaciones Eductaivas en Dispositivos Moviles, un Espacio para el Aprendizaje Autonomo,» *Universidad Veracruzana, Facultad de Estadistica e Informatica,* pp. 46-49, 2012.

[3] V. L. Chimarro Chipantiza, B. E. Mazon Olivo y J. J. Cartuche Calva, «La Usabilidad en el Desarrollo de Software,» *UTMACH Universidad Tecnica de Machala,* pp. 14 - 16, 2015.

[4] L. Kortabitarte, I. Gillate, U. Luna y A. Ibañez - Etxeberria, «Las Aplicaiones Moviles como Recursos de Apoyo en el Aula de Ciencias Sociales: Estudio Exploratorio con el App "Architecture Gothique/Romane" en Educacion Secundaria,» *Facultad de Educacion de Albacete,* pp. 67-68, 2018.

[5] J. L. Melgarejo Vivanco, Los Totonaca y su Cultura, Xalapa, Veracruz, Mexico: UV (Universidad Veracruzana), 1985.

[6] E. Masferrer Kan, Totonacos, Mexico, DF.: PNUD (Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo), 2004.

[7] R. A. Garita Araya, «Tecnologia Movil: Desarrollo de Sistemas y Aplicaciones para las Unidades de Informacion,» *Revista e-Ciencias de la Informacion, vol.3. num 2,* pp. 1-14, Julio-Diciembre, 2013.

[8] J. Barbero Andres, A. Mestro Guemes, C. Pitcairn Alvarez y A. Saiz Cuesta, «Las Competencias Basicas en el Area de Lenguas Extranjeras,» *CUADERNOS DE EDUCACION,* pp. 10-11, 2008.

[9] UNED, «Estilos de Aprendizaje y Metodos de Enseñanza,» *Estilos de Aprendizaje. Escuela y*

Posmodernidad. Una Nueva Escuela para una Sociedad en Cambio, pp. 10-54, 2012.

[10] J. James Garret, «Un Vocabulario Visual para Describir Arquitectura de Informacion y Diseño de Interaccion,» *Jj.net,* pp. 2-4, 6 de Marzo del 2002.

[11] G. M. Martinez de la Treja, «Usabilidad y Accesibilidad en Web,» *Semac,* pp. 10-14, 2011.

El acceso a la cultura para las personas indígenas con discapacidad, una revisión de la literatura.

M. Martínez Atanacio[1] Y J. A. Castillo Hernández[2]
[1] Educación Especial Estatal, Secretaria de Educación de Veracruz, Carretera Federal Xalapa-Veracruz, Col. SAHOP, C.P. 91190, Xalapa, Enríquez.
Correo:atanaciomari90@gmail.com

[2] Departamento de Educación, Universidad Americana de Europa, Av. Bonampak, Sm. 6, Mz. 1, Lt. 1, 77500, Cancún, Quintana Roo. México. Correo electrónico:
joseandres.castillo@aulagrupo.es

***Área de participación**: Investigación educativa*

Resumen

En este artículo se analiza literatura sobre el acceso a la cultura en personas indígenas con discapacidad, específicamente artículos y estudios publicados entre 2016 y 2019 de manera nacional e internacional. Se trata de identificar los elementos culturales que pueden acceder los individuos que presentan discapacidad. Inicialmente se contextualiza la población indígena con discapacidad, los elementos culturales, se explica la orientación metodológica que dirigió la revisión bibliográfica, se presenta literatura consultada analizando los elementos: objetivos, población, contexto y la metodología implicada.

Ha sido objeto de estudio de numerosas investigaciones desde hace más dos décadas en el contexto internacional y nacional, centrándose su aplicación en contextos urbanos, evidenciando un análisis de la cultura desde espacios materiales. Lo cual muestra la ausencia de investigaciones que aborden el acceso a la cultura en personas con discapacidad de pueblos indígenas.
***Palabras clave**: cultura, indígena y discapacidad.*

Abstract

This article analyzes literature on access to culture in indigenous people with disabilities, specifically and studies published between 2016 and 2019 nationally and internationally. It is about identifying the cultural elements that are accessible to people with disabilities. Initially, the indigenous population with disabilities is contextualized, the cultural elements, the methodological orientation that led the bibliographic review is explained, the consulted literature is presented analyzing the elements: objectives, population, context and the methodology involved.

It has been the object of study of numerous investigations for more than two decades in the international and national context, focusing on its application in urban contexts, evidencing an analysis of culture from material spaces. Which shows the absence of research that addresses access to culture in people with disabilities in indigenous peoples.
***Key words**: culture, indigenous and disability.*

Introducción

"Según el Informe Mundial sobre la Discapacidad, publicado por la Organización Mundial de la Salud y el Banco Mundial en 2011", [1] "se estima que el 15% de la población mundial tiene alguna discapacidad, aplicando esta proporción a la cifra estimada de 360 millones de personas indígenas, el número de personas indígenas con discapacidad es de alrededor de 54 millones". Donde se señala que

> muy pocos países disponen de estadística sobre las personas indígenas con discapacidad. En América Latina, las estadísticas de que se dispone sobre siete países (Brasil, Colombia, Costa Rica, Ecuador, México, Panamá y Uruguay) muestran que la tasa de discapacidad es mayor entre las personas indígenas que entre el resto de la población.[1].

Los datos nacionales mencionan que de acuerdo con “los resultados de la ENADID 2018, de las personas de 5 años o más que habitan en el país, 7.7 millones tienen discapacidad” [2, p. 1]. Los individuos experimentan múltiples obstáculos que permiten el disfrute de sus derechos, se enfrentan a una sociedad la cual ha llegado a denominarlos especiales, angelitos, enfermos; con ello minimizando su valor, tratándolos como niñas o niños eternos, limitando la creación de una vida independientes, obstaculizando y privándolos de sus derechos. Sin embargo, existen movimientos de personas con y sin discapacidad que lucha por mejorar y garantizar su participación en diversas esferas de la sociedad.

La esfera que este estudio aborda es la cultural, considerando que es un término polisémico. Parto de la idea que señala Barañano [3] “cultura es un conjunto de recursos y atributos, modos de vivir, sentir y pensar, información que recibimos del pasado por herencia, que los individuos y grupos poseen, tienen en común, comparten, con los que viven, y que modifican durante su vida y vuelven a transmitir a las generaciones futuras con los cambios introducidos y que las personas son los protagonistas, la cultura se centra y alude a las personas”, hace alusión a formas de vida, sentir, pensar, que se recibe como herencia y la cual se transmite a las nuevas generaciones.

El eje rector es partir de nuestro contexto como investigadores, recordando que México se caracteriza por ser un país multicultural y pluriétnico, sustentado en los pueblos indígenas originarios de una tierra, con costumbres, lenguas y culturas propias. Los cuales luchan por la conservación y preservación de su lengua, tradiciones, costumbres, gastronomía, ideologías, vestido, folklor, artesanías, cosmovisión, entre otros.

Como lo señala la Dirección General de Culturas Populares, Indígenas y Urbanas la diversidad cultural de México

> se sustenta en la identidad de los grupos sociales, comunidades y pueblos que existen desde hace mucho tiempo y mantienen vivo su patrimonio cultural inmaterial en sus formas de hablar, vestir, cocinar, celebrar, honrar a sus muertos, curar, ofrendar, orar, enseñar, relacionarse entre ellos, con la naturaleza y el universo [4].

Por otro lado, menciona que los niños indígenas con discapacidad “han recibido poca atención en la investigación académica y políticas de desarrollo. Sin embargo, enfrentan discriminación en muchos niveles”, basada en etnia, edad, capacidad y género, lo que a menudo conduce a graves violaciones de los derechos humanos. Señalando al derecho a la cultura como uno de los derechos relevantes para la infancia indígena con discapacidad [5, pp. 1-7].

Metodología

Se han identificado diferentes métodos empleados para investigar el tema del acceso cultural en las personas con discapacidad, por ejemplo, [6] el cual es de carácter exploratorio y cualitativo, estudio que describe el teatro realizado en México por personas con ceguera y personas Sordas.

Por otro lado [7], empleo el enfoque metodológico cualitativo-cuantitativo, utilizando la técnica de la encuesta, a través de los cuales obtuvieron datos numéricos y respuestas que justificaron dichos datos. En el diseño metodológico se muestra un diagrama de la información para dar a conocer el instrumento de recolección de la información, en el cual se conto con la participación de instituciones relacionadas con personas con discapacidad visual y auditiva; la recolección de la información se obtiene a distancia consultando algunos espacios culturales. El análisis de los datos se realizó por procesadores digitales, se categorizan la información, y se diseñaron los siguientes temas: a) ingreso al inmueble, acceso a la información, uso de la web y redes sociales, y b) en su interior, características de las infraestructuras, acceso al contenido cultural del equipamiento, formación del personal que labora y la participación de los individuos con limitaciones sensoriales. [7, p. 24].

La presente investigación se enmarca en el paradigma cualitativo con un enfoque exploratorio, con un alcance descriptivo, sin embargo, aun esta en proceso de análisis de los resultado; por lo que en este momento solo se ha realizado la fase de: “revisión de las bases de datos para seleccionar

artículos y tesis de investigación" actuales y aquellas propuestas que sirvan como teoría principal, así como el "desarrollo de una plantilla de revisión analítica, que sirva para documentar y describir los temas y las cualidades de la investigación en torno al objeto de estudio"[7].

Específicamente en este articulo se propone analizar el aporte de artículos de investigación y tesis publicados entre 2016 y 2019, que aporten a la conceptualización sobre el acceso a la cultura en las personas indígenas con discapacidad. Con relación a la pregunta que orienta la indagación de este documento es: ¿Cuáles son las tendencias de investigación en torno al acceso a la cultura en personas indígenas con discapacidad?

Nivel teórico

La UNESCO [8] "define el concepto de cultura como conjunto distintivo de una sociedad o grupo social en el plano espiritual, material, intelectual y emocional comprendiendo el arte y literatura, los estilos de vida, los modos de vida común, los sistemas de valores, las tradiciones y creencias", (citado en [8, p. 10]. Por otro lado, Maraña [9] "señala, que la cultura es "la que ofrece el contexto, los valores, la subjetividad, las actitudes y las aptitudes sobre las que los procesos de desarrollo han de tener lugar".

Los elementos culturales se dividen en materiales e inmateriales, en este documento nos adentraremos a la información no material, las cuales surgen de una cultura por medio de:

> saberes (conocimientos y modos de hacer comunidades), celebraciones (rituales espirituales, festividades, prácticas de la vida social), formas de expresión (manifestaciones literarias, musicales, plásticas, escénicas, lúdicas, entre otras) y lugares (mercados, ferias, santuarios, plazas y demás espacios donde tienen lugar prácticas culturales [8, p. 13].

En la cultura inmaterial la transmisión de manera oral de generación en generación, cobra mayor relevancia porque es una de las maneras más prácticas y que a través de la interacción de vida cotidiana se proporciona en las comunidades, brindando a la población un sentido de pertenencia e identidad. En la siguiente tabla número 1 se muestra cómo se clasifican los datos culturales materiales e inmateriales.

Tabla 1. Identificación de los patrimonios culturales. Fuente: [8, p. 14].

PATRIMONIO			
CULTURA			NATURAL
Materiales		Inmateriales	
Muebles	Inmuebles		
-Manuscritos -Documentos -Fotografías -Artesanías -Grabaciones -Vídeos -Bienes Históricos	-Monumentos o sitios arqueológicos -Edificios de valor arquitectónico -Monumentos públicos o artísticos -Centros industriales -Obras de ingeniería -Otros	-Mitos -Canciones -Tradiciones -Leyendas -Otros	-Monumentos naturales -Formaciones geológicas o fisiográficas -Zonas de hábitat de animales o especies vegetales -Parques naturales y zonas de conservación -Colecciones y especímenes que vienen del entorno natural

Revisión de la literatura existente

Se encontraron artículos que abordan el tema sobre el acceso a la cultura en personas con discapacidad, el trabajo [10] así como el que desarrollaron [11], constituyen un antecedente relevante para la presente investigación específicamente muestra las experiencias, iniciativas y publicaciones sobre el acceso a la cultura en las personas con discapacidad (en el contexto Español especialmente), muestran el acceso a la cultura como una oportunidad para favorecer la inclusión. [12] se centró en inclusión social desde el teatro, Los autores [13] con el análisis de la "comunicación sobre accesibilidad en recintos culturales (museos y teatros)" en específico en Madrid.

El análisis que realizo [14] sobre este tema, permitió “analizar si los museos: Museo Nacional de Antropología, Museo Nacional de Historia Castillo de Chapultepec y los museos: Museo del Palacio de Bellas Artes, Museo Nacional de San Carlos cuentan con las características para promover un espacio incluyente para personas con discapacidad visual”. Se desarrolló a “partir de dos categorías: desde el museo y desde los participantes, en ambas categorías se explorará la experiencia que promueve el museo, ya sea de forma explícita o implícita”, considerando cuatro subcategorías en común: la accesibilidad”, aprendizaje, material/ estrategia y personal. muestra detalladamente la descripción del análisis de los datos desde un “cuadro comparativo entre códigos, comentarios de los visitantes, la información de las entrevistas y los datos recabados a partir de las observaciones, el análisis se presenta por museo, al ser contextos distintos que se ven alterados por factores y avances en diferentes grados, para llegar al análisis”.

Con relación a las personas indígenas con discapacidad en el 2016, se presentó el “Primer Estudio sobre el Marco de Protección de los Derechos de las Personas Indígenas con Discapacidad [15] en México, su cobertura fue en las regiones norte, centro y sur del territorio nacional, en los Estados de Chihuahua, Hidalgo y Yucatán”, de las culturas Rarámuri, Otomí y Maya. la metodología empleada fue la “investigación social y científica de carácter documental y cualitativo, se realizó a un nivel exploratorio, la muestra se realizó de manera probabilística e internacional dirigido a través de un muestreo sobre sujetos voluntarios”. La investigación se aplicó con 22 personas entre ellas; 7 con discapacidad auditiva, 11 con discapacidad física, 7 con discapacidad intelectual, 3 con discapacidad visual y 8 con dos o más tipos de deficiencias.

El estudio menciona que en “México la información estadística de las personas indígenas con discapacidad aún es insuficiente”, sin embargo, señala un importante esfuerzo de visibilizar este grupo de la población [15, p. 83], el estudio identifica que el:

> acceso a la información es insuficiente en las comunidades visitadas. Se perciben retos en cuanto a materiales en lenguas indígenas, así como la utilización de las tecnologías de la información por las personas con discapacidad. El reto es que los esfuerzos que se hagan en este sentido se realicen con perspectiva cultural y con un diagnóstico previo que permita el diálogo intercultural y aprovechar las oportunidades que se planteen.[15].

Señala que es evidente la necesidad de “capacitar y empoderar a las personas con discapacidad para que conozcan y los hagan exigibles” sus derechos. Así como informar a las comunidades porque existe desconocimiento y por ende no los respetan. Recalca que se “observó que las personas con discapacidad continúan siendo un grupo invisibilizado “y en las comunidades incluidas en este estudio no existen programas o acciones específicos destinados a mejorar el ejercicio de sus derechos. Esta situación evidencia la discriminación estructural a que se enfrentan” [15]. Por otro lado, menciona “puede darse el mismo caso con las diferentes culturas indígenas del país, lo que debe ser objeto de futuras investigaciones y estudios… cada comunidad, con sus condiciones culturales específicas, requiere de un análisis a partir de su propia cultura y sobre la construcción social acerca de cómo se aborda la discapacidad” [15, p. 151].

[16], presenta un estudio acerca de “¿cómo ejercen los derechos culturales las personas con discapacidad? Hace una reflexión sobre la aplicación de los derechos culturales y las personas con discapacidad, estudió el acceso a la cultura en las personas con limitaciones sensorial con relación a los equipamientos culturales públicos” en una población de España. El análisis implico el estudio de 77 equipamientos culturales, señala la ausencia de servicios de accesibilidad en porcentajes, por ejemplo, la ausencia de bibliografía en braille, acceso de perro guía, formato de lectura fácil, entre otros. Señala datos que “evidencian el “incumplimiento de la legislación vigente y que los derechos culturales y los derechos de las personas con discapacidad quedan mermados” [16, p. 212]. Concluye que las “personas con discapacidad no pueden ejercer sus derechos culturales, en condiciones de igualdad como todos los ciudadanos, implemento de este conlleva la discriminación” [16, p.218].

[17] en su investigación “La construcción del derecho a la cultura”, mencionan

> la apreciación del arte pictórico para las personas con discapacidad visual. Desarrollo una investigación cualitativa e propuso el desarrollo del material háptico y de audición para personas con discapacidad visual en los museos, éste se desarrolló a través del método de la observación participante, proceso de investigación, sustentado desde la normatividad del derecho al acceso de la cultura y el tiempo libre, caso particular del arte pictórico, se llevó a cabo una segunda fase metodológica, en la que se elaboraron los siguientes modelos háptico audibles. En la tercera fase, la restructuración del material estuvo dada en función de las anteriores observaciones definiendo que el material audible se integró por un texto descriptivo y música de época. Los participantes fueron personas con discapacidad visual integrantes del Comité Internacional Pro Ciegos de la Ciudad de México [17, pp. 17-18].

[7] indica que no hay suficiente sensibilización sobre las necesidades que enfrentan los individuos con limitación visual y auditiva, por un lado, la escasa de formación e información en este campo, por la despreocupación por la inclusión de las personas y sus derechos culturales. Las personas con discapacidad no cuentan con las mismas condiciones de acceso a la información como el resto de los visitantes. El objeto de estudio fue

> analizar si las personas con discapacidad visual y las personas con discapacidad auditiva tienen garantizado el acceso a los equipamientos culturales públicos de la Comunidad Autónoma de Aragón, así como a sus contenidos culturales, en igualdad de condiciones que el resto de la población. Y si pueden ejercer sus derechos reconocidos a la participación en la vida cultural como la Convención Internacional sobre los Derechos de las Personas con Discapacidad, entre otras, en consonancia con diferentes compromisos de España con la comunidad internacional. [7].

Se desarrollo desde un enfoque metodológico cuantitativo- cualitativo, con la técnica de la encuesta, la selección de los equipamientos considero tres provincias de Aragón: Huesca, Teruel y Zaragoza. En esta investigación identifica que la “mayoría de los equipamientos culturales de Aragón estudiados se revela que no disponen de los principios y servicios que faciliten el ejercicio del derecho a participar en la “vida cultural a las personas con discapacidad visual y a las personas con discapacidad” auditiva de acuerdo con sus derechos reconocidos” [7, p. 138]. Esta investigación se aplicó en los equipamientos culturales: “palacios de congresos, teatros / auditorios, centros de exposiciones, museos y centros de interpretación, bibliotecas, centros culturales / casa de cultura /centros cívicos, centros de formación artística / centros educativos para adultos, monumentos históricos” [7, p. 23]. Este estudio propone su réplica para otras comunidades y municipios para establecer una red de colaboración y cooperación dar a conocer las buenas y los puntos mejorables de cada equipamiento, lo cual es de gran importancia, pero tendríamos que valorar lo que sucede a nivel micro en localidades de un estado rico en cuestiones de diversidad culturales y lingüísticas como lo es México.

En México existe la responsable de los aspectos culturales [18] “como parte de sus actividades, para no dejar a nadie atrás y hacer valer el derecho a la cultura, se realizan diversas actividades enfocadas en la inclusión y reconocimiento de las personas con discapacidad”, acciones en el Centro Cultural Digital (CCD) con servicio de accesibilidad: audio descripciones “para quienes las necesiten y la entrada es libre. El Antiguo Colegio de San Ildefonso cuenta con ¡San Ildefonso para todos! El servicio de accesibilidad consiste en que cada visita cuenta con un intérprete en Lengua de Señas Mexicana (LSM); guías con información en Braille para la gente con discapacidad visual y materiales didácticos”. Y la Biblioteca Vasconcelos en esta el servicio de accesibilidad cuenta con un espacio donde se enseña la lengua de señas de nuestro país, lo cual garantiza el ingreso de las personas Sordas, de esta manera se atienden la demanda educativa y culturales, también, se realizan los talleres de LSM. “Sala Braille. Su objetivo es brindar atención a personas ciegas o débiles visuales, hay libros y audiolibros de diferentes temas, principalmente de literatura. Cuenta con impresoras Braille, escáneres que convierten el texto en audio, software parlante y herramientas que proporcionan información a quien tenga un problema visual” [18].

También existe una “Red de Museos y Espacios Culturales para la Atención de Personas con Discapacidad (PCD) [19], es un proyecto en el que participan más de 20 museos para crear una

cultura de inclusión de las PCD en los diversos ámbitos de la vida en sociedad y de manera simultánea fomentar los valores de respeto, convivencia y cooperación".

Resultados y discusión

El análisis de la información muestra que hay una diversidad de estudios en relación con los intereses de las investigaciones, identificando referencias de análisis en los elementos: a) objetivos, b) población, c) contexto de desarrollo y d) metodológico. En lo correspondiente a sus objetivos señalan: 1. analizar si los museos "cuentan con las características para promover un espacio incluyente para personas con discapacidad visual", 2. "analizar el marco específico de protección de los derechos de las personas indígenas con discapacidad, así como las políticas y acciones emprendidas por el Estado mexicano para su protección; además de reflejar la realidad que viven las personas con discapacidad", 3. análisis de los derechos que permiten el acceso a la cultura en los individuos con discapacidad, analiza la situación de accesibilidad cultural de los sujetos con limitaciones sensoriales" con relación a los equipamientos culturales públicos de una comunidad autónoma española, 4. analizar si las "personas con discapacidad visual y las personas con discapacidad auditiva tienen garantizado el acceso a los equipamientos culturales públicos de la Comunidad Autónoma de Aragón", así como a sus contenidos culturales, en igualdad de condiciones que el resto de la población. Con relación a la población de estudio: mayormente enfocados a la discapacidad visual, continuando la discapacidad auditiva y un caso considero a la discapacidad física e intelectual. Continuando con el contexto en el que se desarrolla, encontramos estudios desarrollados en España, en México en las capitales y en tres regiones (Rarámuri, Otomí y Maya) y finalmente la metodología empleada encontramos el dominio del enfoque cualitativo, método estudio de caso, observación participante, carácter documental, nivel exploratorio, las técnicas empleadas la entrevista y encuestas.

El acceso a la cultura en las personas con discapacidad está centrado en equipamientos como: "palacios de congresos, teatros / auditorios, centros de exposiciones, museos y centros de interpretación, bibliotecas, centros culturales / casa de cultura" /centros cívicos, centros de formación artística / centros educativos para adultos, monumentos históricos.

Es importante resaltar que los estudios identificados con relación a las personas indígenas con discapacidad y el acceso a la cultura, se centran en las últimas dos décadas en España con el desarrollado de investigaciones sobre los equipamientos culturales, por otro lado, en México centrado en escenarios teatrales y museos. Y para referir al elemento de personas indígenas únicamente encontramos el análisis de tres regiones indígenas en donde el derecho al acceso a la cultura no es considerado, sin embargo, es nuestro referente por visibilizar la realidad de las personas indígenas con discapacidad en México.

Trabajo a futuro

De acuerdo con lo anterior, es necesario el desarrollo de estudios en donde se analice el acceso a la cultura en personas indígenas con discapacidad, contextualizado a la cultura indígena de cada región de los países. Partir de un valor cultural desde lo material e inmaterial, puesto que las investigaciones realizadas se centran en los elementos materiales como solo los monumentos, edificios, obras. Omitiendo la riqueza cultural que radica en las tradiciones, costumbres, celebraciones, mitología, cosmovisión, todo lo que caracteriza una cultura indígena. Reconociendo que la cultura brinda identidad a la población, las personas indígenas con discapacidad tienen que conocer y acceder a su cultura de su región.

Tener presente que las personas con discapacidad continúan siendo un grupo invisibilizado:

identifica que se carece de programas y actividades enfocadas que garanticen el derecho, lo cual da muestra de las limitaciones a las se exponen, señala que lo identificado en estas regiones puede ocurrió en otras culturas de pueblos indígenas de México. Lo cual puede considerarse como otros estudios, sin perder de vista que cada localidad y pueblo tiene sus propios elementos culturales y por ello se necesitan estudios contextuales desde la concepción de la discapacidad [15].

existen programas o acciones específicos destinados a mejorar el ejercicio de sus derechos. Lo cual evidencia la discriminación a que se enfrentan, señala que lo identificado en estas tres regiones puede presentarse en otras culturas indígenas del país, lo que debe ser objeto de futuras investigaciones y estudios, cada comunidad, con sus condiciones culturales específicas, requiere

de un análisis a partir de su propia cultura y sobre la construcción social acerca de cómo se aborda la discapacidad" [15].

Conclusiones

Una vez presentado el análisis de artículos y estudios sobre el tema del acceso a la cultura en personas indígenas con discapacidad, se puede identificar que el binomio de discapacidad y cultura es poco abordada en Latinoamérica como lo menciona Castellanos y López (2009) "ha sido explorada particularmente en países desarrollados como Estados Unidos, algunos de Europa, como Inglaterra, y Australia, avanzando hacia una comprensión más integral de la discapacidad que incluya aspectos sociales y culturales para lograr de esta manera brindar servicios competentes a las personas con discapacidad" [7].

Esto da muestra de la necesidad de profundizar en esta temática, que aporte a la comprensión de este fenómeno y visibilice la realidad que viven los individuos con determinadas condiciones en el en el ámbito cultural. Considerando que México requiere reorientar la visión que el acceso cultural solo se centra a espacios materiales como museos, teatro, bibliotecas y como señalan en España a equipamientos culturales. Debemos transformar la idea considerando que la cultura es todo lo que nos rodea como la forma de vestir, las fiestas, las tradiciones, los eventos sociales, la cosmovisión, la gastronomía, una lengua originaria, las creencias, los mitos, las canciones, entre otras. Como lo menciona [17]. "se establece como un conjunto de significados en una producción colectiva, los cuales se van fabricando y transmitiendo por generaciones. La familia es un eslabón muy importante en el proceso de transmisión de valores. Los padres transmiten a sus hijos valores y conceptos sociales cuyos significados son elementos clave que unifican a todos los integrantes" [17]. Es importante cambiar este paradigma y visualizar el acceso a la cultura, valorando la importancia de salvaguardar la identidad cultural en los pueblos indígenas y garantizar que todas las personas accedan a la riqueza cultural que brinde su localidad.

Referencias

[1] Naciones Unidas, Consejo Económico y social. Foro permanente para las cuestiones indígenas (20 a 31 de mayo 2013) "*Estudio sobre la situación de las personas indígenas con discapacidad, con especial atención a los desafíos que enfrentan respecto del pleno disfrute de los derechos humanos y la inclusión en el desarrollo"*, p.3. [En línea]. Disponible en: https://www.preventionweb.net/files/resolutions/N1322461.pdf. [Accedido: 25-agosto-2020]

[2] Instituto Nacional de Estadística y Geografía. *"Estadísticas a propósito del día internacional de las personas con discapacidad (3 de diciembre)"* Comunicado de prensa núm. 638/19, página 1/11. (2 de diciembre de 2019). Disponible en: https://www.inegi.org.mx/contenidos/saladeprensa/aproposito/2019/Discapacidad2019_Nal.pdf

[3] Barañano Cid, A, (2010). "*Introducción a la antropología social y cultural. Materiales docentes para su estudio".* Departamento de antropología social. Universidad complutense de Madrid. [En línea] Disponible en: https://eprints.ucm.es/11353/1/Introducci%C3%B3n_a_la_Antropolog%C3%ADa_Social_y_Cultural.pdf

[4] Dirección General de Culturas Populares, Indígenas y Urbanas. (2017), párr. 2. [En línea]. Disponible en: https://www.gob.mx/cultura/acciones-y-programas/direccion-general-de-culturas-populares-indigenas-y-urbanas. [Accedido: 25-agosto-2020].

[5] Inguanzo, I. (2017). "*The situation of indigenous children with disabilities". DROI. Directorate-general for external policies*, Politicy deparment. European Parliament.

[6] Pérez, H. "Del escenario teatral al escenario social: teatro, discapacidad e inclusión social". Tesis de maestría en artes escénicas, Universidad Veracruzana, 2015.

[7] Casanovas L., "El derecho a la participación en la vida cultural de las personas con discapacidad auditiva y/o visual. Estudio de caso de la situación en la comunidad autónoma de Aragón", Tesis doctoral, Doctorado en educación, Universitat de Girona, 2019 [En línea]. Disponible en:

https://www.tesisenred.net/bitstream/handle/10803/667602/trcl_20190610.pdf?sequence=5&isAllowed=y. [Accedido: 19-agosto-2020].

[8] UNESCO Office San José, Programa conjunto creatividad e identidad cultural para el desarrollo local. (2012). Fácil guía 1: Cultura y nuestros derechos culturales. Honduras, Secretaría de cultura, artes y deportes. [En línea] Disponible en: https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000228345. [Accedió: 19 -septiemnre-2020].

[9] Maraña, M. (2010). Cultura y desarrollo, Evolución y perspectivas. UNESCO Etxea Cuadernos de trabajo. Nº 1. [En línea] Disponible en: http://www.unescoetxea.org/dokumentuak/Cultura_desarrollo.pdf

[10] Fuentes, V. T. "El acceso a la cultura como vía a la inclusión de las personas con discapacidad" El amauta Núm 8/9,2012. http://amauta.upra.edu/vol8-9/vol8-9dossier/Articulo_Thaniana_Fuentes.pdf

[11] Castellanos Soriano, F, y López L. (2009). Discapacidad y cultura: desafío emergente en investigación. Vol, 27. Núm, 1. Bdigital portal de revista. https://revistas.unal.edu.co/index.php/avenferm/article/view/12960/13678

[12] Pérez, H. "Del escenario teatral al escenario social: teatro, discapacidad e inclusión social", Tesis de maestría en artes escénicas. Universidad Veracruzana, 2015.

[13] Martín A, y Muñoz P. "Discapacidad y acceso a los espacios culturales. Mas allá de las barreras arquitectónicas: la comunicación como herramienta", Tesis Master en Gestión Cultural]. Instituto Complutense de CC Musicales, 2007.

[14] Hernández Gómez, I. "Inclusión de personas con discapacidad visual: museo de historia y arte de la ciudad de México" tesis de licenciatura, licenciatura en psicología educativa] Universidad Pedagógica Nacional, 2016.

[15] Comisión Nacional de los Derechos Humanos. (2020). Estudio sobre el marco de protección de los derechos de las personas indígenas con discapacidad en las comunidades Maya, Otomí y Tarahumara. Disponible en: https://www.cndh.org.mx/sites/default/files/documentos/2020-03/Est-Discapacidad-Indigenas.pdf

[16] Casanovas, R. (2017). "¿Cómo ejercen los derechos culturales las personas con discapacidad? Breve reflexión sobre la aplicación de los derechos culturales y las personas con discapacidad" Revista Española de Discapacidad, 5 (2): 211-220. Doi: https://doi.org/10.5569/2340-5104.05.02.12

[17] Zarur Cortés, J. E. (2017). La construcción del derecho a la cultura. La appreciation del arte pictórico para las personas con discapacidad visual The construction of the right to culture / The appreciation of pictorial art for the visually impaired. RIDE Revista Iberoamericana Para La Investigación Y El Desarrollo Educativo, 8(15), 474 - 504. https://doi.org/10.23913/ride.v8i15.307

[18] Secretaría de cultura. (2019). *"Para no dejar a nadie atrás, conoce la oferta cultural para personas con discapacidad*". Disponible en: https://www.gob.mx/cultura/prensa/para-no-dejar-a-nadie-atras-conoce-la-oferta-cultural-para-personas-con-discapacidad-207483

[19] Instituto para la integración al desarrollo de las personas con discapacidad (INDEPEDI). "*Red de Museos para la Atención a Personas con Discapacidad".* Disponible en: http://data.indepedi.cdmx.gob.mx/museos.html

Técnicas y herramientas para desbloquear ideas en la formulación de proyectos

*A. L. Espinosa Aguayo[1]**
[1]Departamento de Ingeniería Industrial, Tecnológico Nacional de México-Instituto Tecnológico de Querétaro
Av. Tecnológico s/n esq. Gral. Mariano Escobedo, Col. Centro Histórico, C.P. 76000 Querétaro, Qro. México
**alespinosa@mail.itq.edu.mx*
***Área de participación**: Investigación Educativa*

Resumen

La creatividad es la tercera de las habilidades que el mercado laboral hoy solicita, ya que tener un perfil creativo es una ventaja competitiva, una persona que aporta ideas originales o nuevas soluciones es considera un activo valioso para las organizaciones. Pero ¿qué sucede con los estudiantes cuando se les solicita ideas para solucionar problemas para la formulación de un proyecto?, cuando se les solicita que sean creativos, son pocos los que se atreven a serlo. Lo anterior dio origen al presente estudio basado en la materia de Formulación y Evaluación de Proyectos de la carrera de Ingeniería de Industrial. Se presenta el análisis de los resultados que se midieron de forma cuantitativa, donde se identificaron el tipo de bloqueos creativos. Y se encontró que, el uso de ciertas técnicas ayuda al desbloqueo creativo.

***Palabras clave**: Ideas; Creatividad; Desbloqueo; Técnicas.*

Abstract

Creativity is the third of the skills that the job market requires today, since having a creative profile is a competitive advantage, a person who contributes original ideas or new solutions is considered a valuable asset for organizations. But what happens to the students when they are asked for ideas to solve problems for the formulation of a project? When they are asked to be creative, few dare to be creative. The foregoing gave rise to the present study based on the subject of Formulation and Evaluation of Projects of the Industrial Engineering career. The analysis of the results that were quantitatively measured is presented, where the type of creative blocks was identified. And it was found that the use of certain techniques helps creative unlocking.

***Key words**:* Ideas; Creativity; Unlocking; Techniques.

Introducción

En un informe del Foro Económico Mundial [1], Se señaló que, “La digitalización de la industria supondrá la desaparición de 7,1 millones de empleos y la creación de 2,1 millones de nuevas posiciones en 2020. La creatividad será una de las tres habilidades más demandadas en el futuro” …. De ahí la importancia de trabajar en el desarrollo de esta en ámbito escolar, familiar y personal.

En otro estudio, [2] dice que, “La ingeniería es la aplicación creativa de los principios de la ciencia básica y la expresión tecnológica de la ciencia aplicada…”. Por lo que, se considera que es necesario tener la ingeniería presente es necesaria para dar soluciones diferentes a los problemas de hoy y de mañana.

Considerando los párrafos anteriores y la famosa frase de Albert Einstein “No pretendamos que las cosas cambien si siempre hacemos lo mismo…”. Lo que nos sugiere tener presente es que todo cambia, por lo que es necesario también cambiar, no solo en nuestra forma de hacer las cosas si no en nuestra forma de pensar. Es una oportunidad para renovar las actividades que realizan las personas, no solo en ámbito personal y profesional, si no tambien en ámbito educativo. Esto incluye a los docentes, directivos y los mismos estudiantes.

De acuerdo con lo que indican [3]. "La universidad del siglo XXI, para cumplir su misión de formar profesionales competentes y a la vez responsables de los problemas de la sociedad…”. Deberá renovarse , será necesario

ofrecer cursos-talleres, conferencias que complementen el desarrollo de las competencias genéricas y transversales para formar egresados creativos e innovadores, por lo que será necesario tener una mente abierta y ser flexible para lograrlo, los docentes en sus diferentes cursos deberán generar el clima adecuado para lograr el desarrollo por lo que será necesario prepararse en estos temas y poder cumplir con lo que demanda actual de profesionista con el perfil creativo. Por lo que, los directivos deberán brindar las condiciones y recursos necesarios.

Considerando lo que dicen [4], en referencia a quien puede lograr la transformación es el docente. Otra referencia en [5] se dice; “Más que enseñar contenidos, se trata de llevar al individuo a desarrollar una forma de ser en el mundo y de considerarse como un aprendiz a lo largo de su vida…”. Por lo que es importante, no solo cumplir con llegar a clases preocuparse de cumplir con los porcentajes de acreditación que solicita la administración, si no lograr que los estudiantes alcancen el aprendizaje requerido, pero que el estudiante cambie su mentalidad no solo de acreditar con el mínimo y no aprender ya que en particular se requiere el aprendizaje de las materias ya cursadas de las que cursa en el momento sino también de nuevos aprendizajes por la temática que abordara en su proyecto requiere de nuevos conocimientos.

En la búsqueda de una definición de que es una idea para la elaboración de proyectos, en el diccionario [6], se encuentra la siguiente definición; “Una idea es la capacidad humana de contemplar ideas está asociada a la capacidad de razonamiento, autorreflexión, la creatividad y la habilidad de adquirir y aplicar el intelecto. Las ideas dan lugar a los conceptos, los cuales son la base de cualquier tipo de conocimiento científico o filosófico. Sin embargo, en un sentido popular, una idea puede suscitarse incluso en ausencia de reflexión”. Aquí se ve la gran diferencia entre el tipo de ideas que pueden generarse por un chispazo, y las que deberían esperar cuando se ha adquirido conocimiento, se puede reflexionar sobre lo que se está proponiendo u obteniendo, de ahí se dice que hay ideas brillantes o buenas y otras no tanto.

En [7] indican que **“**La creatividad no puede ser abordada como un rasgo simple de los seres humanos, es indudable que aspectos como: la mente, los procesos cognitivos que en esta se llevan a cabo, la personalidad, la motivación, las emociones y el mundo afectivo, juegan un componente singular en este proceso”. Por lo que, son varios elementos y factores que se deben conjugar y considerarse para hablar de creatividad, de las ideas no debería juzgarse su origen o forma de presentarlas, es importante entender que las ideas pueden generarse de diferentes ámbitos y que todas personas pueden tener ideas, a veces por la prisa que a veces tenemos, quien propone cómo persona o área no los tomamos en cuenta que a veces no nos percatamos que este es un proceso y cada individuo es diferente y por lo tanto procesara de otra forma y tiempo pero regularmente esto se olvida y queremos que todos al mismo tiempo den los resultados que deseamos esto principalmente sucede en el aula de clase.

Analizando la tabla 1, donde se presentaron las causas que impiden que no todas las personas son creativas, cómo se aprecia son los obstáculos que les detienen. Según el autor de la tabla señaló que el más crítico es el bloqueo perceptual. Cuando se le solicita una idea creativa o una nueva solución, no todos las y los estudiantes pueden dar una solución diferente a las tradicionales se considera por algunos expertos que cuando es niño es muy curioso, pregunta constantemente, porque no tiene pena de que no saber o que se rían, conforme va convirtiéndose ese niño y se va convirtiendo en adulto ingresa a la escuela o desde la casa van frenando a los van frenando, el sistema educativo no permite en ocasiones que el estudiante desarrolle su potencial, la escuela olvida que todas las personas son diferentes y aprenden diferente, pero se les enseña de la misma forma a todos.

El presente trabajo surgió con motivo saber qué es lo que sucede con los estudiantes cuando se les solicita buscar una idea, que pueda generar un nuevo producto, o servicio. Más aún mejorar alguno de los existentes y por lo tanto convertirse en su proyecto en la asignatura de Formulación y Evaluación de Proyectos. Donde se realizará un estudio de factibilidad para la creación de una empresa y al término de la asignatura se deberá entregar el documento electrónico y la presentación del proyecto. El tema uno de los seis que se ven en la asignatura es: crear una idea clara del proyecto de inversión, les resulta el más complejo.

 ISSN 2007-8102

Clasificación de los obstáculos de la creatividad

En la tabla 1, se presenta el resumen de la clasificación de los Obstáculos de la creatividad [8] donde se describen de que se trata cada uno de los bloqueos u obstáculos creativos que frenan el desarrollo de la creatividad.

Tabla 1. Obstáculos de la creatividad

Bloqueos de la creatividad	
Bloqueos perceptuales: Suceden debido a errores, desviaciones o limitaciones en la percepción de la situación o problema.	• Dificultad para ver el problema. • No prestar atención al ámbito del desarrollo del problema. • Incapacidad para definir términos. • Incapacidad para utilizar todos los sentidos para la observación. • Dificultad para relacionar las cosas. • Dificultad para ver lo obvio. • Incapacidad de distinguir entre la causa y el efecto.
Bloqueos culturales: Normas de cultura o comportamiento, se refiere la forma en que hemos sido educados, lo que es correcto e incorrecto.	• Ser aceptado. • Emitir el juicio antes de tiempo. • No ser curioso, aceptar todo cómo si no hubiera otra opción. • Dar mucha importancia a la competencia o a la cooperación. • Demasiada Fe en la lógica y en la razón. • Actitudes de hacer todo o nada. • Demasiado o poco conocimiento sobre el tema. • No permitiese soñar, fantasear.
Bloqueos emocionales: autoimpuestas de manera inconsciente por inseguridad, auto critica personal.	• Temor por equivocarse o hacer el ridículo. • Aferrarse a la primera idea. • Rigidez de pensamiento. • Sobre motivación para triunfar fácilmente. • Deseo de seguridad. • Temor a los superiores y desconfianza en los compañeros.

Fuente: Adaptación Tomado de: Obstáculos de la creatividad [7].

Metodología

Selección de técnicas y herramientas para generar ideas creativas

Para determinar la metodología que se empleó en el presente estudio es necesario abordar previamente algunos conceptos y técnica encontradas en la literatura, esto dará más claridad a la metodología empleada.

Es de observar que en la mayoría de los estudiantes es complicado generar una idea que pueda resultar en un nuevo producto o servicio o mejorar los existentes y por lo tanto convertirse en su proyecto en la asignatura de Formulación y Evaluación de Proyectos. Pero, si bien hay diferentes herramientas que pueden ser utilizadas para generar ideas en la asignatura y tema se aborda, por ejemplo, en el tema 1: Crear una idea clara del proyecto de inversión, explicaremos el uso de las técnicas que son efectivas para ayudar al estudiante a desbloquear su creatividad y alcanzar el objetivo en este tema. Se puede mencionar; SCAMPER, que es una técnica que puede utilizarse de forma individual o en equipo la finalidad es para generar ideas. es una lista de verificación (*ckecklist*) generadora de ideas basada en verbos de acción que sugieren cambios a un producto existente, servicio o proceso. Este mnemónico fue creado por Bob Eberlee a partir de la lista de verificación verbal originada por Alex Osborn, el creador del *brainstorming*, un pionero en el desarrollo de la técnica de la creatividad. Se podría decir que el SCAMPER es una técnica de creatividad que favorece la generar ideas y nuevos enfoques a partir de la respuesta a las preguntas previamente consideradas. De acuerdo con el Crea Business Idea [9] “Es considerado una de las técnicas más completas y eficaces especialmente en el proceso divergente de generación de ideas.”.

Por lo que la técnica SCAMPER consiste en la aplicación secuencial de una serie de preguntas sobre el problema o tema sobre el que se quiere pensar, formulando las preguntas sobre cada paso, con el posterior estudio de las ideas que emergen. De aquí se sugiere que las preguntas giren en torno a 7 conceptos, los cuales conforman las siglas de SCAMPER (**S**ustituir, **C**ombinar, **A**daptar, **M**odificar, **P**oner otros usos, **E**liminar y **R**eordenar).

En la metodología SCAMPER, el proceso que se sigue es el siguiente: **Fase I:** Establecimiento del problema: como primer paso es establecer el problema, definiéndolo exactamente. **Fase II:** Planteamiento de las preguntas SCAMPER: se aplicarán cada una de las preguntas. Cada una de ellas va acompañada de otras preguntas más específicas y particulares que podrán realizarse, según el caso. **Fase III:** Validación: durante la fase anterior se han generado respuestas a las preguntas planteadas. Muchas de ellas deberán ser evaluadas para dar lugar a un planteamiento válido, factible, de acuerdo con criterios previamente establecidos, como la viabilidad técnica, disponibilidad de recursos humanos o económicos, alineamiento con los objetivos de la organización, etc. La aplicación de esta metodología resumida en las fases es:

1.- Identificar el problema (Producto o servicio)

2.- Aplicar las técnicas de lluvia de ideas y del SCAMPER

Ahora bien, la esencia de la metodología SCAMPER se resume en la fase 2 donde la metodología tiene un sentido en cada palabra de sus siglas, estas tienen un significado; por ejemplo:

¿Sustituir?: Sustituir cosas, lugares, procedimientos, gente, ideas… ¿Qué puede sustituirse? ¿Qué más? **¿Combinar?:** Combinar temas, conceptos, ideas, emociones… ¿Qué ideas pueden combinarse? **¿Adaptar?:** Adaptar ideas de otros contextos, tiempos, personas… ¿Qué otra cosa es como esto? **¿Modificar?:** Transformar una idea o un producto, añadir algo… ¿Cómo puede alterarse esto para que sea mejor? **¿Utilizar para otros usos?:** Extraer las posibilidades ocultas de las cosas… ¿Para qué otra cosa podría utilizarse? **¿Eliminar o reducir al mínimo?:** Sustraer conceptos, partes, elementos del problema… ¿Qué pasaría si esto fuera más pequeño? **¿Reordenar o invertir?:** Reordenar o invertir elementos, cambiarlos de lugar, roles… ¿Qué otro arreglo u ordenación podría ser mejor? Durante la fase anterior se han generado respuestas a las preguntas planteadas, estas se evalúan y se selecciona la más adecuada. Esta técnica es efectiva para la propuesta de nuevos productos o servicios, resultado es mejor cuando se trabaja en equipo ya pueden proponerse más opciones.

Otra herramienta que se utiliza para la generación de ideas de negocios es El modelo **CANVAS**, esta una herramienta para la generación de idea de negocios, el también conocido como lienzo del modelo de negocio, fue introducido en el mundo corporativo y empresarial con el lanzamiento del libro **"Generación de Modelos de Negocios"** (título original: «Business Model Generation»). La obra data de 2010 y sus autores son Alex Osterwalder y Yves Pigneur. Se puede resumir que Canvas es un lienzo que permite la rápida evaluación de una idea. Donde se muestran los nueve bloques que componen el lienzo de negocios los cuales son 1.- Segmentos de clientes, 2.- Propuesta de valor, 3.- Canales de distribución y comunicación, 4.- Relación con los clientes, 5.- Flujo de ingresos, 6.- Recursos clave, 7.- Actividades clave, 8.- Red de colaboración o socios clave y 9.- Estructura de costos. Para la construcción de este modelo es necesario considerar lo siguiente:

1.No rechazar, no juzgar, no criticar sin argumentos de peso...

2. Aceptar ideas "rompedoras", "extrañas, ...

3.Adoptar "roles" diferentes e intercambiarlos.

4. Combinar ideas para generar nuevas ideas.

5. Utilizarla comunicación visual.

6. Evitar que unas pocas personas peguen muchos post-it.

7. No hay reglas...

Cómo lo indica [10] "Finalmente, vale la pena resaltar que el modelo **Canvas** es una herramienta pertinente en un contexto de emprendimiento e innovación que, si bien el plan de negocio es importante, debe ser flexible, pendiente a responder a las oportunidades y necesidades (como el fichaje de Messi en una servilleta). Por ello, de realizarse planes de negocio, deberían enfocarse hacia la estrategia, producto de un modelo de negocio plasmado en un lienzo Canvas". La ventaja de esta herramienta es que una sola lámina los estudiantes tienen la imagen completa de su modelo de negocio lo que facilita a la visión completa de lo que será el negocio que

pretenden desarrollar, y si es factible la idea en los siguientes temas de la asignatura les permiten demostrar la factibilidad del negocio.

Por último, se menciona la siguiente herramienta (Pich). El **Pich** se usa para comunicar la idea de negocio los puntos que deben presentar siguiendo la metodología de CONCAMIN [11] “La Cátedra Virtual INNOVATIC 2.0 de CONCAMIN” 1.- Problema, 2.- Solución, 3.- Mercado, 4.-Competencia, 5.- Modelos de ingresos, 6.- Equipo, 7.- Finanzas básicas, 8.- Inversión, 9.- Diapositiva de resumen. El trabajo se presenta ante grupo la primera vez con el tiempo de exposición de 5 minutos.

Una vez descritas las técnicas más importantes para llevar a cabo la presente metodología se procedió a describir como se presentó y se resolvió el problema que se abordó. Por lo que se inicia con una descripción de las características del grupo de estudio.

Descripción de la técnica y herramientas empleadas para la Identificación del tipo de bloqueo

Para llevar a cabo el presente estudio, se recabaron datos en los semestres agosto-diciembre del 2019 y enero-junio del 2020 de estudiantes de la carrera de Ingeniería industrial que cursaban la asignatura. El grupo de estudio fue de 87 estudiantes, 45 mujeres y 42 hombres correspondientes a 3 grupos. El experimento fue aplicar primeramente una encuesta para recabar datos que permitieran conocer que sucedía con el trabajo. En un segundo momento fue la realización de algunos ejercicios diferentes para generar la idea para su proyecto del semestre. En tercer momento fue la aplicación de algunas técnicas que permitieran generar las ideas para realizar el trabajo, esto se realizó en dos semanas al inicio del curso.

Los estudiantes asistieron a asesorías individual y en equipo para recibir retroalimentación, se les recomendó realizar la autoevaluación, se les solicitó que presentaran sus ideas de proyecto y soluciones ante el grupo, se realizó la coevaluación se les dio indicaciones de cómo realizarla, posteriormente se integraron en equipo, cada integrante presentó a su equipo su idea, en equipo decidieron cual fue la mejor idea y la presentaron ante el grupo. Se realizó una retroalimentación para mejorar las propuestas y además para que todos conocieran las temáticas de los proyectos que se abordaron en el grupo, para que no se repitieran las mismas soluciones.

Como ya se mencionó en la presente etapa de la metodología se diseñó una encuesta para recabar datos que permitieran conocer que sucedía con el trabajo. Se hicieron unas preguntas que se les proporcionaron a los estudiantes para saber sobre el tema que se quería conocer. Pero, además, se consideró la encuesta anónima para que no sintiera presión sobre la información que proporcionaba. Las preguntas que se hicieron fueron las siguientes: 1.- ¿Consideras que eres creativo?, 2.- ¿Sabes que es un bloqueo creativo?, 3.- ¿Sabes que hacer para desbloquear los obstáculos creativos?, estas preguntas permitieron que ellos pudiesen realizar una autoevaluación de como ellos se consideraban en referencia al tema, y que conocían del tema.

En la segunda etapa se llevó a cabo una realización de algunos ejercicios diferentes para generar la idea para su proyecto del semestre. Y la última etapa fue la aplicación de algunas técnicas que permitieran generar las ideas para realizar el trabajo esto se realizó en dos semanas al inicio del curso.

Retroalimentación

Se les da retroalimentación a los estudiantes de forma individual, y en equipo, durante todo semestre, para los temas que se ven en la asignatura se les proporciona las listas de cotejo que he desarrollado para trabajar. Como lo indica [12]. “La retroalimentación es pieza fundamental en los procesos de evaluación y de enseñanza”. Para que realmente funcione adecuadamente depende tambien del estudiante, se debe cuidar la forma y las palabras que empleamos. Debido a la contingencia por el COVID-19, fue más importante el apoyo de retroalimentación que se le proporciono el estudiante sobre su trabajo y su compromiso con su trabajo y aprendizaje, estar exhortando a continuar de saber cómo se encontraba, cómo iba con su trabajo si tenía dudas si requiere de apoyo,

 ISSN 2007-8102

y el confiar en el estudiante son claves, pero si es importante el compromiso del estudiante en su formación y preparación para salir adelante.

Resultados y discusión

A continuación, se presentan los resultados obtenidos de la encuesta aplicada a los estudiantes participantes que corresponde a la primera fase de la metodología que se desarrolla para este trabajo. Como ya se mencionó los estudiantes participantes fueron 87, 45 son mujeres y 42 hombres correspondiente a 3 grupos de la carrera de ingeniería industrial del 9 semestre en los semestres agosto-diciembre del 2019 y enero-junio del 2020 que se encontraban cursando la asignatura de los turnos matutino y vespertino.

Tabla 2. Respuestas a la pregunta: ¿Consideras que eres creativo?

	Mujer	Hombre	Total
Si	31	35	66
N0	14	7	21
Total	45	42	87

En la tabla 2, se muestran los resultados de la primera pregunta realizada en la encuesta a los estudiantes participantes ¿Consideras que eres creativo?, como se apreciando en los resultados es muy poca diferencia en cuanto al género de los estudiantes. Pero, si resulta muy significativo su respuesta cuando al género cuando dicen si se consideran creativos o no creativos, las que dicen que si son el 68.89%, con respecto a los hombres son 83.33%, en los resultados finales 66 estudiantes (mujeres y hombres) son los que dicen que son creativos lo que representa el 75.86% de los participantes que consideren que consideren tener como fortaleza esta habilidad.

Tabla 3. Respuestas a la pregunta: ¿Sabes que es un bloqueo creativo?

	Mujer	Hombre	Total
Si	20	22	48
No	25	20	39
Total	45	42	87

En la tabla 3, se muestran los resultados a la segunda pregunta realizada ¿Sabes que es un bloqueo creativo?, los que dicen que si son: mujeres 44.44%, hombres 52.38% en total son 48 lo que representa el 55.17%, a los que responden que no saben son mujeres 55.55%, hombres 47.62% en total son 39 que representa el 44.82%. Si se relacionan estos resultados finales con los anteriores es probable que tenga relación con la anterior ya que algunos de los estudiantes que consideren los estudiantes creativos porque no tienen bloqueos creativos.

Tabla 4. Respuestas a la pregunta: ¿Sabes que hacer para desbloquear los obstáculos creativos?

	Mujer	Hombre	Total
Si	18	20	38
No	27	22	49
Total	45	42	87

En la tabla 4, se presentan los resultados de cuando se les pregunta ¿Sabes que hacer para desbloquear los obstáculos creativos?, el resultado es que el 40% de las mujeres y el 47.62% de los hombres dicen saber que, si saben, en el resultado final se obtiene que 43.67% dice que si sabe cómo hacer para el desbloqueo. En cuanto a los que dicen no saber el resultado en las mujeres corresponde al 60% y en los hombres 52.38%, en el resultado total es 56.32% corresponde a los que responden que no saben cómo desbloquearse de los obstáculos creativos.

Con estos resultados obtenidos de la encuesta, se procede a trabajar con la segunda fase de este trabajo se realizan durante una semana se realizaron algunas actividades individuales y en equipo analizando los resultados nuevamente. Las actividades se desarrollaron en la primera semana de inicio del semestre para organizar el trabajo posterior.

La primera actividad, se les comento que, en la papelería de alrededor de la escuela, se venden 3 clips por $1, se procedió entregar uno a cada estudiante, se les solicita incrementar su valor, ellos podían hacer cambios, vender o cambiar, que tendrían hasta el día de mañana para documentar lo que habían hecho para incrementar su valor, algunos estudiantes pasarían al frente del grupo para comentar lo que habían realizado. En cuanto a las estudiantes mujeres 18 presentan sus resultados que equivalen al 40%, realizaron cambios en el clip para incrementar su valor, aquí ellas realizan actividades manuales y justifican los cambios para usos sobre todo ornamentales. Y 27 estudiantes que equivalen 60% incrementar su valor con el intercambio del clip entre familiares y amigos por la necesidad para resolver algún problema, para usarse en la vestimenta o algún trabajo.

Los estudiantes hombre lo que hacen para incrementar su valor es por el intercambio entre amigos y familiares aquí ellos relatan su historia de forma creativa estos son 35%, pero no presentan trabajo.

La segunda actividad fue solicitarles a los estudiantes que tipo de negocio se les ocurría si tenían una sola vaca que les habían regalado, no podían vender porque no tendrían otro ingreso y no podían hacer negocios tradicionales tendrían que hacer negocios creativos para poder vender. pero no podía ser una solución tradicional, no podían venderla ya que no había tendrían otro ingreso. Solo 29 estudiantes que equivalen al 33% dan respuestas creativas 18 son hombres y 11 mujeres.

La tercera actividad fue solicitarles a los estudiantes que identificaran problemáticas existentes en el ámbito nacional, profesional e identifiquen necesidades insatisfechas como contexto para las propuestas del proyecto de aplicación de la debían dar 10 posibles soluciones y cada solución debían evaluar la fortaleza de solución, que ellos podían determinar el criterio utilizado para evaluar y seleccionar la mejor opción. En cuanto a la diversidad de problemas fueron muy pocos los temas recurrentes son cuidado del medio ambiente, salud, transporte, El número ideas de solución máximas dadas son 6 y no muy diferentes a las típicas.

Posteriormente se les explica las técnicas antes mencionadas y cómo aplicarla, la gran mayoría va asesoría para recibir retroalimentación del uso y aplicación de las herramientas han sido muy valiosas para ayudar a los estudiantes para desbloquearlos para el desarrollo de sus trabajos en la asignatura, ya que les han permitido ver oportunidades y saber presentar las ventajas competitivas de su propuesta y cómo siempre se les comenta que el siguiente semestre ellos salen a realizar su residencia profesional y deberán aprender a resolver problemas y proponer soluciones diferentes, saber presentarla en un breve tiempo.

Conclusiones:

De acuerdo con el presente estudio, con base a la experiencia docente se puede concluir que el tipo de bloqueos más frecuentes son perceptuales, culturales y emocionales en ese orden los que el caso de estudio se tiene resultado. Debido a lo anterior cuando se le explica que se trabaja en una propuesta una idea para realizar su proyecto de empresa, se les complica para algunos estudiantes el pensar en problemas reales del entorno por falta de información y cómo presentarlos, cultural porque en ocasiones se les complica pensar cómo se dice fuera de la caja y además pensar divergente, cuando como ingenieros se debe ser lógico, no ambiguo por mencionar, en cuanto a lo emocional de cómo presentar el trabajo con las herramientas necesarias y la seguridad que deben desarrollar al conocer su trabajo apropiarse del mismo y la autoconfianza para presentar su propuesta.

Con la aplicación de las técnicas ha favorecido cada semestre el desarrollo de trabajos más diversos y creativos, ya que han apoyado el desbloqueo de su parte creativa, sus competencias blandas se van fortaleciendo, se dan cuenta de la importancia del conocimiento que debe ser adquirido, que no es suficiente pasar sólo los exámenes con el mínimo. Que todas las asignaturas en la retícula aportan a su perfil de egreso.

Para la evaluación del curso final se debe realizar un video del pitch completo ante un tercero, y ante grupo en ocasiones se tiene invitados que pueden presentarse a la evaluación los estudiantes presentan con más confianza y seguridad sus trabajos.

Se les da retroalimentación a sus trabajos, siempre resaltando sus puntos fuertes y dándoles sugerencias de mejora de lo entregado y de los trabajos próximos. La retroalimentación y seguimiento que se dio a la asignatura, y proyecto, para el estudiante fue importante saber que se cuenta con el docente para apoyarlos en su formación y preparación; el docente debe estar consiente de como su trabajo repercute en los estudiantes el efecto de sus palabras y actitudes repercute en ellos, para tener un resultado favorable el estudiante se debe comprometerse.

Finalmente se pude concluir que, es importante que en cualquier asignatura que se imparta, el crear un ambiente donde los estudiantes puedan ser creativos. La pregunta que está en mente es; ¿El ser creativo se nace o se hace?, en la experiencia personal se puede decir que todas las personas son creativas hay quienes destacan, y otras deben aprender.

Referencias

[1] The future of Jobs", la llamada Cuarta Revolución Industrial, que elaboró el Foro Económico Mundial, recuperado (21 de junio del 2020), disponible; https://www.estrategiaynegocios.net/lasclavesdeldia/925978-330/10-habilidades-necesarias-para-tener-empleo-en-2020.

[2] Vega-González Luis Roberto (2012), La educación en ingeniería en el contexto global: propuesta para la formación de ingenieros en el primer cuarto del Siglo XXI, Ingeniería Investigación y Tecnología, volumen XIV (número 2), abril-junio 2013: 177-190 ISSN 1405-7743 FI-UNAM.

[3] Hernández Arteaga, I.; Alvarado Pérez, J. C. & Luna, S. M. (2015). Creatividad e innovación: competencias genéricas o transversales en la formación profesional. Revista Virtual Universidad Católica del Norte, 44, 135-151. Recuperado de; http://revistavirtual.ucn.edu.co/index.php/RevistaUCN/article/view/620/1155.

[4] Summo, Vincent, Stéphani Voisin y Blanca-Adriana Téllez-Méndez (2015), "Creatividad: eje de la educación del siglo XXI", en Revista Iberoamericana de Educación Superior (RIES), México, UNAM-IISUE/Universia, vol. vii, núm. 18, pp. 83-98, https://ries.universia.net/article/view/1126/creatividad-eje-educacion-siglo-xxi [consulta 22 de julio del 2020].

[5] Zapata Campos, J. R. (2005), “El profesor creador”, en El éxito en la enseñanza: Aspectos didácticos de las facetas del profesor, México, Trillas.

[6] Ecured, recuperado (22 de junio del 2020), disponible https://www.ecured.cu/Idea.

[7] Esquivias Serrano, María Teresa (2004) “Creatividad: definiciones, antecedentes y aportaciones” [en línea]. Revista Digital Universitaria. 31 de enero de 2004, <http://www.revista.unam.mx/vol.5/num1/art4/art4.htm> [Consulta: 01 de febrero de 2004].

[8] Alvin L. Simberg, Obstáculos de la creatividad, General Motor Corporation, recuperado (22 de julio de 2020), disponible; https://cmapspublic3.ihmc.us/rid=1176759460171_105845068_1434/Obstaculos.pdf.

[9] Crea Busines Idea. (s. f.). Manual de la creatividad empresarial. Recuperado de https://4.interreg-sudoe.eu/contenido-dinamico/libreria-ficheros/DF33A901-08F8-95C3-7B03-B527D6991842.pdf, recuperado (24 de julio de 2020).

[10] Ferreira- Herrera, D. C. (2015). El modelo Canvas en la formulación de proyectos. *Cooperativismo Desarrollo*, *23*(107), xx-xx. doi: http://dx.doi.org/10.16925/co.v23i107.1252.

[11] CONCAMIN “Cátedra Virtual INNOVATIC 2.0”, curso 2018 http://www.catedrainnovatic.mx/.

[12] Valdivia, S. (2014). Retroalimentación Efectiva en la Enseñanza Universitaria *En Blanco Y Negro 5*(2). Recuperado a partir de http://revistas.pucp.edu.pe/index.php/enblancoynegro/article/view/11388

El proyecto integrador: Estrategia de negocios para aplicar competencias en las PYMES

A.D. Hernández Vargas[1], L.A. Viñas Meza[2]*
[1]Cuerpo Académico Innovación y Desarrollo Tecnológico. Instituto Tecnológico Superior de Teziutlán, Fracción I y II, S/N, Aire Libre, C.P. 73960, Teziutlán, Puebla. México
[2]Academia de Ingeniería en Gestión Empresarial, Instituto Tecnológico Superior de Teziutlán, Fracción I y II SN, Aire Libre, Teziutlán Pue.

almadhvargas@hotmail.com

***Área de participación**: Investigación Educativa*

Resumen

Las PYMES en Teziutlán, Puebla representan el 85% de la población que genera empleo y economía al municipio, pero enfrentan en su mayoría problemas de financiamiento y estructura organizacional que no permiten su crecimiento, es por ello que el Instituto Tecnológico Superior de Teziutlán (TecNM) vinculó a estudiantes de séptimo semestre de la carrera de Ingeniería en Gestión Empresarial en proyectos integradores aplicados en doce unidades económicas, con la finalidad de fortalecer la implementación, aplicación y difusión del aprendizaje de la comunidad académica. El objetivo principal de este proyecto era observar el desarrollo de habilidades interpersonales relacionadas con la capacidad de colaborar con otras personas incorporándose a equipos de trabajo, análisis de comprensión de problemas y vincular el aula con la práctica. Se emplearon dos pruebas de conocimientos, en donde el resultado de pre prueba y post prueba arrojaron incrementos significativos en la media después del Proyecto integrador.

***Palabras clave**: proyectos integradores, pymes, economía, aprendizaje*

Abstract

SMEs in Teziutlán, Puebla represent 85% of the population that generates employment and economy to the municipality, but they face mostly financing problems and organizational structure that do not allow their growth, that is why the Instituto Tecnológico Superior de Teziutlán (TecNM) linked students of seventh semesters of the engineering degree in Business Management in integrative projects in twelve economic units , in order to strengthen the implementation, implementation and dissemination of learning of the academic community. The main objective of this project was to observe the development of interpersonal skills related to the ability to collaborate with others by joining work teams, problem understanding analysis and linking the classroom with practice. Two knowledge tests were used for this purpose, where the results of the pretest and post-test yielded significant increases in the average after the Integrative Project.

***Key words**:* Integrative Project, SMEs, economics, learning

Introducción

El Sistema Nacional de Institutos Tecnológicos [1] incorpora en la Educación Superior Tecnológica los proyectos integradores, para que el estudiante pueda desarrollar sus competencias específicas y genéricas lo que le permite contemplar oportunidades de forma integral.

A decir de Palladino [2] todas las empresas e instituciones educativas requieren una mejora continua en la calidad y servicios que ofertan, es por ello, que en forma constante las escuelas de educación superior se someten continuamente a procesos de evaluación y acreditación de sus programas educativos con el afán de proporcionar el estándar de calidad que pueden ofrecer a los empresarios de la localidad.

Como lo comenta Revelo-Sánchez [3] grupos de trabajo, en un contexto educativo constituye un modelo de enseñanza participativa, que convoca a los estudiantes a edificar el andamiaje del aprendizaje, lo cual demanda competencia, voluntad y esfuerzos, que en conjunto les permitan lograr las metas establecidas.

La población económicamente activa tiene diferentes áreas en las que se puede desempeñar, como lo muestran los datos de INEGI, [4], para el caso de nuestro país del 100%, el 3% que se encuentra en el sector primario y labora en la agricultura, ganadería, silvicultura, pesca y caza, el 33% de la población se encuentra en el sector secundario, el 64% se encuentra en el sector de manufactura, seguido de la construcción con un 31.7%. Para el sector terciario con 64%, el 31% lo cubre el comercio, seguido de servicios sociales con el 13.4% y con un 11.7% el área de restaurantes y servicios de alojamiento como lo son los hoteles. (tabla 1)

Tabla1. Población económicamente activa. Distribución de PEA en México por área económica

Sector	*Giro*	*Total*	*Parcial*
PRIMARIO 3%	*Agricultura, ganadería, silvicultura, pesca y caza*	*100%*	***100%***
SECUNDARIO 33%	*Industria extractiva y de la electricidad*	*100%*	***3.6%***
	Industria manufacturera		***64.7%***
	Construcción		***31.7%***
TERCIARIO 64%	*Comercio*	*100%*	***31.%***
	Restaurantes y servicios de alojamiento		***11.7%***
	Transportes, comunicaciones, correo y almacenamiento		***7.8%***
	Servicios profesionales, financieros y corporativos		***11.1%***
	Servicios sociales		***13.4%***
	Servicios diversos		***17.4%***
	Gobierno y organismos internacionales		***7.3%***
	No especificado		***0.30%***

En ese contexto el Instituto Tecnológico Superior de Teziutlán (TecNM) en el afán de contribuir a mejorar las condiciones económicas de las PYMES en el municipio de Teziutlán, Puebla, implemento el desarrollo de proyectos integradores por parte de los estudiantes de la carrera de Ingeniería Gestión Empresarial.

Para este estudio fueron seleccionados los grupos de séptimo semestre de la carrera de Ingeniería en Gestión Empresarial, los cuales se formaron en equipos de 6 personas, y a éstos individualmente se le aplicó un examen inicial al que se denominó pre prueba de todas las materias que están involucradas en el proyecto integrador (Calidad aplicada a la gestión empresarial, Gestión de la producción II, Cadena de suministros y en especial énfasis a la materia eje Plan de negocios).

Los equipos seleccionaron una PYMES, y estuvieron trabajando en las estrategias empleadas, a decir de Vilá [5] esta es la parte fundamental, ya que es implementada en diversos sectores e implica la planificación de las actividades a realizar, por ello los alumnos durante las mañanas trabajaban en las empresas y en la tarde se presentaban a las instalaciones del campus a tomar sus clases respectivas y comentar con sus docentes las dudas surgidas durante el desarrollo del proyecto integrador. La importancia de tener evidencia del trabajo realizado fue documentar a detalle todas las situaciones que se presentaban, guardando la debida confidencialidad de las mismas.
Posteriormente al término de tres meses, se le aplica por segunda ocasión la evaluación de conocimientos individuales a la que denominaremos post prueba.

Al obtener los resultados de la aplicación de los instrumentos (pre y post prueba), se realizó un análisis descriptivo, por medio de un comparativo de medias aritméticas. Se aplicó una encuesta de satisfacción donde se analiza si los estudiantes y los empleadores estuvieron satisfechos con sus actividades, con un cuestionario tipo Likert.
En común acuerdo, los alumnos y las empresas que participaron en este proyecto integrador estuvieron conscientes que en un mundo globalizado ambos deben estar preparadas para adaptarse a los cambios que ocurren como consecuencia del uso de las tecnologías de la información, por tanto, se requiere que el propio personal de la empresa tenga disposición para aprender, capacitarse y ser competitivo, y de la misma manera

 ISSN 2007-8102

las organizaciones consideren esta tecnología en su beneficio para adaptarse en la brevedad posible a las exigencias del entorno.
De tal forma que este articulo tiene como objetivo específico analizar los resultados de la efectividad de los proyectos integradores aplicados en el sector laboral y analizar cuáles son los factores que necesitan reforzarse en los programas educativos con la finalidad de ofrecer un producto terminado acorde a las necesidades de la población económicamente activa.

Metodología

Con en ese proyecto la carrera de Ingeniería en Gestión Empresarial tuvo como propósito investigar la efectividad de los proyectos integradores, tanto de los alumnos en su rendimiento académico como de las empresas colaboradoras en el mismo.
La contribución de los diferentes sectores económicos que hace el Estado de Puebla es de vital importancia, la razón, es porque en ella refleja las diferentes oportunidades para invertir tanto económica como socialmente, la figura 1, muestra la división que se hace del PIB estatal a través de los sectores económicos. Para el año 2017 el sector terciario representa un 60% seguido del secundario con un 35% y un 5% para el primario.

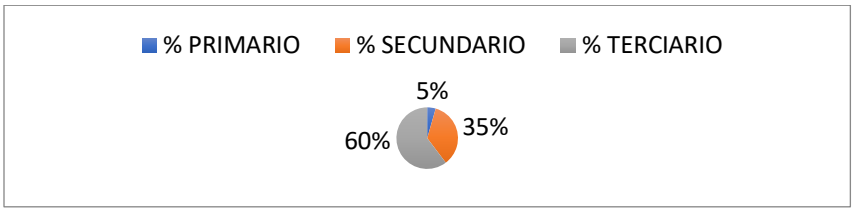


Figura 1. PIB del Estado de Puebla. Contribución del PIB Puebla por Sectores 2017

Se tomaron en cuenta para el estudio los siguientes aspectos:
Población. Conformada por los estudiantes inscritos en el programa de Ingeniería en Gestión Empresarial, matriculados en el séptimo semestre por el periodo agosto diciembre 2019. Se contaba con 55 alumnos mayores de 18 años de ambos géneros, de diversos estratos económicos.
Muestra. De la población se selecciona una muestra aleatoria de 11 alumnos, inscritos en el programa de proyecto integrador. La selección fue de forma no tendenciosa, es decir que se les pregunto si voluntariamente deseaban participar.
Desarrollo.
La investigación se desarrolló con enfoque cuantitativo y diseño cuasi experimental, con la aplicación del siguiente objetivo:

1. Investigar mediante los equipos de trabajo colaborativo la eficacia de los proyectos integradores en el rendimiento académico de los estudiantes y la satisfacción de la empresa. En la figura 2. Se detallan las etapas de la investigación que se llevó a cabo para determinar el rendimiento académico de los estudiantes y la satisfacción de las empresas que participaron en el proyecto.

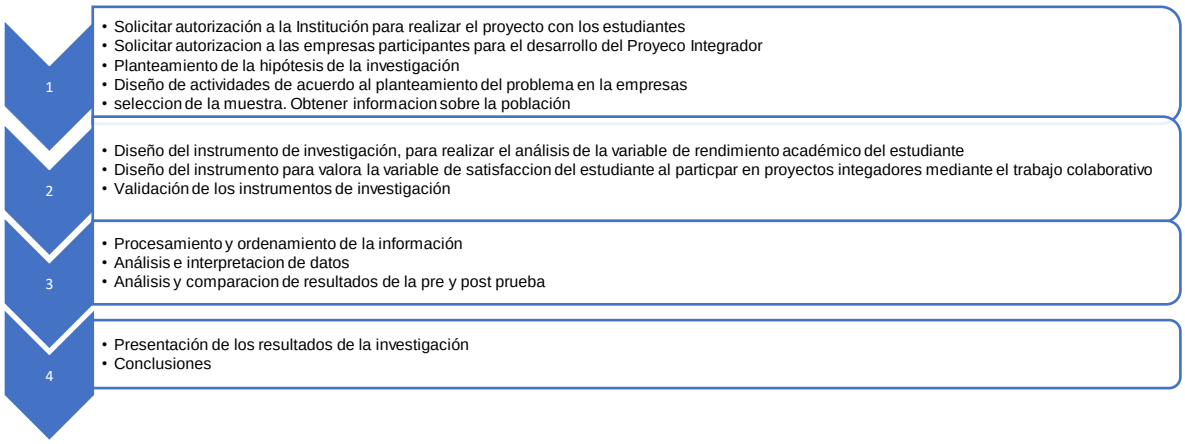


Figura 2 Detalle de las etapas de la investigación

 ISSN 2007-8102

Instrumentos

los instrumentos que se utilizaron para proporcionar información y dar respuesta a las preguntas de investigación fueron:

a) Exámenes de conocimientos en las pre pruebas y post pruebas, que tuvieron como fundamento conocer el estatus en el rendimiento escolar de los estudiantes.
b) Cuestionario para determinar el grado de satisfacción del estudiante al participar en proyectos integradores.

Los cuestionarios fueron realizados por cada uno de los maestros participantes que en ese momento estaban impartiendo clases en los séptimos semestres de la carrera de Ingeniería en Gestión empresarial.

El estudio analizó la intervención de dos variables:

1. rendimiento académico y la satisfacción de los estudiantes y empresas.

Procedimiento

Esta investigación tuvo un enfoque cuantitativo y un diseño cuasi experimental, debido a que los grupos ya estaban formados y solo se crearon grupos de 6 integrantes para formar los equipos que realizarían las actividades del proyecto integrador.

Se inició la investigación solicitando a las empresas su colaboración, ya que anteriormente el proyecto integrador se realizaba con casos hipotéticos que el alumno debía desarrollar, pero a partir de semestre julio diciembre 2019, se decidió que la intervención de los alumnos debía acercarse lo más posible a la realidad. Se realizó una encuesta en la zona de Teziutlán, y los resultados obtenidos se muestran en las figuras 3, 4, 5 y 6

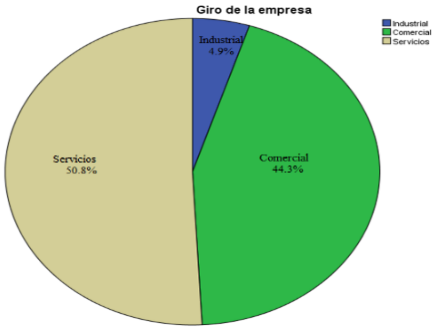


Figura 3. Giro de la empresa.

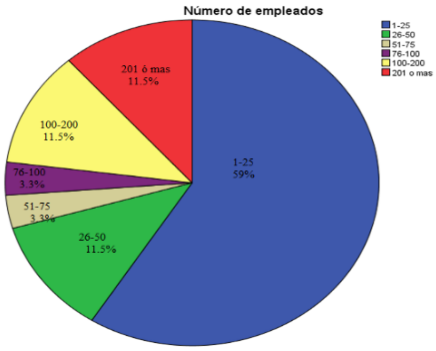


Figura 4. Número de empleados

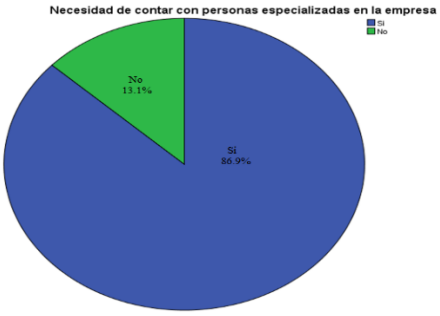


Figura 5. Necesidad de contar con personal especializado

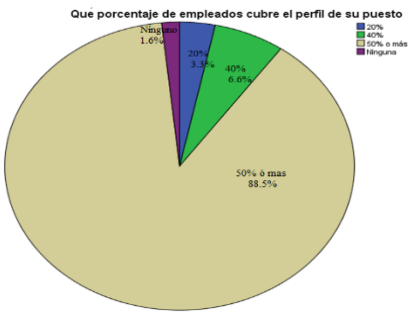


Figura 6. Porcentaje de empleados con perfil

Metodología
Objetivo de la investigación:
Conocer las necesidades y demanda de las unidades empleadores que se encuentran dentro de la zona de influencia del Instituto Tecnológico Superior de Teziutlán, que son las que se requieren para poder contribuir de manera significativa a las necesidades de económicas de la sociedad poblana y el país.

TARGET (unidades empleadoras)
Empresas del sector público y privado que se encuentren ubicadas en los Municipios de influencia del Tecnológico Superior de Teziutlán (TecNM)

Método de recolección de datos
Los métodos que se utilizan para la recolección de datos son la entrevista y la observación implícita, siendo que el primer procedimiento resulta ser efectiva para poderse aplicar a las unidades empleadoras o empresas, reduciendo tiempos y siendo de manera directa aplicada por los encargados del trabajo de campo. La observación que permite identificar y reforzar cada uno de los datos obtenidos y confirmar la veracidad obtenidos en ellos.

Para determinar el tamaño de la muestra se consultó la página www.inegi.gob.mx y obtener la población objetivo.

$$n = \frac{Z^2(p)(q)(N)}{e^2\,(N-1) + Z^2\,(p)(q)}$$

$$n = \frac{1.96^2(273)(0.5)(0.5)}{0.05^2\,(273-1) + 1.96^2(0.5)(0.5)}$$

n= 330

El tipo de muestreo que se implementa en el estudio es de tipo aleatorio simple, debido a que se tiene los elementos que se determinan con el tamaño de muestra, y todos los elementos determinados son susceptibles de ser estudiados

Posteriormente se solicitó a Dirección General la autorización para la realización de los proyectos integradores, así como la invitación a los estudiantes a participar. Se explicó el procedimiento a seguir, la duración y la forma en que se entregaría la evidencia de trabajo.

Los equipos que participaron estuvieron en todo momento asesorados por los maestros que en ese momento impartían cátedras en el séptimo semestre, les explicaron la intervención de cada materia en el Proyecto integrador, así como también como estaban conectadas con la materia nodo Plan de negocios.
Para no afectar los resultados de la investigación, los maestros no conocieron la hipótesis ni el propósito.

Resultados y discusión

La aplicación de los proyectos integradores en las empresas de la región fue de utilidad en cuanto la aplicación del instrumento de evaluación antes y después, este se estructuro de tal manera que el estudiante pudiera obtener respuestas asertivas al enfrentarse a problemas reales que le conlleven al desarrollo de las competencias que requieren los empleadores.

El instrumento conto con tres ejercicios prácticos de la materia nodo (Plan de negocios) y sus materias complementarias (Calidad aplicada a la gestión empresarial, Gestión de la producción II, Cadena de suministros). Fig. 7

 ISSN 2007-8102

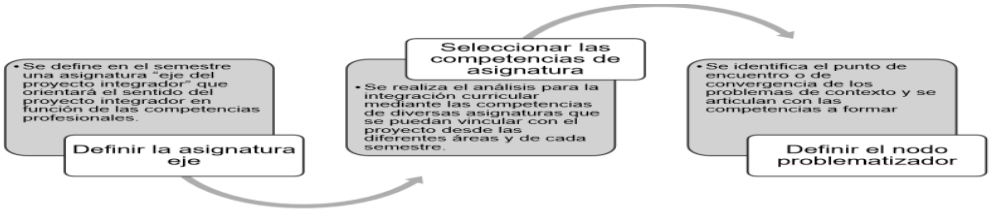


Fig. 7. Metodología del proyecto integrador. Dirección general de Educación Superior Tecnológica

Este trabajo involucró la existencia una hipótesis sobre la población que se estudió, el cual fue de tipo longitudinal, es decir, se realizaron pruebas en dos momentos. Se estableció la hipótesis de nulidad (Ho), y posteriormente definir criterios con los cuales se acepta o rechaza, dependiendo de los resultados obtenidos. En tanto, que la hipótesis de la investigación (Hi), representa que existe una diferencia significativa en las medias antes y después de aplicar el proceso.

Resultados de las pruebas

Los resultados obtenidos de la aplicación de la pre prueba establecen que los alumnos, no contaban con las competencias necesarias la resolución de problemas que se les presentaron, los promedios oscilaban entre 0.25 y 4.10, considerando que la calificación máxima era 10 y la mínima 0, con una media de 1.80.
De igual manera, transcurrido los tres meses se volvió a aplicar la post prueba con un promedio de entre 3 y 8.75 con una media de 6.25, tal como se muestra en la tabla 2.
En la figura 8, se muestran las gráficas de ambas pruebas

Tabla 2. Resultados de las pruebas

	Pre Prueba	Post Prueba
Estudiante	Serie 1	Serie 2
1	1.25	3.00
2	2.00	7.00
3	2.30	6.50
4	4.10	8.00
5	0.25	3.40
6	1.00	8.75
7	1.00	6.60
8	4.00	8.75
9	2.50	8.70
10	0.25	4.30
11	2.00	6.00
12	1.00	4.00
Media	1.80	6.25

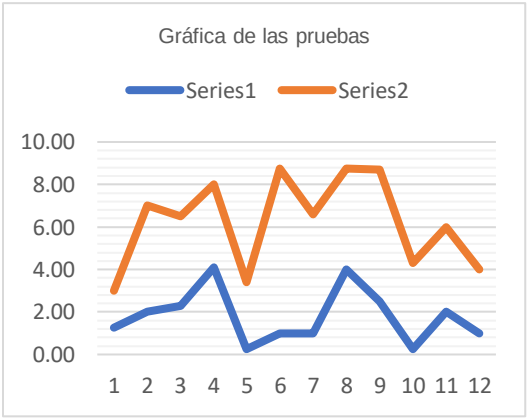


Figura 8. Gráfica de pruebas

Para poder verificar los resultados obtenidos se observó un cambio en la media que iba de 1.80 a 6.25, lo que comprueba un efecto positivo en la pre y post prueba aplicada en dos momentos diferentes.
Al considera la hipótesis de investigación (Hi), representa que existe una diferencia significativa en las medias antes y después de la aplicación de las pruebas, de igual manera al comprobar la hipótesis de investigación (Ho) la cual indicaba que si hubo cambios al aplicar los proyectos integradores dentro del sector empresarial.

En consecuencia, se establece lo siguiente:
Si el resultado obtenido valor < 1 se rechaza (Ho) (se acepta Hi)
Si el resultado obtenido valor > 1 no se rechaza (Ho) (se rechaza Hi)

 ISSN 2007-8102

Por lo cual se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis de la investigación.

Al establecer la pregunta de investigación sobre la satisfacción de los alumnos y empresas participantes en los proyectos integradores, mediante grupos colaborativos, se puede reflejar que si existió un encuadre entre ambos, ya que el alumno se sintió confiable y apto para poder ofrecer alternativas al entorno laboral y por otro lado, las empresas obtuvieron resolución a sus conflictos en forma más directa e individualizada por parte de los alumnos y en asesoramiento de los maestros que participaron en el proyecto integrador.
De igual manera se determinó la encuesta de satisfacción por parte de los alumnos y de las empresas participantes, todo esto con los siguientes resultados que representan una satisfacción por parte de ambas partes, (figura 9) y analizando los comentarios generales podemos llevar a la conclusión, que si bien es satisfactorio puede mejorarse aprovechando el nicho de oportunidad que se presenta.

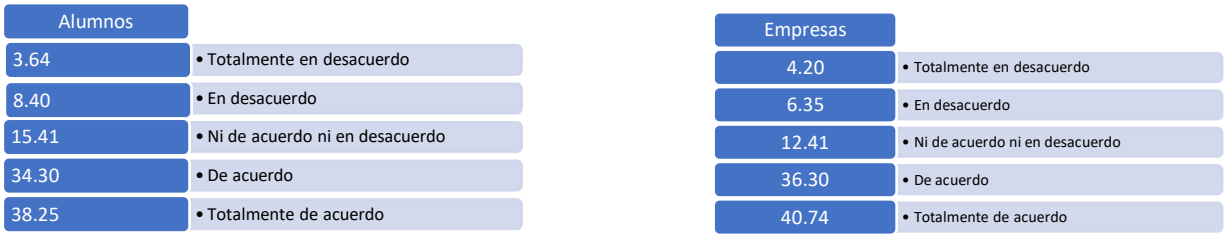


Figura 9. Resultados de la encuesta Likert alumnos y empresas

De igual manera, los proyectos integradores fueron sometidos a concurso (figura 10), exponiendo las competencias que aplicaron en cada uno de las empresas en las que participaron (figura 11) Los resultados de los tres primeros lugares fueron expuestos en la semana académica para que los alumnos de los semestres inferiores pudieran observar la importancia de desarrollar las competencias que adquieren en el transcurso de su carrera en el área laboral, premiando su esfuerzo en una ceremonia al final de la actividad. (figura 12).

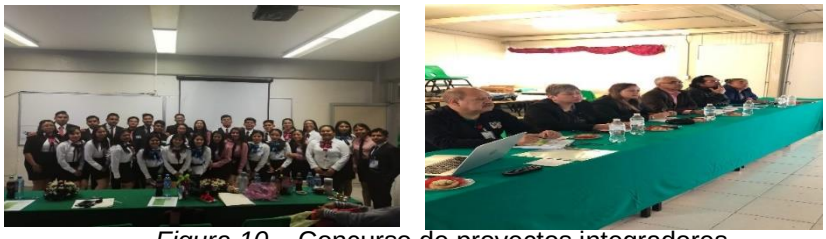


Figura 10. Concurso de proyectos integradores



Figura 11. Exposición de proyectos integradores



Figura 12. Premiación de proyectos integradores

Trabajo a futuro

Siguen los retos, debido a que anteriormente, los proyectos integradores eran hipotéticos y no había manera de comprobar el impacto que genero esta nueva forma de aprendizaje en los alumnos, queda analizar las retroalimentaciones de los empleadores, para mejorar los ambientes de enseñanza-aprendizaje y optimizar la calidad educativa del Instituto Tecnológico Superior de Teziutlán.

Conclusiones

La educación como parte importante del crecimiento de México, y en especial en el municipio de Teziutlán, Puebla, requiere de un esfuerzo continuo por parte de las autoridades escolares y de las empresas de la región, con este programa de Proyectos integradores, el Tecnológico de Teziutlán (TecNM), busca satisfacer las necesidades y solventar una parte de la problemática de las PYMES.
Es importante recalcar la participación de todos los docentes que integran la carrera de Ingeniería en Gestión Empresarial, ya que con los cuerpos colegiados se establecen las estrategias que permiten el crecimiento de toda la comunidad. Con este proyecto se logra conocer nuevas situaciones que se van a trabajar durante todos los semestres consecutivos, empezar a reforzar los proyectos formativos en los primeros semestres de la institución. Se contempla aumentar el porcentaje de satisfacción para la industria, el cual mejoraría la oferta de empleo para los egresados y al mismo tiempo reflejar mejores opciones en las residencias profesionales.

Agradecimientos

A todas las Pymes participantes de la región de Teziutlán, Puebla; ya que sin su apoyo el programa de proyectos integradores no podría haberse realizado con éxito.

Referencias

[1] TecNM, «PROYECTOS INTEGRADORES PARA LA FORMACIÓN Y DESARROLLO DE COMPETENCIAS PROFESIONALES DEL TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO 2 edición,» Secretaría de Educación Pública, México, 2014.

[2] E. Palladino, Administración y gestión de proyectos, Ciudad Autónoma de Buenos Aires: Espacio Editorial, 2014.

[3] C. C.-O. y. J. J.-T. O. Revelo-Sánchez, «El trabajo colaborativo como estrategia didáctica para la enseñanza/aprendizaje de la programación: una revisión sistemática de literatura.,» *TecnoLógicas, vol. 21, no. 41,* vol. 21, nº 41, pp. 115-134, 2018.

[4] INEGI, «Instituto Nacional de Estadística y Geografía,» online, [En línea]. Available: https://www.inegi.org.mx/. [Último acceso: 29 07 2020].

[5] J. I. Vilá, El proyecto estrategico de la empresa, Pozuelo de Alarcón (Madrid): ESIC EDITORIAL .